



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران
۲۱۸۷۶-۱
تجدید نظر اول
۱۴۰۱

INSO
21876-1
1st Revision
2023

Modification of
ISO 16075-1:
2020

استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای
پروژه های آبیاری -
قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای
آبیاری - راهنما

Treated wastewater use for irrigation
projects –
Part 1: The basis of a reuse project for
irrigation– Guidelines

ICS: 13.060.01;13.060.30

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، بهروزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته پروژه و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی پروژه، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای پروژه های آبیاری - قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری - راهنما»

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس:

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی -
دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت الله
(دکتری بهداشت محیط)

دبیر:

کارشناس هماهنگی امور تدوین اداره کل استاندارد استان خوزستان

شیرالی، لیلا
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس شرکت آبفای استان خوزستان

استاد، هانی
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب سازه های
هیدرولیکی)

کارشناس دفتر مدیریت کیفیت منابع آب معاونت مطالعات پایه
سازمان آب و برق خوزستان

اسدآبادی، الهام
(کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست)

کارشناس بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

انتظاری، صابر
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)

کارشناس گروه آب های سطحی دفتر حفاظت و مدیریت
زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور

بابائی، نادیا
(دکتری مهندسی عمران - مهندسی و مدیریت منابع آب)

کارشناس مسئول پایش آب شرکت آب و فاضلاب استان خراسان
رضوی

برغمدی، مرتضی
(کارشناسی مهندسی بهداشت محیط)

ریاست مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی دانشگاه علوم
پزشکی جندی شاپور اهواز

تکدستان، افشین
(دکتری مهندسی محیط زیست)

کارشناس سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی استان خوزستان

جاسم پور، لیلا
(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

رئیس گروه ارزیابی طرح های توسعه و ساماندهی منابع آب سازمان
آب و برق استان خوزستان

جامعی، نازنین
(کارشناسی ارشد علوم محیط زیست)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

جوادى، مريم (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	سرپرست و مدیر فنی ایزو ۱۷۰۲۵ شرکت فجر انرژی خلیج فارس
جهانی بهنمیری، اصغر (دکتری مهندسی محیط زیست)	رئیس کمیته فنی متناظر INSO/TC 282 و مدیر گروه محیط زیست و آب‌های غیرمتعارف شرکت مدیریت منابع آب ایران
حسن‌زاده، ناهید (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	کارشناس گروه بهداشت آب و فاضلاب وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
حسین‌زاده، وحید (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)	کارشناس مسئول بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب کشور
خاشعی، مرجان (دکتری آلودگی محیط زیست)	کارشناس مسئول آزمایشگاه محیط زیست اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان
خاکپور، مائده (کارشناسی ارشد محیط زیست)	سرپرست محیط زیست شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران
خاور، سیده لیلا (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	رئیس گروه بررسی زیست محیطی فاضلاب‌ها دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور
دهکردی، شکوه (کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست)	کارشناس مطالعات کیفیت و آلودگی منابع آب معاونت مطالعات جامع منابع آب دفتر مدیریت کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان
رئیسى، غلامرضا (کارشناسی ارشد محیط زیست- آب و فاضلاب)	سرپرست مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آب و فاضلاب اهواز
رحمانی ایوریق، بهنام (کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی)	کارشناس گروه خاک دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور
سواری، سعیده (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آلودگی هوا)	کارشناس معاونت مطالعات جامع منابع آب دفتر مدیریت کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان
سعادت، سجاد (دکتری محیط زیست- ارزیابی و آمایش سرزمین)	معاون فنی و پردازش سازمان مدیریت پسماند شهرداری اهواز
شیجونی فومنی، ندا (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	دبیر کمیته فنی متناظر INSO/TC 147 و کارشناس پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

شارخی رضایی، شکوفه (دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی- شیمی مواد غذایی)	دبیر کمیته فنی متناظر INSO/TC 282 و کارشناس پژوهشگاه استاندارد
شقاقی، غلامرضا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست)	رئیس گروه آب و فاضلاب مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
شاهین زاده، نوشین (دکتری مهندسی کشاورزی- شیمی و حاصلخیزی خاک)	کارشناس معاونت مطالعات جامع منابع آب دفتر مدیریت کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان
صادقی، لیلا (کارشناسی ارشد محیط زیست- ارزیابی و آمایش سرزمین)	کارشناس دفتر مدیریت کیفیت منابع آب معاونت مطالعات پایه سازمان آب و برق خوزستان
طیعی، نجمه (کارشناسی ارشد شیمی حاصلخیزی خاک)	کارشناس مکانیک خاک دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی
عباس اصل حیزانی، آسیه (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	مسئول فنی شرکت پارس لیان اروند شعبه خرمشهر
عباس اصل حیزانی، زینب (دکتری مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	کارشناس آزمایشگاه شرکت آزما زیست کیمیای اروند
فدعمی، سمیه (کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	رئیس گروه کنترل کیفیت فاضلاب شرکت آب و فاضلاب استان خوزستان
قبادی نژاد، سپیده (کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	سرپرست برنامه ریزی انرژی و تأسیسات شرکت گروه ملی صنعتی فولاد
کجباف والا، غلامرضا (کارشناسی ارشد گیاه پزشکی)	بازنشته مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان
کریمی نژاد، ژاله (دکتری منابع طبیعی و محیط زیست- آلودگی محیط زیست)	رئیس گروه توسعه پایدار و امور فناوری سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان
کیانپور، حسین (کارشناسی مهندسی صنایع شیمیایی)	رئیس اداره تصفیه آب و پساب شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان	گوشه، محی‌الدین (دکتری خاک‌شناسی - شیمی و حاصلخیزی خاک)
سرپرست تصفیه پساب صنعتی شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی	لویمی، لیلا (کارشناسی ارشد محیط زیست)
رئیس اداره امور هماهنگی تدوین استاندارد اداره کل استاندارد استان خوزستان	مهرمولائی، فاطمه (کارشناسی ارشد شیمی آلی)
مدیر مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آبفای استان خوزستان	مرادی، شهرام (دکتری مهندسی علوم آب - مهندسی منابع آب)
مدیر کل دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی	میرزاوند، جهانبخش (دکتری علوم خاک)
مدیر دفتر کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان	یاقوت نژاد، بتول (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب)
نماینده دفتر توسعه نظام‌های فنی، بهره‌برداری و دیسپاچینگ برقایی شرکت مدیریت منابع آب ایران	یوسفی، مریم (دکتری مهندسی کشاورزی - آبیاری و زهکشی)

ویراستار:

رئیس اداره امور هماهنگی تدوین استاندارد اداره کل استاندارد استان خوزستان	مهرمولائی، فاطمه (کارشناسی ارشد شیمی آلی)
--	--

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش گفتار
ی	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها
۲	۱-۳ اصطلاحات و تعاریف
۱۳	۲-۳ کوتاه‌نوشت‌ها
۱۴	۴ بهبود کیفیت و استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده
۱۴	۱-۴ کلیات
۱۴	۲-۴ بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری
۱۴	۳-۴ به‌کارگیری اقدامات زراعی و آبیاری مناسب
۱۵	۵ عوامل موثر در پروژه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده: کیفیت آب، اقلیم و خاک
۱۵	۱-۵ کلیات
۱۵	۲-۵ کیفیت آب
۱۹	۳-۵ اقلیم
۲۰	۴-۵ خاک
۲۳	۶ اثرات متفاوت بر سلامت عمومی، خاک، محصولات و منابع آب
۲۳	۱-۶ اثرات بر سلامت عمومی
۲۳	۲-۶ اثرات بر خاک و محصولات
۳۱	۳-۶ اثرات بر منابع آب
۳۵	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از راهکارهای بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده
۳۶	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از معیارهای اقلیمی و خاک
۳۷	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از حداکثر سطوح مواد مغذی و عوامل شوری در فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری
۴۱	پیوست ت (آگاهی‌دهنده) مثالی از گروه‌های حساسیت آب زیرزمینی
۴۳	پیوست ث (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد نسبت به استاندارد منبع
۴۴	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما» که نخستین بار در سال ۱۳۹۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/ منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به‌روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک‌صد و هفتاد و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد آب و آبفا مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۱۸۷۶: سال ۱۳۹۵ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به‌روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ISO 16075- 1: 2020, Guidelines for treated wastewater use or irrigation projects – Part 1:
The basis of a reuse project for irrigation

مقدمه

تلاش‌های فزاینده برای کنترل کمبود و آلودگی آب در بسیاری از کشورها، فاضلاب شهری و صنعتی تصفیه‌شده (پساب) را به گزینه‌ای مناسب برای تقویت منابع تأمین آب موجود، تبدیل کرده است، به‌ویژه وقتی که با جایگزین‌هایی مانند نمک‌زدایی یا توسعه منابع آبی جدید با استفاده از سدها و مخازن مقایسه می‌شود. استفاده از پساب، باعث می‌شود با تولید «آب جدید» از فاضلاب شهری و کاهش تخلیه فاضلاب به محیط‌زیست، بسته شدن سیکل چرخه آب در نقطه‌ای نزدیک‌تر به شهرها را ممکن می‌سازد.

فاضلاب تصفیه‌شده (TWW)^۱، (که به آن آب بازیافتی یا آب بازچرخانی نیز گفته می‌شود) می‌تواند برای مقاصد مختلف غیرقابل شرب استفاده شود. کاربردهای غالب برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شامل آبیاری کشاورزی، آبیاری مناظر طبیعی، استفاده پساب در مصارف صنعتی و تغذیه آب زیرزمینی است. کاربردهای جدیدتر و به سرعت در حال رشد برای مصارف مختلف شهری، مصارف تفریحی و محیط‌زیستی و استفاده مستقیم و غیرمستقیم پساب برای شرب است.

یک مفهوم جدید و مهم در استفاده از پساب، رویکرد «متناسب با هدف» است، که مستلزم تولید آب با کیفیت بازیافتی است که نیازهای کاربران نهایی موردنظر را برآورده می‌کند. در شرایطی که آب بازیافتی برای آبیاری استفاده شود، کیفیت آب بازیافتی ایجاب می‌کند که گیاه متناظر و سازگار با آن انتخاب گردد. بنابراین حسب نوع کاربری استفاده از پساب، درجه موردنیاز تصفیه فاضلاب و از طرفی، اطمینان‌پذیری فرایندها و بهره‌برداری تعیین می‌گردند.

آبیاری کشاورزی به احتمال زیاد بزرگ‌ترین مصرف‌کننده پساب با فواید و سهم شناخته‌شده در امنیت غذایی بوده، هست و خواهد ماند. مشخصه بارز بازچرخانی آب شهری، به‌ویژه آبیاری مناظر طبیعی، توسعه سریع بوده و نقش مهمی برای پایداری شهرها در آینده، از جمله کاهش ردپای^۲ انرژی، رفاه انسان و احیای محیط‌زیست، خواهد داشت.

مناسب بودن استفاده از پساب برای یک نوع کاربری خاص، به تناسب و انطباق بین حجم پساب در دسترس، میزان آب موردنیاز آبیاری در طول سال و همچنین به کیفیت آب و الزامات خاص نحوه استفاده از آن بستگی دارد. استفاده از پساب برای آبیاری بسته به کیفیت آب، روش کاربرد پساب برای آبیاری، مشخصات خاک، شرایط اقلیمی و اقدامات زراعی می‌تواند ریسک‌هایی را برای سلامت و محیط‌زیست به‌همراه داشته باشد. در نتیجه، سلامت عمومی و اثرات نامطلوب زراعی و محیط‌زیستی بالقوه به‌عنوان موارد اولویت‌دار در توسعه موفقیت‌آمیز پروژه‌های استفاده از پساب برای آبیاری در نظر گرفته می‌شوند. برای جلوگیری از چنین اثرات نامطلوب بالقوه‌ای، توسعه و به‌کارگیری مجموعه راهنما و دستورالعمل برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده ضروری است.

1- Treated WasteWater

2- Footprint

عوامل اصلی کیفیت آب که مطلوبیت فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری را تعیین می کنند شامل میزان عوامل بیماری زا^۱، شوری، سدیمی بودن، سمیت یونی خاص، غلظت فلزات سنگین، سایر عناصر شیمیایی و مواد مغذی هستند. مقامات صلاحیت دار سلامت محلی مسئول ایجاد مقادیر آستانه کیفیت آب، بسته به مصارف مجاز هستند و همچنین مسئول تعریف اقدامات برای اطمینان از سلامت و حفاظت محیط زیستی با در نظر گرفتن ویژگی های محلی هستند.

از نقطه نظر زراعی، محدودیت اصلی در استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری، از کیفیت آن ناشی می شود. فاضلاب تصفیه شده، برخلاف آبی که برای مصارف خانگی و صنعتی تامین می شود، حاوی غلظت های بالاتری از مواد معدنی معلق و محلول (کل نمک های محلول، سدیم، کلرید، بور، فلزات سنگین) است که می تواند به خاک و محصولات آبیاری شده آسیب برساند. نمک های محلول به وسیله فناوری های متداول تصفیه فاضلاب حذف نمی شوند و مدیریت مناسب، اقدامات زراعی و آبیاری برای جلوگیری یا به حداقل رساندن اثرات منفی بالقوه مدنظر هستند.

حضور مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به دلیل صرفه جویی احتمالی در کودها می تواند به یک مزیت تبدیل شود. با این حال، مقدار مواد مغذی تأمین شده به وسیله فاضلاب تصفیه شده در طول دوره آبیاری لزوماً با نیازهای محصول هماهنگ نیست و قابلیت دسترسی مواد مغذی به حالت های شیمیایی بستگی دارد.

این استاندارد، راهنمایی های لازم درخصوص بهره برداری، پایش و نگهداری مطلوب پروژه های استفاده از پساب در آبیاری نامحدود و محدود محصولات کشاورزی، باغ ها و فضای سبز را که از فاضلاب تصفیه شده استفاده می کنند، از جنبه های بهداشتی، آب شناختی^۲ و محیط زیستی ارائه می نماید. بهتر است کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای عرضه منعکس کننده مصارف احتمالی با توجه به حساسیت محصول (از نظر سلامت و کشاورزی)، منابع آب (حساسیت آب شناختی منطقه پروژه)، خاک و شرایط اقلیمی باشد.

این استاندارد به عوامل دست اندرکار در پروژه های استفاده از پساب برای آبیاری صرف نظر از اندازه، مکان و پیچیدگی اشاره دارد و برای مصارف مورد نظر از فاضلاب تصفیه شده در یک پروژه مشخص قابل اجرا است، حتی اگر چنین مصارفی در نتیجه تغییرات در خود پروژه یا در قوانین قابل اجرا در طول عمر پروژه، تغییر کنند.

عوامل کلیدی در تضمین سلامت، محیط زیست و ایمنی پروژه های استفاده از پساب در آبیاری به شرح زیر می باشند:

- پایش کافی بر کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای اطمینان از عملکردهای سامانه همان طور که برنامه ریزی و طراحی شده است؛
- دستورالعمل های طراحی و نگهداشت سامانه های آبیاری برای اطمینان از بهره برداری مناسب آن ها در بلندمدت؛

1- Pathogen

2- Hydrological

- سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه شده، روش توزیع، خاک و محصولات مورد نظر برای اطمینان از استفاده مناسب از خاک و رشد محصول سالم؛

- سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه شده و استفاده از آن برای جلوگیری یا به حداقل رساندن آلودگی احتمالی منابع آب زیرزمینی یا سطحی.

طرح ریزی این استاندارد، برای جلوگیری از ایجاد استانداردها یا راهنمای خاص سازگار با هر یک از مناطق، کشورها یا سازمان ها نبوده است. در صورت انتشار چنین استانداردهایی، توصیه می شود برای اطمینان از یکنواختی در بین کل جامعه استفاده از فاضلاب تصفیه شده، به این استاندارد مراجعه کنید.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۲۱۸۷۶ است. سایر قسمت های این استاندارد عبارت است از:

- قسمت ۲: توسعه پروژه- راهنما

- قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری- راهنما

- Part 4: Monitoring

- Part 5: Treated wastewater disinfection and equivalent treatments

استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری - قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری - راهنما

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی‌های توسعه و اجرای پروژه‌های استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده (TWW) در آبیاری، با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی و خاک است.

این استاندارد، شامل ارائه راهنمایی برای تمام عناصر پروژه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری محدود و نامحدود موارد ذیل و مشتمل بر طراحی، مواد، ساخت و عملکرد می‌باشد:

- آبیاری محصولات کشاورزی؛

- آبیاری باغ‌های خصوصی و عمومی و مناظر طبیعی شامل پارک‌ها، زمین‌های ورزشی، زمین‌های گلف، گورستان‌ها و غیره.

این استانداردها برای کمک به کاربران فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری مفید است. همچنین این استانداردها، گستره‌های وسیع و معمول کیفیت آب را به جای گستره‌های استثنایی یا منحصر به فرد در بر می‌گیرد و مورد استفاده متخصصان، مانند شرکت‌های آبیاری (طراحان و بهره‌برداران)، مشاوران یا کارشناسان ترویج کشاورزی، شرکت‌های آب (طراحان و بهره‌برداران)، تاسیسات آب و مراجع ذیصلاح قانونی محلی است. برای استفاده از این استاندارد توسط کاربران، ممکن است نیاز به مشخصه‌های بیشتری باشد.

هیچ کدام از قسمت‌های این استاندارد برای صدور گواهی‌نامه یا مجوز کاربرد ندارد.

این استاندارد، پارامترهای کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به شرح زیر را پیشنهاد می‌کند:

- پارامترهای زراعی: مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عوامل شوری (میزان نمک کل، کلرید، بور و غلظت سدیم) و غلظت فلزات سنگین؛

- حضور عوامل بیماری‌زا.

هر کدام از این پارامترها می‌توانند اثرات احتمالی بر محصولات، خاک و سلامت عمومی داشته باشند. در این استاندارد امکان جلوگیری از اضافه شدن آلاینده‌ها در طول تولید فاضلاب و قابلیت حذف آن‌ها در طول دوره تصفیه را مورد بحث قرار می‌دهد.

این استاندارد در ارتباط با فاضلاب‌های تصفیه‌شده دارای آلاینده‌های نوظهور (مانند بقایای محصولات دارویی و مراقبت شخصی) کاربرد ندارد.

به منظور جلوگیری از انتقال بیماری توسط عوامل بیماری‌زا در آب، بهتر است پروژه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری مطابق با کیفیت بهداشتی فاضلاب تصفیه‌شده طراحی شود.

به منظور ایجاد وحدت رویه بین ارگان‌ها و سازمان‌های دست‌اندرکار در پروژه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، به کارگیری این استانداردها توصیه می‌شود.

در این استاندارد، مبانی بهداشتی، آب‌شناختی و محیط‌زیستی و زراعی بخش‌های طراحی، بهره‌برداری، پایش و نگهداری سامانه آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده ارائه شده است.

یادآوری ۱- هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری، رعایت قانون حفاظت از خاک، حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده‌های ورودی به آن برای کاربردهای مختلف خاک که توسط مرجع ذی‌صلاح قانونی تعیین شده، ضروری است [۴] و [۵].

یادآوری ۲- به منظور لحاظ نمودن کلیه جوانب مرتبط با موضوع استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در مصارف مختلف، استانداردهای خروجی فاضلاب در راستای حفاظت از منابع آب و خاک ملاک عمل قرار گیرد [۶].

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، استفاده از پساب- واژه‌نامه

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود^۱:

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

۱-۱-۳

گندزدایی تکمیلی

additional disinfection

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org/ قابل دسترس است.

گندزدایی فاضلاب تصفیه شده که در پروژه استفاده از پساب به منظور بالا بردن کیفیت فاضلاب تصفیه شده قبل از آبیاری علاوه بر گندزدایی قبلی در تصفیه خانه فاضلاب (WWTP)^۱ و/یا یک مخزن (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۶)، در نظر گرفته می شود.

یادآوری ۱- برای تعریف «گندزدایی» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

یادآوری ۲- برای تعریف «استفاده از پساب» به اصطلاح و تعریف ۳-۸۴ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۳-۱-۳

آب پاش پیکانی

boom sprinkler

ماشین آب پاشی متحرک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۱۷) که ترکیبی از دو لوله متقارن (بازوها) با نازل های آب پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) توزیع شده در یکی از لوله ها است و با فعالیت آب پاشی به وسیله یک آب پاش تفنگی قرار گرفته در انتهای هر دو لوله، کامل می شود.

یادآوری - نازل ها از طریق یک اثر واکنشی (شبیه یک شریان بند^۲ هیدرولیکی) کار می کنند که در یک سرعت دلخواه بازو، به صورت دورانی گردش می کنند.

۳-۱-۳

رده A: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا

category A: very high quality TWW

فاضلاب خام (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۵) که تحت تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی، فیلتراسیون و گندزدایی قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر است:

– BOD: $\leq 5 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 10 mg/l)؛

– TSS: $\leq 5 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 10 mg/l)؛

– NTU: ≤ 3 ؛ (حداکثر 6 NTU)؛

– $10 \leq$ (۹۵٪) کلiform های گرمای^۳ وقتی که 100 ml / تعداد (حداکثر 100 ml / تعداد 100).

یادآوری ۱- برای تعریف «فیلتراسیون» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۷ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، مراجعه کنید.

یادآوری ۲- برای تعریف «گندزدایی» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، مراجعه کنید.

1- Wastewater Treatment Plant

2- Tourniquet

3- Thermo-tolerant coliforms

یادآوری ۳- برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

۴-۱-۳

رده B: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا

category B: high quality TWW

فاضلاب خام (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۵) که تحت تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی، فیلتراسیون و گندزدایی قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر است:

– $BOD: \leq 10 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 20 mg/l)؛

– $TSS: \leq 10 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 25 mg/l)؛

– $200 \leq$ (٪ ۹۵) کلیفرم های گرمای وقتی که 100 ml / تعداد (حداکثر 100 ml / تعداد ۱۰۰۰).

یادآوری ۱- برای تعریف «فیلتراسیون» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۷ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

یادآوری ۲- برای تعریف «گندزدایی» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

یادآوری ۳- برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

۵-۱-۳

رده C: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خوب

category C: good quality TWW

فاضلاب خام (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۵) که تحت تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر است:

– $BOD: \leq 20 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 35 mg/l)؛

– $TSS: \leq 30 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 50 mg/l)؛

– $1000 \leq$ (٪ ۹۵) کلیفرم های گرمای وقتی که 100 ml / تعداد (حداکثر 100 ml / تعداد ۱۰۰۰۰)؛

– 1 / تخم $\leq$ نماتدهای روده ای^۱.

یادآوری - برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

1- Intestinal nematodes

۳-۱-۶

رده D: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت متوسط

category D: medium quality TWW

فاضلاب خام (مطابق با زیربند ۳-۱-۲۵) که تحت تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر می باشد:

– $BOD: \leq 60 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 100 mg/l)؛

– $TSS: \leq 90 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 140 mg/l)؛

– 1 l تخم ≤ 1 نماتدهای روده‌ای؛ (حداکثر 1 l تخم ۵).

یادآوری – برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

۳-۱-۷

رده E: فاضلاب تصفیه شده گسترده

category E: extensively TWW

منظور از تصفیه شده گسترده، فاضلاب خامی است که (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۵) که تحت فرایند تصفیه بیولوژیکی طبیعی با زمان ماند^۱ طولانی (حداقل ده روز تا پانزده روز) قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر است:

– $BOD: \leq 20 \text{ mg/l}$ ؛ (حداکثر 35 mg/l)؛

– 1 l تخم ≤ 1 نماتدهای روده‌ای؛ (حداکثر 1 l تخم ۵).

یادآوری – برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

۳-۱-۸

ماشین آبیاری سنتر پیوت (عقربه‌ای) با حرکت جانبی

center-pivot and moving lateral irrigation machine

ماشین آبیاری خودکار تشکیل شده از تعدادی برج خودکششی نگهدارنده خط لوله‌ای که حول یک نقطه محوری می چرخد و از طریق آن آب تامین شده در نقطه محوری به صورت شعاعی به بیرون منتقل می شود تا از طریق آب پاش‌ها، (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) یا پاشنده‌های^۲ مستقر در امتداد خط لوله پخش شود.

1- Retention time
2- Sprayers

۹-۱-۳

پخش کننده (روزنه)

لوله پخش کننده

قطره چکان

emitter

emitting pipe

dripper

وسیله‌ای که برای آبیاری جانبی و برای تخلیه آب به صورت قطره‌ای یا جریان مداوم با نرخ جریان بیشتر از ۱۵ l/h به هنگام شستشو در نظر گرفته شده است.

۱۰-۱-۳

پارامتر محیط زیستی

environmental parameter

ویژگی قابل سنجش از جنبه محیط زیستی است.

یادآوری - برای تعریف «جنبه محیط زیستی» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۴ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۱۱-۱-۳

سامانه آبیاری با جریان ثقلی

gravity flow irrigation system

سامانه آبیاری، جایی که آب به طور مستقیم به سطح خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۲) می‌رسد و تحت فشار نیست.

یادآوری - برای تعریف «سامانه آبیاری» به اصطلاح و تعریف ۳-۴۳ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۱۲-۱-۳

پخش کننده (روزنه) داخل خط

in-line emitter

روزنه (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۹) تعبیه شده برای نصب بین دو شاخه لوله جانبی آبیاری است.

۱۳-۱-۳

آب‌پاش تفنگی

irrigation gun

وسیله تخلیه بزرگ شامل آب‌پاش نیم‌دایره یا آب‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) تمام دایره‌ای است.

۱۴-۱-۳

پاشنده آبیاری

irrigation sprayer

وسیله‌ای که آب را به شکل فواره‌های ریز یا به شکل پروانه‌ای^۱، بدون حرکت چرخشی اجزای آن تخلیه می‌کند.

۱۵-۱-۳

سامانه خُردآبیاری

micro-irrigation system

سامانه‌ای که قابلیت رساندن آب به گیاهان به صورت قطره‌ای، جریان‌های ریز یا پاشش کوچک را دارد. یادآوری- آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و آبیاری خُرد مه‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۱۶) انواع اصلی این سامانه هستند.

۱۶-۱-۳

سامانه آبیاری خُرد مه‌پاش

micro-spray irrigation system

سامانه‌ای که منابع نقطه‌ای آب در آن مشابه آب‌پاش‌های (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) مینیاتوری^۲، (خُردآب‌پاش‌ها) که در طول لوله‌های جانبی قرار گرفته و با نرخ جریان بین ۳۰ l/h تا ۱۵۰ l/h در ارتفاع فشاری^۳ ۱۵ m تا ۲۵ m محدوده‌ای بین ۲ m تا ۶ m را خیس می‌کند.

۱۷-۱-۳

ماشین آب‌پاشی متحرک

mobile sprinkling machine

1- Fan
2- Miniature
3- Pressure head

یک دستگاه آب‌پاشی که به‌طور خودکار از میان سطح خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۲) در حین استفاده از آب، حرکت می‌کند.

۳-۱-۱۸

پخش‌کننده (روزنه) بر خط

on-line emitter

روزنه (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۹) تعبیه‌شده روی جداره یک لوله جانبی آبیاری، که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم، به‌وسیله بست‌ها روی لوله جانبی نصب می‌شود.

۳-۱-۱۹

سامانه لوله روزنه‌دار

perforated pipe system

لوله پخش‌کننده (روزنه)، (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۹)، لوله پیوسته، شیلنگ یا لوله مشتمل بر یک شیلنگ تاشو با سوراخ‌های ریز که تخلیه آب به صورت قطرات یا جریان پیوسته با نرخ‌های حداکثر تا ۱۵ l/h برای هر واحد روزنه صورت می‌گیرد.

۳-۱-۲۰

سامانه ثابت

permanent system

در سامانه آبیاری ثابت (آب‌پاش‌ها (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷))، تمامی اجزای سامانه آبیاری در موقعیت‌های خود ثابت بوده و مجموعه آب‌پاش‌ها روی لوله‌های جانبی آبیاری کاملاً ثابت یا نیمه‌ثابت قرار می‌گیرد.

مثال: سامانه آبیاری مجموعه ثابت قابل حمل، سامانه آبیاری دفن‌شده.

۳-۱-۲۱

سامانه قابل حمل

portable system

سامانه‌ای که تمام یا قسمتی از اجزای تشکیل‌دهنده، قابل جابجاشدن هستند.

۳-۱-۲۲

سامانه آبیاری تحت فشار

pressurized irrigation system

سامانه شبکه لوله‌ای تحت فشار است.

۲۳-۱-۳

فرایند

process

دسته‌ای از فعالیت‌های مرتبط یا متعامل که ورودی‌ها را به خروجی‌ها تبدیل می‌کند.

یادآوری ۱- به‌طور معمول ورودی‌های یک فرایند، خروجی‌های سایر فرایندها هستند.

یادآوری ۲- به‌طور معمول فرایندها در یک سازمان در شرایط کنترل‌شده، برنامه‌ریزی و اجرا می‌شوند تا ارزش افزوده داشته باشند.

۲۴-۱-۳

فراورده

محصول

product

هر نوع کالا یا خدمات است.

یادآوری - این شامل کالاها یا خدمات به‌هم پیوسته و/یا به‌هم وابسته می‌شود.

۲۵-۱-۳

فاضلاب خام

raw wastewater

فاضلابی که هیچ‌گونه عمل تصفیه‌ای روی آن انجام نشده است.

یادآوری - برای تعریف «فاضلاب» به اصطلاح و تعریف ۳-۸۰ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۲۶-۱-۳

مخزن

reservoir

سامانه‌ای که برای ذخیره موقت فاضلاب تصفیه‌شده بدون استفاده، بسته به تعادل بین نیاز آبیاری و تخلیه تصفیه‌خانه در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری - انواع مختلف مخازنی که می‌توانند برای ذخیره موقت فاضلاب تصفیه‌شده بدون استفاده به‌کار روند، به‌شرح زیر است:

الف- مخازن باز، عموماً برای ذخیره‌سازی (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۹) کوتاه‌مدت با زمان ماند هیدرولیکی یک روز تا دو هفته؛

ب- مخازن بسته برای ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت با زمان ماند هیدرولیکی نصف روز تا یک هفته، برای محدودکردن رشد مجدد باکتری‌ها و آلودگی معمول خارجی؛

پ- مخازن سطحی برای ذخیره بلندمدت یا فصلی فاضلاب تصفیه‌شده به‌منظور تجمع آب در طی دوره‌هایی از زمان است که میزان تخلیه تصفیه‌خانه بیشتر از میزان نیاز آبیاری است. لذا زمانی که نیاز بیشتر از میزان تخلیه تصفیه‌خانه باشد، آب ذخیره‌شده برای نیازهای آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمان ماند هیدرولیکی مطابق با فصول و نیازهای خاص تغییر می‌کند.

ت- مخازن زیرزمینی (آبخوان) با هدف ذخیره بلندمدت و بازیافت آب، که به‌طور معمول با تصفیه خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۲) آبخوان همراه است (از طریق حوضچه‌های^۱ نفوذ). همچنین زمان ماند نیز متغیر است که متأثر از میزان تخلیه فاضلاب تصفیه‌شده و میزان نیاز آبیاری است. این ذخیره‌سازی آبخوان هیچ تناسبی با تغذیه آبخوان دارای کاربری آب قابل شرب ندارد.

۲۷-۱-۳

آب‌پاش دوّار

rotating sprinkler

وسیله‌ای که به‌واسطه حرکت دورانی حول محور عمودی، آب را روی یک سطح دایره‌ای یا قسمتی از یک سطح دایره‌ای، توزیع می‌کند.

۲۸-۱-۳

سامانه با حرکت خودکار

self-moved system

دستگاهی که لوله جانبی آن در طول مرکز یک سری چرخ‌ها قرار گرفته شده و به‌عنوان یک جزء کامل حرکت داده می‌شود.

یادآوری- آب‌پاش‌های دوّار (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۷) روی لوله جانبی قرار داده می‌شوند (همچنین آب‌پاش غلتان نامیده می‌شوند).

۲۹-۱-۳

آب‌پاش تفنگی متحرک (کششی) و خودکار

self-propelled gun traveller

آب‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) تفنگی که روی یک چرخ یا یک یدک‌کش^۱ متصل به انتهای یک لوله یا شیلنگ انعطاف‌پذیر قرار دارد.

۳۰-۱-۳

سامانه نیمه ثابت

semi-permanent system

سامانه‌ای مشابه سامانه نیمه قابل حمل است (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۱) اما در این روش لوله‌های جانبی کاملاً قابل حمل و ایستگاه پمپاژ، لوله‌های اصلی و نیمه‌اصلی کاملاً ثابت هستند.

۳۱-۱-۳

سامانه نیمه قابل حمل

semi-portable system

سامانه‌ای مشابه سامانه قابل حمل (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۱) است به استثنای این که منبع آب و ایستگاه پمپاژ ثابت هستند.

۳۲-۱-۳

خاک

soil

لایه‌ای از مواد سخت نشده که شامل ذرات مواد هوازده، مواد ارگانیک زنده یا مرده، فضای هوا و محلول خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۳) است.

۳۳-۱-۳

محلول خاک

soil solution

فاز مایع خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۲) و املاح آن است.

۳-۱-۳۴

سامانه مجموعه ثابت

solid-set system

شبکه ثابت موقت که در آن لوله‌های جانبی در طول فصل آبیاری در مزرعه قرار می‌گیرند.

۳-۱-۳۵

سامانه‌های آب‌پاش ثابت

stationary sprinkler systems

شبکه‌ای از آب‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) ثابت است.

۳-۱-۳۶

پاشش

spray

رهاشدن آب از یک آب‌پاش، (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) است.

۳-۱-۳۷

آب‌پاش

sprinkler

وسیله توزیع آب دارای تنوع در اندازه‌ها و انواع است، برای مثال: آب‌پاش ضربه‌ای، نازل ثابت، پاشنده و آب‌پاش تفنگی (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۱۳) است.

۳-۱-۳۸

سامانه آبیاری بارانی

sprinkler irrigation system

سامانه آبیاری تشکیل‌شده از آب‌پاش‌ها (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) است.

یادآوری- برای تعریف «سامانه آبیاری» به اصطلاح و تعریف ۳-۴۳ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۳-۱-۳۹

ذخیره‌سازی

storage

نگهداری موقت فاضلاب تصفیه‌شده بدون استفاده برای کوتاه‌مدت یا بلندمدت، قبل از رهاسازی برای استفاده در سامانه‌های آبیاری است.

یادآوری- برای تعریف «سامانه آبیاری» به اصطلاح و تعریف ۳-۴۳ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۴۰-۱-۳

ماشین آبیاری ارابه‌ای

travelling irrigation machine

ماشین آبیاری طراحی شده برای آبیاری متوالی یک مزرعه، نوار به نوار در حالی که در سراسر مزرعه حرکت می‌کند.

۲-۳ کوتاه‌نوشت‌ها

عنوان فارسی	عنوان انگلیسی	کوتاه‌نوشت
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی	Biochemical Oxygen Demand	BOD
اکسیژن‌خواهی شیمیایی	Chemical Oxygen Demand	COD
هدایت الکتریکی	Electrical Conductivity	EC
درصد سدیم تبادلی	Exchangeable Sodium Percentage	ESP
جامدات محلول ثابت (میلی گرم بر لیتر)	Fixed Dissolved Solids (mg/l)	FDS
کسر آبشویی	Leaching Fraction	LF
الزامات آبشویی	Leaching Requirement	LR
آب غیرقابل شرب	Non-potable Water	NPW
واحدهای کدورت نفلومتری	Nephelometric Turbidity Units	NTU
تبخیر و تعرق بالقوه تخمین‌زده شده توسط روش پنمن	Potential Evapotranspiration Estimated by the Penman-method	PET
نسبت جذب سدیم	Sodium Adsorption Ratio	SAR
کل مواد جامد محلول	Total Dissolved Solids	TDS
فاضلاب تصفیه‌شده	Treated WasteWater	TWW
فرابنفش	UltraViolet	UV
فاضلاب	WasteWater	WW
تصفیه‌خانه فاضلاب	Wastewater Treatment Plant	WWTP
کل مواد جامد معلق	Total Suspended Solids	TSS

۴ بهبود کیفیت و استفاده از فاضلاب تصفیه شده

۴-۱ کلیات

کیفیت شیمیایی فاضلاب وابسته به کیفیت شیمیایی آب اولیه^۱ است. آب اولیه مورد استفاده در خانه، در اداره، تجارت و صنعت از منابع مختلف (آب زیرزمینی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و نمک‌زدایی آب دریا یا آب لب‌شور) دریافت می‌شود. مواد شیمیایی محلول در آب، که معمولاً به آب اولیه در هنگام استفاده اضافه می‌شوند، با تصفیه متعارف فاضلاب حذف نمی‌شوند.

برای جلوگیری از اثرات مضر نمک‌های محلول فاضلاب تصفیه شده روی کیفیت محصولات آبیاری شده و خاک، راهبردهای متفاوت فهرست شده در زیربندهای ۴-۲ و ۴-۳ را می‌توان به کار برد (به پیوست الف و جدول الف-۱ مراجعه شود).

۴-۲ بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه شده در آبیاری

کیفیت فاضلاب تصفیه شده می‌تواند با استفاده از روش‌های زیر بهبود یابد:

الف- تأمین آب با کیفیت بالاتر (غلظت پایین نمک) یا آب نمک‌زدایی شده برای مصارف شهری؛

ب- کاهش افزودنی‌های نمک با کنترل منابع پراکنده از قبیل نفوذ آب شور به داخل فاضلاب‌روها، مواد افزودنی خانگی شوینده‌های رختشویی یا نمک‌های ظرفشویی و/یا با کنترل منابع نقطه‌ای نظیر کارخانه‌های صنعتی با مصرف آب بالا و انتشاردهنده میزان زیادی نمک از فرایندهای تولیدی.

۴-۳ به کارگیری اقدامات زراعی و آبیاری مناسب

اقدامات زراعی و آبیاری مناسب می‌تواند با موارد زیر اعمال شود:

الف- انتخاب محصول و مدیریت؛

ب- آبیاری و زهکشی؛

پ- مدیریت ساختار خاک؛

ت- تنظیم کاربرد کود یا اصلاح آن؛

ث- تنظیم زمان استفاده از آب و انتخاب روش آبیاری مناسب.

در جایی که منبع آب اولیه، آب نمک زدایی شده باشد، بهتر است که اگر فرایندهای خاص حذف عنصر بور در طی نمک‌زدایی به کار نرفته باشد، به غلظت عنصر بور در آب نمک‌زدایی شده توجه شود. بهتر است اضافه کردن کلسیم و منیزیم در مراحل بعدی تصفیه مدنظر قرار گیرد. در هر مورد، بهتر است محصولات آبیاری شده، گونه‌های سازگار با مقدار و غلظت نمک‌های محلول در فاضلاب تصفیه شده باشند.

1- Background water

۵ عوامل موثر در پروژه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده: کیفیت آب، اقلیم و خاک

۱-۵ کلیات

برای استفاده مفید از فاضلاب تصفیه‌شده برای اهداف آبیاری، بهتر است به ریسک‌های سلامت عمومی از جمله ایمنی و رفاه کارگران و همچنین تأثیر بر محصولات آبیاری‌شده و خاک توجه جدی کرد. این موضوع نیازمند بررسی دقیق زیرساخت‌های موردنیاز از جمله شامل برنامه‌ریزی برای تاسیسات، مکان‌یابی پروژه، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، انتقال فاضلاب تصفیه‌شده به محل‌های ذخیره و انتقال به محل استفاده نهایی و همچنین بعد از استفاده است.

به‌منظور اجرای موفق دستورالعمل‌های بین‌المللی استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، توجه به سلامت عمومی و اثرات محیط‌زیستی بالقوه به‌عنوان موارد اولویت‌دار، بهتر است در نظر گرفته شوند. برای جلوگیری از اثرات منفی بر سلامت عمومی و همچنین محیط پذیرنده و منابع آب، بهتر است هنگام انجام پروژه آبیاری فاضلاب تصفیه‌شده از دستورالعمل‌های بین‌المللی استفاده شود.

وجود مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در فاضلاب تصفیه‌شده، به دلیل صرفه‌جویی احتمالی در کودها می‌تواند یک مزیت باشد.

۲-۵ کیفیت آب

۱-۲-۵ ترکیبات فاضلاب

کیفیت شیمیایی فاضلاب، ناشی از ترکیب شیمیایی آب اولیه (آب تأمین‌شده برای مصارف خانگی گوناگون، صنعتی و کشاورزی) به‌علاوه ترکیبات اضافه‌شده به هنگام استفاده از آب در خانه یا صنعت می‌باشد. علاوه بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب، مواد مختلفی به آب در زمان استفاده اضافه می‌شود که تعیین‌کننده ترکیب فاضلاب است. ترکیبات اصلی شیمیایی فاضلاب به مواد آلی و مواد معدنی طبقه‌بندی می‌شوند.

مواد آلی می‌توانند شامل هورمون‌ها، مواد دارویی، محصولات مراقبت شخصی، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، روغن‌ها، سوخت‌ها، روان‌کننده‌ها، سورفکتانت‌ها از جمله آفت‌کش‌ها، میکروپلاستیک‌ها، مواد هوموسی^۱ و سایر مواد شیمیایی مربوط به مصارف خانگی و کشاورزی باشند.

مواد معدنی می‌توانند حاوی کلرید، سدیم، بور، نیتروژن، فسفر (همچنین برخی از ترکیبات نیتروژن و فسفر جزء مواد آلی محسوب می‌شوند)، پتاسیم، گوگرد و سایر عناصر شیمیایی شامل فلزات سنگین (مانند روی، منگنز، مس، جیوه، نقره، کروم، نیکل، سرب و کادمیوم) و فلوئور باشند.

فاضلاب حاوی موجودات زنده مختلف است که سر منشأ آن محصولات زائد دفع‌شده به سامانه فاضلاب است.

1- Humic substances

برای ارزیابی ترکیبات فاضلاب، مشخصه‌های فاضلاب‌های صنعتی متصل به فاضلابروها را در نظر بگیرید، یعنی مشخصه‌های خاص فرایندهای صنعتی را برای یافتن ترکیبات خاصی در فاضلاب‌های آن‌ها در نظر بگیرید که ممکن است بر کیفیت آب برای اهداف استفاده از پساب تأثیر منفی بگذارد.

۵-۲-۲ مواد مغذی

۵-۲-۲-۱ کلیات

فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند حاوی مواد مغذی از جمله عناصر شیمیایی در غلظت‌های بالاتر از حد معمول موجود در آب شیرین باشد. فاضلاب تصفیه‌شده دربردارنده عناصر پرمصرف^۱ (عناصر قابل مصرف توسط گیاه در مقادیر زیاد برحسب kg/hectar)، غالباً نیتروژن و فسفر است. به‌طور معمول میزان پتاسیم موجود در فاضلاب تصفیه‌شده در غلظت‌هایی کمتر از نیازهای زراعی است.

مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری محصولات، به‌طور معمول به‌عنوان یک منبع جایگزین برای کودهای شیمیایی هستند که کاربر می‌تواند از آن استفاده کند. با این حال در ادامه توصیه می‌شود به سه سوال اصلی در خصوص کارایی جایگزینی کودهای مرسوم گیاه با مواد شیمیایی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده توجه شود (یعنی ارزش کوددهی فاضلاب تصفیه‌شده).

– مقدار: آیا میزان مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده، نیازهای گیاه را تأمین می‌کند؟

– دسترسی: آیا جذب مواد مغذی فاضلاب تصفیه‌شده توسط گیاهان به همان روش معمول جذب کودهای مرسوم صورت می‌گیرد؟

– زمان‌بندی: آیا نرخ عرضه مواد مغذی در طول فصل با منحنی نیاز محصول همزمان می‌شود؟

مقادیر نیتروژن و فسفر و پتاسیم به کار رفته در فاضلاب تصفیه‌شده، نتیجه افزایش غلظت آن‌ها در آب توسط حجم آب آبیاری‌شده به محصول است. از جایی که مقدار آب آبیاری با توجه به شرایط اقلیمی و الزامات محصول تعیین می‌شود، ازاین‌رو میزان مواد مغذی لازم برای محصولات و نواحی خاص، به‌طور مستقیم به غلظت مواد مغذی فاضلاب تصفیه‌شده ارتباط خواهد داشت.

۵-۲-۲-۲ نیتروژن

نیتروژن موجود در فاضلاب تصفیه‌شده، به نیتروژن موجود در خاک اضافه شده و وارد چرخه نیتروژن خاک، می‌شود. فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند حاوی نیتروژن آلی، آمونیوم (NH_4^+) و نیترات (NO_3^-) باشد. در خاک، نیتروژن آلی و آمونیوم با فرایند نیترات‌زایی (شوره‌زایی)^۲ به نیترات تبدیل می‌شود. از این طریق، اغلب نیتروژن فاضلاب تصفیه‌شده برای گیاهان قابل دسترس است و می‌تواند جایگزین نیتروژن موجود در کودهای تجاری شود. فقط یک قسمت (براساس شرایط اقلیمی و خاک، محصولات و حالت‌های نیتروژن) از نیتروژن

1- Macro elements
2- Nitrification

عرضه شده در خاک از طریق کودهای تجاری، باقی مانده های آلی یا فاضلاب تصفیه شده، توسط گیاهان جذب می شود. نیترات (NO_3^-) می تواند به واسطه نفوذ به خصوص در خاک های ماسه ای از بین برود. در طی آبیاری در شرایط pH بالا و در خاک های آهکی (با میزان بالای CaCO_3)، ممکن است مقداری از آمونیوم (موجود در ترکیب فاضلاب تصفیه شده) روی سطح خاک به آمونیاک (گاز NH_3) تبدیل و در اتمسفر تبخیر شود.

آبیاری با فاضلاب تصفیه شده ممکن است منجر به تامین نیتروژن در نوع و تناوبی شود که منطبق با الزامات کشت نباشد. هنگام استفاده از آب شیرین، از کودهای رویاننده^۱ در غلظت های متغیر در طی دوره کشت استفاده می شود؛ با این حال، در مراحل پایانی رشد یا رسیدن محصولات، مرسوم است که کوددهی نیتروژن به طور کامل متوقف شود. در جایی که فاضلاب تصفیه شده به کار می رود، کاربر نمی تواند مقدار نیتروژن مصرفی در هر دوره رشد را کنترل کند؛ چرا که این مقدار با غلظت نیتروژن موجود در فاضلاب تصفیه شده (بسته به منبع فاضلاب تصفیه شده و سطح تصفیه) و میزان^۲ آبیاری اعمال شده تعیین می شود.

از سوی دیگر، افزایش غلظت نیتروژن می تواند اثرات زیان آور شوری روی بازدهی محصول را کاهش دهد.

برخی از حالت های نیتروژن قابلیت حل شدن بالایی در آب دارند و می توانند به آب های زیرزمینی برسند یا با جریان رواناب سطحی آبشویی شوند، بنابراین منابع آب را تحت تأثیر قرار داده و به کیفیت آب سطحی آسیب می رسانند.

۳-۲-۲-۵ فسفر

مقدار فسفر موجود در فاضلاب تصفیه شده به طور معمول بیشتر از مقدار نیاز اغلب محصولات کشاورزی است. در شرایط pH بالا، حرکت فسفر در خاک محدود شده و به واسطه سازوکارهای^۳ مختلف مطابق با خواص خاک (مثل pH خاک)، تمایل به تجمع در لایه های بالایی خاک دارد. در مورد فسفر، تنظیم زمان کاربرد آن در این خاک ها، از اهمیت کمتری برخوردار است. با این حال در خاک های اسیدی (pH پایین تر از ۷) حرکت فسفر افزایش می یابد و در بعضی موارد زمان کاربرد فسفر می تواند مطابق با زمان بندی کاربرد نیتروژن باشد.

۴-۲-۲-۵ پتاسیم

حرکت پتاسیم در خاک محدود بوده و کمتر از حرکت فسفر است. افزایش غلظت پتاسیم می تواند اثرات زیان آور شوری را بر بازدهی محصول به میزان کمتری از نیتروژن، کاهش دهد.

۳-۲-۵ شوری

فاضلاب تصفیه شده حاوی غلظت های بالاتری از مواد معدنی محلول نسبت به آب اولیه نظیر کل نمک های محلول، سدیم، کلرید و بور است که می توانند آسیب احتمالی به خاک و محصول را به دنبال داشته باشند.

پارامترهای اصلی کیفیت فاضلاب تصفیه شده به لحاظ شوری موارد زیر هستند:

1- Grower fertilizes
2- Dose
3- Mechanisms

- میزان نمک‌های کل به دلیل اثر اسمزی؛
- غلظت کلریدها، بور و سدیم به دلیل سمیت ویژه آن برای گیاهان؛ و
- نسبت جذب سدیم (SAR)^۱ به دلیل مسائل نفوذپذیری خاک.

۴-۲-۵ سایر عناصر

مثال‌هایی از سایر عناصر شیمیایی موجود در محیط‌های صنعتی و شهری در غلظت‌های پایین اگرچه برای آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده مرتبط هستند، شامل فلوئورید، سیلیسیم، وانادیم، کروم، منگنز، آهن، کبالت، نیکل، مس، روی، سلیوم، مولیبدن، استرانسیوم، ید، بور و کادمیوم می‌باشند. این گروه از عناصر دربرگیرنده فلزاتی هستند که وزن مخصوص آن‌ها نسبتاً بالا است؛ مانند آهن، کروم، جیوه، مولیبدن، سرب، استرانسیوم، مس، روی، منگنز، نیکل، کادمیوم و کبالت. رفتار این عناصر نسبت به سایر عناصر متفاوت است

اگرچه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (WWTPs) برای تصفیه این فلزات طراحی نشده‌اند، اما به‌طور موثر از فاز مایع حذف و به فاز جامد (لجن) انتقال می‌یابند. این عناصر جذب مواد آلی و معدنی شده یا به‌واسطه pH بالا، سختی و خاصیت قلیایی آب، رسوبات با حلالیت پایین ایجاد خواهند کرد.

۵-۲-۵ ریزاندامگان^۲

منابع فاضلاب ناشی از فعالیت‌های انسانی یا کشاورزی در پروژه استفاده از پساب، دربرگیرنده ریزاندامگانی (باکتری‌ها، ویروس‌ها، کرم‌های روده‌ای و پروتوزوا)^۳ می‌باشند که برخی از آن‌ها عوامل بیماری‌زا هستند. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب غلظت ریزاندامگان را کاهش می‌دهند اما ممکن است آن‌ها را به‌طور کامل از بین نبرند. غلظت باقی‌مانده ریزاندامگان بستگی به سطح تصفیه فاضلاب دارد.

پایش غلظت تمام ریزاندامگان در فاضلاب تصفیه‌شده در عمل غیرممکن است. با این حال، بهتر است که غلظت شاخص‌های میکروبی پایش شود. در این استاندارد، شاخص‌های پیشنهادی کلیفرم‌های گرم‌پای شامل کلیفرم‌های مدفوعی و/شریشیالکی (*E. coli*) به عنوان شاخص‌های مرسوم در هر کشور هستند.

موانع که پس از آن مورد استفاده قرار خواهد گرفت، راهکار موثری برای تضمین سلامت و ایمنی هستند.

در طراحی هر پروژه استفاده از پساب، بهتر است از حفاظت جمعیت تحت پوشش مانند کارگران و مصرف‌کنندگان در معرض آب، میوه‌ها و انواع سبزی، اطمینان حاصل شود. این استاندارد روش ترکیبی از شاخص‌های میکروبیولوژیکی و مفهوم موانع (مطابق با استاندارد ISO 16075-2) و شیوه‌نامه‌های پایش (مطابق با استاندارد ISO 16075-4) را بیان می‌کند.

1- Sodium Adsorption Ratio

2- Microorganisms

3- Protozoa

۳-۵ اقلیم

فاضلاب تصفیه شده یک منبع آب مهم برای کشاورزان و سایر کاربران در اقلیم های خشک و نیمه خشک است [16]. در برخی از موارد، فاضلاب تصفیه شده ممکن است تنها منبع آب در دسترس کشاورزی باشد. این استانداردها بر اساس دانش علمی به دست آمده از اقلیم های خشک و نیمه خشک [16] و [17]، تهیه شده اند. با این حال، رفتار مواد (مواد مغذی، فلزات سنگین، میکروب ها و مواد شیمیایی) در خاک هایی که آبیاری فاضلاب تصفیه شده در آن ها صورت می گیرد، به شدت تحت تأثیر شرایط خاک، محصولات، بارندگی و تبخیر است که به طور گسترده ای در پاسخ به اقلیم متفاوت هستند. علاوه بر این، همچنین شرایط اقلیمی بر شرایط بهداشتی تأثیر می گذارد. به همین دلیل، بهتر است تا پارامترهای مرتبط با آبیاری و چگونگی کنترل آن ها با توجه به شرایط اقلیمی ارزیابی شود.

همان طور که در جدول ب-۱ نشان داده شده، طبقه بندی اقلیم با استفاده از شاخص خشکی (AI)^۱ صورت گرفته است [18]. AI، نسبت بارش به تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه می باشد که در فرمول (۱) آمده است:

$$AI = \frac{P}{PET} \quad (1)$$

که در آن:

P بارش؛

PET تبخیر و تعرق پتانسیل تخمین زده شده توسط روش پنمن^۲ است.

تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه به محصول و فرمول های ساده مورد استفاده برای تعیین آن بستگی دارد. این فرمول ها به شرح فرمول های (۲) و (۳) در ادامه آمده است:

$$ETp = Ep + Tp \quad (2)$$

که در آن:

Ep پتانسیل تبخیر خاک، بر حسب mm/d؛

Tp پتانسیل تعرق گیاه، بر حسب mm/d است.

$$ETp = kc \times ETref \quad (3)$$

که در آن:

ETp نرخ پتانسیل تبخیر و تعرق، بر حسب mm/d؛

kc ضریب گیاهی؛

$ETref$ نرخ تبخیر و تعرق مرجع، بر حسب mm/d است.

1- Aridity Index
2- Penman-method

یادآوری - فرمول‌های پیچیده‌تر دیگری نیز وجود دارند که پارامترهای مختلفی در آن‌ها تعیین و محاسبه می‌شود و از دیگر معادلات اصلی پنمن، مانیتث^۱ [31]، فدس^۲، اسمیت^۳ [32] و سایر موارد در دسترس توسعه یافته‌اند.

اثر نمک‌ها و فلزات سنگین روی خاک‌ها و محصولات که در این استاندارد توصیف شده، به‌طور عمده برای مناطق خشک و نیمه‌خشک با شاخص خشکی ۰/۵ تا ۰/۵۰ است. در این اقلیم‌ها، تبخیر و تعرق پتانسیل مهمتر از بارش است، بنابراین، جلوگیری از تجمع نمک‌ها و فلزات سنگین نشأت گرفته از آب آبیاری یک چالش و مسئله جدی خواهد بود. در مقابل، مناطق اقلیمی که در آن‌ها بارش بیش از تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه است (شاخص خشکی بزرگتر از ۱/۰)، می‌توانند مقاوم به تجمع نمک‌ها و فلزات سنگین باشند؛ زیرا آب خاک، مستقیم به سمت پایین جریان یافته و باعث شستن نمک‌ها می‌شود. در مناطقی که آب زیرزمینی وجود دارد، با این حال، آبشویی نمک‌های محلول، مواد مغذی و فلزات سنگین از خاک بالایی، باعث ایجاد آلودگی آب زیرزمینی خواهد شد. علاوه‌براین، تناوب و میزان بارندگی در طول فصل کاشت، بر معیارها و راهبردهای پایش مرتبط با مدیریت بهداشتی تأثیر می‌گذارد.

مناطق خشک می‌توانند در کشورهایی رخ دهند که به‌دلیل نوسانات بارندگی منطقه‌ای معمولاً مرطوب هستند. از این‌رو، بهتر است دستورالعمل‌ها تنها پس از درک مشخصه‌های اقلیمی و منطقه‌ای برای هر منطقه تدوین یا اتخاذ شوند.

۴-۵ خاک

۱-۴-۵ کلیات

ریسک‌های ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده به‌طور عمده به کیفیت آب و مشخصه‌های مکانی^۴ بستگی دارد. حساسیت خاک، مشخصه ذاتی هر خاک و مستقل از کیفیت آب است. کیفیت ذاتی خاک به واسطه فرایند شکل‌گیری خاک ایجاد می‌شود و هر خاک یک حساسیت طبیعی به کیفیت آب دارد.

بهتر است قابل پذیرش بودن یک مکان بر اساس خواص خاک مرتبط و خواص زمین‌شناسی آن، توپوگرافی، آب‌شناختی، اقلیم، منطقه‌بندی و اهداف کشت صورت پذیرد.

مکانی برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری مناسب است که دارای مشخصه‌های آب‌زمین‌شناختی^۵، خاکی، اقلیمی و فیزیکی با قابلیت بهره‌وری موثر از فاضلاب تصفیه‌شده به‌کار رفته بدون ایجاد آسیب به زمین اصلی یا آب‌های زیرزمینی زیرین در آینده باشد.

همچنین بهتر است شرایط مکانی طوری باشد که به‌طور موثر هر جابجایی زیان‌آور فاضلاب به خارج از محل مصرف از طریق آبشویی، مهاجرت آب زیرزمینی، رواناب سطحی یا جریان آبیاری پاششی را، محدود کند.

1- Monteith
2- Feddes
3- Smith
4- Site
5- Hydrogeological

مشخصه‌های اصلی خاک که تعیین‌کننده میزان حساسیت خاک به کیفیت آب است، شامل: بافت، pH، میزان مواد آلی، چگالی ظاهری^۱، هدایت هیدرولیکی و ظرفیت نگهداری آب است. بسیاری از شاخص‌های خاک در تعامل با سایر شاخص‌ها بوده و بنابراین مقدار یکی تحت تأثیر یک یا تعداد بیشتری از پارامترهای انتخابی است.

مهمترین ریسک‌ها برای خاک کشاورزی مربوط به آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده در جدول ب-۲ ارائه شده است.

۵-۴-۲ تحرک آلاینده‌های قابل جذب معدنی

ریسک حرکت فلزات سنگین در خاک‌ها به سمت لایه‌های پایینی با کاهش مقدار pH خاک به زیر ۷، افزایش می‌یابد. اگر خاک دارای میزان بیشتری از مواد آلی و رس باشد، انتظار می‌رود حرکت آن‌ها در خاک کاهش یابد. با این حال تجمع فلزات سنگین در لایه بالایی خاک و در مقادیر pH بالا رخ می‌دهد.

۵-۴-۳ فرونشست لایه بالایی خاک

حساسیت لایه بالایی خاک نسبت به فرونشست، وابسته به بافت است. خاک‌ها با میزان سیلت بالا حساسیت بیشتری نسبت به اثرات فرونشست و ریزش روی سطح خاک دارند، که منجر به کاهش نفوذ در رواناب‌های با نرخ بالا می‌شود. همچنین مقدار ماده آلی خاک برای تثبیت ساختار خاک مهم است.

مقادیر بیشتری از مواد آلی، اثر مثبتی روی پایداری سطح خاک دارد. با این حال، پارامترهای دیگری مانند کانی‌شناسی رس، اکسیدها/هیدروکسیدها، کربنات‌ها و مانند این‌ها نیز بهتر است در نظر گرفته شوند.

بهتر است حساسیت ذاتی خاک نسبت به فرونشست با حساسیت بالقوه به پراکندگی خاک در نتیجه نسبت‌های بالای جذب سدیم (SAR) در خاک ناشی از غلظت بالای سدیم و مقدار SAR در فاضلاب تصفیه‌شده، اشتباه گرفته نشود. خاک دارای مقدار زیادی از خاک رس، به افزایش سدیم جذب‌شده بیشتر حساس است.

۵-۴-۴ شور شدن خاک‌ها

شور شدن، فرایند تجمع نمک‌ها در خاک‌ها و در ارتباط با نرخ‌های کم آبشویی است. نرخ‌های آبشویی وابسته به ظرفیت نگهداری آب خاک، هدایت هیدرولیکی، مقدار بارش و آب آبیاری مورد استفاده و همچنین تبخیر و تعرق است. برای نرخ‌های مشابه بارش و تبخیر و تعرق، در خاک ماسه‌ای، آب بیشتری به زیر منطقه ریشه^۲ جریان می‌یابد تا خاک رسی. جلوگیری از تجمع نمک در خاک رسی و خاک‌های با نفوذپذیری کم، سخت‌تر است. زهکشی یکی دیگر از عوامل مهم در خصوص شوری است، چون نمک‌های محلول باید از منطقه ریشه شسته شوند [19] و [20].

1- Bulk density
2- Root zone

۵-۴-۵ تحرک و تجمع عنصر بور

جابجایی بور در خاک‌ها و بور قابل دسترس برای جذب گیاه، به غلظت بور در محلول خاک بستگی دارد [19] و [20]. بور در محلول خاک توسط موارد زیر تعیین می‌شود:

الف - بور محلول وارده به سامانه آب- خاک (آب آبیاری)؛ و

ب - واکنش‌های جذب- واجذب در فاز جامد خاک.

با فرض این که همان مقدار آب با همان میزان غلظت بور به کار می‌رود، جذب بور به مشخصه‌های خاک مانند میزان و کانی‌شناسی رس، اکسیدهای آهن و آلومینیوم و میزان مواد آلی بستگی دارد.

به همان اندازه که مقدار رس بیشتر می‌شود، به همان اندازه هم مقدار جذب بور بیشتر می‌شود. جذب به نوع مواد معدنی خاک رس وابسته است: برای مثال خاک‌های مونت‌موریلونتی^۱ نسبت به خاک‌های کائولینیتی^۲ جذب کمتری دارند. به طور مشابه، وجود مقادیر بیشتر مواد آلی باعث جذب مقدار بیشتری از بور می‌شود.

در مقابل، جذب بیشتر بور باعث کاهش غلظت آن در محلول خاک می‌شود و در نتیجه، ریسک اثر سمی آنی را کاهش می‌دهد. بر این اساس، در خاک‌هایی که از رس و میزان مواد آلی غنی هستند، ریسک سمیت فوری بور برای گیاهان کمتر است. اگر دوره آبیاری با آب غنی از بور طولانی باشد، رس و مواد آلی می‌توانند به درجه اشباع برسند و منجر به سمیت بور شوند.

غلظت‌های کلرید در آب‌های آبیاری و خاک‌ها معمولاً چند مرتبه بیشتر از غلظت بور است، اما حد بحرانی سمیت آن برای محصولات ۲ تا ۳ مرتبه بیشتر از بور است. بنابراین تأثیر واکنش کلرید- خاک ناچیز است.

۵-۴-۶ آلودگی آب زیرزمینی

آنیون‌های با جذب کم (بسته به بار الکتریکی رس در خاک) مانند نیترات و کلرید هنگامی که از طریق آبشویی به آب زیرزمینی می‌رسند، می‌توانند باعث ایجاد مشکلات شوند و تا حد زیادی به نرخ‌های آبشویی در مکان بستگی دارد. نرخ کم آبشویی منجر به طولانی‌شدن زمان ماندگاری آب خاک در منطقه ریشه شده و جذب بخشی از نیترات توسط گیاه را ممکن می‌سازد. بهتر است رفتار آبشویی مطابق با مشخصه‌های خاک، در ارتباط با آبشویی نمک‌ها ارزیابی شود.

۵-۴-۷ حرکت و انباشت فسفر

چندین عامل خاک در نگهداری و حرکت فسفر در خاک‌ها نقش دارند. عوامل مختلف را می‌توان براساس دسته‌های زیر طبقه‌بندی کرد:

الف - مشخصه‌ها و میزان ترکیبات خاک (رس‌ها، مواد آلی، اکسیدها)؛

ب - pH

پ - دیگر یون‌ها؛

1- Montmorillonitic soils
2- Kaolinitic soils

ت - سینتیک‌ها؛

ث - اشباع کمپلکس‌ها (ترکیبات پیچیده) جذب شده.

میزان بیشتر رس و هیدروکسیدها منجر به جذب بالاتر و تثبیت فسفر می‌شود که تجمع آن را افزایش و حرکت آن را کاهش می‌دهد. خاک‌های کائولینیتی نسبت به خاک‌های مونتموریلونیتی غلظت بالاتری از فسفر را در خود نگه می‌دارند.

به‌طور کلی، با افزایش pH حرکت فسفر کاهش می‌یابد. دسترس‌پذیری فسفر به میزان حداکثر آن، در گستره pH ۶/۰ تا ۶/۵ اتفاق می‌افتد. در مقادیر pH پایین‌تر، ماندگاری ناشی از واکنش با آهن و آلومینیوم است. در pH بالاتر از ۷/۰، حضور یون‌های کلسیم و منیزیم و همچنین حضور کربنات‌ها، منجر به ترسیب فسفرهای اضافه‌شده می‌شود.

۶ اثرات متفاوت بر سلامت عمومی، خاک، محصولات و منابع آب

۱-۶ اثرات بر سلامت عمومی

ریسک‌های سلامت عمومی ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده که حاوی عوامل بیماری‌زا هستند، می‌تواند از چند طریق زیر، از فاضلاب تصفیه‌شده به جمعیت تحت پوشش انتقال یابد:

الف - آلودگی محصولات خوراکی و علوفه‌ای (غیر خوراکی) آبیاری‌شده با فاضلاب تصفیه‌شده؛

ب - انتقال عوامل بیماری‌زا در هوا زمانی که آبیاری از طریق پاشش فاضلاب تصفیه‌شده انجام می‌شود؛

پ - تماس مستقیم کارگران و عموم مردم با فاضلاب تصفیه‌شده.

برخی از عناصر (مانند سلیوم) که به‌طور طبیعی توسط برخی از محصولات خوراکی جذب می‌شوند، می‌تواند اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان و حیوانات داشته باشند.

در استاندارد ISO 16075-2، راه‌های حفاظت از سلامت عمومی کارگران، عموم مردم و دام‌ها هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده با سطوح متفاوت کیفیت در آبیاری، ارائه شده است.

۲-۶ اثرات بر خاک و محصولات

۱-۲-۶ اثر سطوح مواد مغذی

بهتر است حداکثر سطوح در نظر گرفته‌شده برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده برای جلوگیری از مازادی که احتمال آسیب‌رسانی به محصول یا محیط زیست وجود دارد، تعیین شود (به مثال جدول پ-۱ مراجعه کنید). غلظت‌های نیتروژن و فسفر ممکن است در مناطق اقلیمی که مصرف آب توسط محصولات به دلیل تفاوت‌هایی در تبخیر و تعرق به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است (یا بیشتر یا کمتر) تنظیم شود. با این حال، علی‌رغم تفاوت‌های اقلیمی و مصرف آب، دلیلی برای تفاوت در مصرف مواد مغذی توسط محصول در واحد سطح وجود ندارد.

طرح کوددهی به گیاه، بهتر است مقدار مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه شده مورد استفاده در آبیاری را در نظر گیرد.

۲-۲-۶ اثر شوری آب

۱-۲-۲-۶ اثر غلظت نمک موجود در محلول خاک روی محصولات

یکی از اثرات محتمل غلظت بالای نمک‌ها در فاضلاب تصفیه شده، وجود نمک‌های اضافی در محلول خاک است که باعث تغییر در خواص محلول خاک و به خصوص سبب کاهش پتانسیل اسمزی آن می‌شود. کاهش پتانسیل اسمزی محلول در خارج از سلول‌های ریشه گیاه، فاصله بین پتانسیل آب در خاک و گیاه را کاهش می‌دهد و در نتیجه، دسترسی گیاه به آب ممکن است کاهش یابد و روی محصول اثر منفی گذارد. پتانسیل اسمزی (ψ_0)، هدایت الکتریکی (EC)، کل آنیون‌ها یا کاتیون‌ها و جامدات محلول ثابت به شکل معادله زیر به هم وابسته هستند:

$$\psi_0 \text{ (atm)} = EC \text{ (dS/m)} \times (-0.36)$$

$$EC \text{ (dS/m)} \times 10 = \text{غلظت کل آنیون‌ها (meq/l)} = \text{غلظت کل کاتیون‌ها (meq/l)}$$

$$EC \text{ (dS/m)} \times 640 = \text{مواد جامد محلول ثابت، mg/l (در دمای } 55^\circ\text{C)}$$

کل مواد جامد محلول در فاضلاب تصفیه شده شامل جامدات محلول معدنی و آلی است. مواد آلی سهم بسیار کم یا صفری در هدایت الکتریکی دارند اما قسمتی از وزن جامدات هستند. بنابراین، رابطه بیان شده در این معادله در صورت استفاده از TDS نادرست است. رابطه بین مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی در فاضلاب تصفیه شده، بهتر است توسط محلول ثابت (یعنی غیرفرار) بیان شود، یعنی جامداتی که پس از سوزاندن کسر محلول در دمای 55°C تعیین می‌شود.

تحمل هر یک از محصولات کشاورزی نسبت به غلظت نمک‌های حل شده در محلول خاک در اطراف ناحیه ریشه به طور قابل توجهی متفاوت است. شوری خاک تا زمانی که از آستانه معینی از مقدار شوری (تحمل گیاه) بیشتر نشود، به محصول آسیبی نمی‌زند. در بالاتر از مقدار آستانه شوری، بازده گیاه به صورت تابع خطی از شوری، کاهش می‌یابد تا زمانی که گیاه از بین می‌رود و به سرعت به صفر می‌رسد.

۲-۲-۲-۶ اثر شوری در آسیب مستقیم به شاخ و برگ گیاهان در آبیاری بارانی

آبیاری بارانی با استفاده از آب شور می‌تواند اثرات سمی روی شاخ و برگ و متعاقباً سوزاندن برگ‌ها و در نهایت ریزش برگ را ایجاد کند. حداکثر هدایت الکتریکی آب برای آبیاری بارانی به تحمل شاخ و برگ محصول در مقابل شوری بستگی دارد (به مثال جدول پ-۲ مراجعه کنید).

سمیت محصول ناشی از افزایش یون‌های سدیم یا کلرید جذب شده از طریق برگ‌های مرطوب، به واسطه آبیاری بارانی است. در جدول پ-۳ راهنمای تحمل چندین محصول مطابق با غلظت سدیم و کلرید، در زمان آبیاری بارانی بیان شده است. حساسیت محصولات بر اساس تجمع مستقیم نمک‌ها از طریق برگ‌ها است.

۳-۲-۲-۶ اثر سدیم بر خواص خاک

آسیب غیرمستقیم ناشی از سدیمی بودن خاک‌ها و صدمه به ساختار آن‌ها و خواص هدایت الکتریکی آب (نفوذ ناکافی آب باران یا آب آبیاری و حرکت نامناسب آب در خاک که منجر به مشکلات زهکشی و هوادهی می‌شود) حتی شایع‌تر از ایجاد آسیب مستقیم به محصولات ناشی از شوری است.

یون‌های جذب‌شده و غلظت الکترولیت از علل اصلی تأثیرگذار بر ساختار خاک هستند. در زمان بررسی ارتباط بین ترکیب کاتیون در محلول خاک و خواص هیدرولیکی آن، معمول است که به جای غلظت مطلق سدیم، نسبت‌های غلظت سدیم، کلسیم، و منیزیم (که معمول‌ترین کاتیون‌ها در آب آبیاری و خاک هستند) در نظر گرفته شوند.

اثر مخرب سدیم جذب‌شده بر خواص کشاورزی خاک و نقش مثبت کلسیم و منیزیم به‌خوبی شناخته شده است.

خاک‌های سدیمی، خاک‌هایی هستند که در آن‌ها درصد سدیم قابل تبادل بیش از ۱۵٪ و هدایت الکتریکی محلول آن‌ها کمتر از ۴ dS/m است. بر طبق این تعریف، مقدار ESP^۱ برابر ۱۵٪ (درصد سدیم قابل تبادل) به‌عنوان «مقدار آستانه بحرانی» در نظر گرفته شده است. وقتی ESP بالاتر از این مقدار بحرانی باشد، خواص یک خاک سدیمی مثل تورم، قابل‌ملاحظه است و هرگونه پراکندگی خاک رس، اختلال در هدایت هیدرولیکی، هوادهی ضعیف، مشکلات زهکشی و مشکلات کشت بروز پیدا می‌کند. در ادامه این رویکرد، «نسبت جذب سدیم» به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$SAR = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{+2} + Mg^{+2})}{2}}} \quad (۴)$$

فرمول ۴ که از محاسبه غلظت سدیم، کلسیم و منیزیم در عصاره گسل اشباع خاک به دست می‌آید $[Na^+] = \text{غلظت سدیم برحسب mEq/l}$ و $(Ca^{2+} + Mg^{2+}) = \text{غلظت کلسیم و منیزیم برحسب mEq/l}$ ، ممکن است یک روش تشخیصی برای پیش‌بینی مسائل مربوط به سدیمی بودن خاک (سطوح بالای سدیم) در نتیجه آب آبیاری باشد. فرمول (۴) همچنین برای پیش‌بینی خطر سدیمی بودن خاک از طریق آب آبیاری و برای ارزیابی سطح سدیم جذب شده در خاک، استفاده می‌شود. ارتباط بین ESP و SAR در فرمول (۵) آمده است:

$$ESP = 100(-0,0126 + 0,0475 SAR) / (1 + (-0,0126 + 0,01475 SAR)) \quad (۵)$$

مقدار آستانه برای هر ترکیبی از الکترولیت و مقدار SAR، در سطوح بالاتر از «مقدار آستانه بحرانی» فوق‌الذکر و تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک با محلول‌هایی در سطوح SAR مختلف، تعیین می‌شود. مقدار آستانه برحسب سطح SAR در غلظت معین نمک‌ها تعریف می‌شود که باعث کاهش قابل‌توجهی در

نفوذپذیری آب به خاک می‌شود. به عبارت دیگر، مقدار آستانه ثابت نیست و بنابراین، می‌تواند کمتر از $15[mEq/l]^{1/2}$ باشد.

ارتباط بین SAR و غلظت نمک‌ها همچنین می‌تواند متأثر از خواص خاک (عموماً کانی‌شناسی رس و میزان مواد آلی) باشد.

در جدول پ-۴، مقادیر معمول SAR و غلظت الکترولیت (اندازه‌گیری شده توسط هدایت الکتریکی) درج شده است که برای راستی‌آزمایی^۱ مسئله نفوذپذیری آب در خاک قابل استفاده هستند.

۳-۲-۶ اثر سمیت ویژه برخی یون‌ها

۱-۳-۲-۶ کلیات

علاوه بر اثر غلظت کل نمک (اثر اسمزی)، برخی یون‌ها در محلول خاک، پتانسیل آسیب رساندن به محصولات کشاورزی آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده را دارند. جذب و تجمع این یون‌ها توسط محصول ممکن است منجر به کاهش عملکرد تا سطح پژمرده شدن گیاه شود.

۲-۳-۲-۶ اثر کلرید

کلرید یک ماده مغذی ضروری برای گیاهان برای ایجاد تعادل بارهای یونی و تنظیم خاصیت اسمزی است. علاوه بر این به عنوان یک شمارنده یون در حین جابجایی کاتیون در گیاه عمل می‌کند و باعث سهولت جذب آب سلول و اتساع غشاء سلول می‌شود. کلرید از طریق منابع مختلفی مانند: خاک، باران، آبیاری، کودها و آلودگی هوا در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. در شرایط کشت معمول، سمیت کلرید شایع‌تر از کمبود آن به خصوص در مورد آبیاری با فاضلاب تصفیه شده است.

حساسیت گیاهان به غلظت کلرید به طور قابل توجهی متفاوت است. از سوی دیگر، درختان به طور کلی به کلرید اضافی حساس هستند. تحمل محصولات هم بسته به گونه‌ها، انواع و ساقه زیرزمینی همان محصول، تفاوت خواهد کرد. تفاوت‌های موجود بین ساقه‌های زیرزمینی به طور معمول منعکس کننده قابلیت آن‌ها برای جلوگیری یا ایجاد مانع برای حرکت کلرید از ریشه‌ها به شاخ و برگ و تجمع آن‌ها در این ناحیه است.

۳-۳-۲-۶ اثر بور

بور یک عنصر ضروری برای رشد معمول گیاهان است. این عنصر در تعداد زیادی از فرایندهای گیاهی مانند: تقسیم سلولی و قد کشیدن، سوخت و ساز نوکلئیک اسید، سوخت و ساز و انتقال قندهای تنظیم کننده فتوسنتز و تنفس دخالت دارد. حضور آن برای سامانه هورمونی حیاتی است و در غشاهای سلولی یافت می‌شود. در جایی که از آبیاری با فاضلاب تصفیه شده استفاده می‌شود، بور رایج است. بور در مقادیر بیش از حد مجاز، برای گیاهان سمی است؛ باعث کلروز یا رنگ پریدگی در نوک گیاهان می‌شود و در طی مراحل بعدی باعث ریزش برگ‌های آن شده و حتی می‌تواند گیاه را نابود کند.

1- Likelihood

۴-۳-۲-۶ اثر سدیم

غلظت غیرطبیعی سدیم در فاضلاب تصفیه شده می تواند اثر مستقیم ناشی از سمیت سدیم را در گیاهان ایجاد کند. این سمیت به طور عمده روی درختان میوه (آواکادو، درختان مرکبات و درختان میوه دارای هسته مانند آلو، هلو، زردآلو) در غلظت های بیش از 120 mg/l تأثیرگذار است [29]. در خاک های غیرشور غنی از سدیم، ممکن است کمبودهای کلسیم و همچنین منیزیم در گیاهان علفی مشاهده شود. اثر اصلی سدیم در فاضلاب تصفیه شده، بر ساختار خاک است و به طور غیرمستقیم روی هوادهی خاک و حرکت آب در آن تأثیر می گذارد.

۴-۲-۶ اثر مربوط به سایر عناصر شیمیایی

بهتر است دیگر عناصر شیمیایی به صورت کنترل نشده به خاک اضافه نشوند؛ تا از تجمع آنها در خاک جلوگیری شود زیرا حذف آنها در ادامه کار دشوار خواهد بود و همچنین به احتمال زیاد باعث ایجاد موارد زیر می شود:

- مسمومیت گیاهان؛
 - جذب بیش از حد توسط محصولات؛
 - تجمع سطوح سموم سایر عناصر شیمیایی در بافت های گیاهی شده (این سطوح برای انسان ها یا حیوانات مصرف کننده محصول، خطرناک هستند)؛ و
 - حرکت سایر عناصر شیمیایی به داخل آب زیرزمینی.
- مقادیر میانگین حسابی و مقادیر حداکثر این عناصر در جدول پ-۶ ارائه شده است.
- گاهی اوقات در خاک های با pH اسیدی، مقادیر این عناصر (مقادیر بیشینه کمتر) به دلیل دسترسی زیاد (بالابودن میزان) به فلزات سنگین، بیشتر مورد توجه است.

۵-۲-۶ توصیه هایی برای مدیریت اثرات بر خاک و محصولات

۱-۵-۲-۶ آب پاشی از بالای شاخ و برگ گیاهان

به منظور افزایش تحمل محصولات، اقدامات زیر توصیه می شود:

- الف- انتخاب محصولات با تحمل بالا؛
- ب- آبیاری در طول شب؛
- پ- آبیاری در طول دوره هایی که دما پایین است و وزش باد کم است؛
- ت- افزایش سرعت چرخش آب پاش ها؛
- ث- افزایش نرخ کاربرد (اما کمتر از نرخ نفوذ در خاک باشد)؛

چ- کاهش تناوب آبیاری؛

ح- تغییر دادن سامانه آبیاری که آب در آن در تماس با شاخ و برگ نباشد، مانند سامانه‌های خُردآبیاری؛

خ- افزایش اندازه قطره آب (کاهش درجه رانش ذرات معلق در هوای پاشنده).

۲-۵-۲-۶ شیوه‌های مدیریتی برای جلوگیری از آسیب ناشی از تجمع نمک در خاک

۱-۲-۵-۲-۶ کلیات

برای غلبه بر آسیب ناشی از تجمع نمک در خاک، بهتر است شیوه‌های مدیریتی اجرا شوند. برخی از اقدامات را می‌توان برای کنترل شوری در منطقه ریشه محصول مورد استفاده قرار داد. اقدامات «مزرعه‌ای» به‌طور معمول در برگیرنده شیوه‌های زراعی و مهندسی قابل اعمال توسط کشاورز بر اساس مزرعه به مزرعه^۱ است [19].

۲-۲-۵-۲-۶ اصول مدیریت

اقدامات مدیریتی برای استفاده ایمن از آب آبیاری و به‌طور خاص فاضلاب تصفیه‌شده شامل موارد زیر است:

- انتخاب محصولات یا انواعی از یک محصول که تحت شرایط موجود یا پیش‌بینی‌شده شوری یا سدیمی‌بودن، بازده قابل قبولی خواهند داشت؛
- روش‌های اجرایی کاشت ویژه که تجمع نمک در مجاورت دانه را به حداقل برساند یا جبران کند؛
- آبیاری، برای حفظ میزان نسبتاً زیادی از رطوبت خاک و برای دستیابی به آبشویی دوره‌ای خاک؛
- استفاده از آماده‌سازی زمین برای افزایش یکنواختی توزیع و نفوذ آب، آبشویی و حذف شوری.

محصول رشد کرده، کیفیت آب مورد استفاده برای آبیاری، الگوی بارندگی و اقلیم و خواص خاک، تا حد زیاد نوع و گستره اقدامات مدیریتی مورد نیاز را تعیین می‌کند.

۳-۲-۵-۲-۶ انتخاب محصولات یا انواعی از یک محصول

در جایی که شوری را نمی‌توان به‌واسطه آبشویی در حد قابل قبولی حفظ کرد، بهتر است محصولات را طوری انتخاب کرد که بتوانند بازده قابل قبولی را در شرایط شوری حاصل از آن داشته باشند. بهتر است در انتخاب محصولات، توجه خاصی به تحمل آن‌ها به نمک، در مدت جوانه‌زدن داشت. زیرا بازده ضعیف، اغلب ناشی از عدم دستیابی به وضعیت قابل قبول است. بعضی از محصولات که طی مراحل بعدی رشد خود در برابر شوری مقاوم هستند، در مراحل اولیه رشد کاملاً حساس به شوری می‌باشند.

پروژه‌های فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند برای یک منطقه با محصولات کشاورزی موجود برنامه‌ریزی شود. اگر محصولات یکساله هستند، انواع پروژه‌ها را می‌توان با توجه به کیفیت آب تغییر داد. با این حال، در محصولات

1- Field-by field

چندساله مانند درختان میوه، این تغییرات سخت‌تر و با هزینه اقتصادی بالاتری انجام خواهد گرفت. اگر در پروژه آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، برنامه‌ها برای یک منطقه آبیاری جدید توسعه داده شوند، بهتر است برنامه‌ریزان، رشد محصولات را متناسب با کیفیت آب در نظر بگیرند.

۴-۲-۵-۲-۶ روش‌های اجرایی کاشت ویژه

در بسیاری از موارد به دلیل این‌که که سرعت جوانه‌زنی در صورت وجود شوری مزاد، کاهش می‌یابد عدم دستیابی به حالت رضایت‌بخش محصولات ردیفی در آبیاری شیاری^۱ با درجه شوری متوسط خاک‌ها یک مشکل جدی است. این مشکلات به‌خاطر تجمع نمک محلول و معمولاً در پشته‌هایی اتفاق می‌افتد که به‌واسطه آبیاری شیاری، «مرطوب» هستند.

توصیه می‌شود برای کاهش تجمع نمک در نزدیکی دانه، اصلاحاتی در اقدامات و شکل بستر صورت گیرد. در طول آبیاری، گرایش نمک‌ها به تجمع در نزدیکی دانه، در بسترهای تک ردیفی، دایره‌ای است. نمک کافی برای جلوگیری از جوانه‌زنی می‌تواند در منطقه حضور دانه تمرکز کند؛ حتی اگر مقدار متوسط نمک خاک نسبتاً کم باشد.

از نقطه‌نظر کنترل شوری، کاشت در شیارها یا حوضچه‌ها رضایت‌بخش است، اما اغلب عملکرد بسیاری از محصولات در کاشت ردیفی به دلیل مشکلات مربوط به پوسته‌پوسته شدن و هوادهی ضعیف، نامطلوب است.

۵-۲-۵-۲-۶ اقدامات آبیاری

مقداری شور شدن آب و خاک در آبیاری، اجتناب‌ناپذیر است؛ نمک موجود در آب آبیاری در خاک باقی می‌ماند و آب خالص از طریق فرایندهای تبخیر و تعرق گیاه به اتمسفر بازگردانده می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود میزان بیشتری از آب نسبت به میزان تبخیر و تعرق آن در آبیاری به کار رود تا آبشویی حاصل و از تجمع نمک اضافی جلوگیری شود.

برای جلوگیری از تجمع بیش از حد نمک در منطقه ریشه ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، آب اضافی (آب آبیاری یا بارندگی) بهتر است در یک دوره طولانی، بیش از مقدار موردنیاز برای تبخیر و تعرق (ET) به کار رود و بهتر است از منطقه ریشه در حداقل میزان خالص عبور کند. این مقدار، به صورت کسری به‌عنوان «الزامات آبشویی» (LR)^۲ نسبت داده می‌شود؛ کسری از آب نفوذی که برای حفظ شوری در سطوح قابل قبول، از میان منطقه ریشه گیاه عبور می‌کند.

در مزارع آبیاری‌شده با شرایط پایدار با مدیریت عادی آبیاری، غلظت نمک موجود در آب خاک، صرف‌نظر از کسر آبشویی (LF)^۳، کسر آب نفوذی عبوری از میان منطقه ریشه، اساساً در نزدیکی سطح خاک یکنواخت است. اما این میزان شوری در عمق، با کاهش LF، افزایش پیدا می‌کند. به‌طور مشابه، میانگین شوری منطقه ریشه با کاهش LF افزایش می‌یابد؛ هنگامی که میزان تحمل شوری از حدش فراتر رود، بازده محصول کاهش می‌یابد.

1- Furrow-irrigated
2- Leaching Requirement
3- Leaching Fraction

روش‌های محاسبه الزامات آبخوئی و پیش‌بینی تلفات بازده محصول ناشی از اثرات شوری، در متون و کتابچه راهنمای کاربردی برای مطالعه بیشتر ذکر شده است. هنگامی که محلول خاک به حداکثر سطح شوری سازگار با سامانه کشت رسیده باشد، بهتر است حداقل مقدار نمک مازاد توسط آبیاری‌های اضافی از منطقه ریشه حذف شود. این فرایند «حفظ تعادل نمک» نام دارد.

سطح میانگین زمانی^۱ شوری منطقه ریشه، تحت تأثیر درجه‌ای است که آب خاک در فاصله بین آبیاری‌ها و همچنین کسر آبخوئی خالی می‌شود. چنانچه زمان بین آبیاری‌ها افزایش یابد، میزان آب خاک کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که خاک خشک می‌شود و پتانسیل‌های ماتریکی^۲ و اسمزی آب خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه نمک‌ها در حجم آب کاهش‌یافته تجمع پیدا می‌کنند. جذب آب و بازده محصول بسیار وابسته به زمان و عمق متوسط کل آب بالقوه خاک، یعنی ماتریکی و اسمزی، است. این دلالت بر این دارد که:

– برای به‌حداقل‌رساندن اثرات مضر آبیاری با آب شور، می‌توان از روش‌هایی نظیر آبیاری قطره‌ای که در آن تنش‌های ماتریکی به حداقل می‌رسد، استفاده کرد؛ و

– برای به‌حداقل‌رساندن تجمع (از این‌رو اثرات مضر) میزان زیادی از شوری در منطقه ریشه، می‌توان کسر آبخوئی را به‌کار برد.

درجه شورشدگی نیم‌رخ خاک، نیز توابعی از نحوه استفاده از آب و همچنین کسر آبخوئی است. به‌طور کلی نمک بیشتری به ازای هر واحد آبخوئی در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری غرقابی حذف می‌شود. بنابراین، در شرایط یکسان، شوری آب به‌کار رفته در آبیاری بارانی تا اندازه‌های بیشتر از شوری آب در آبیاری غرقابی یا شیاری با درجه قابل مقایسه‌ای از محصول‌دهی خوب بوده؛ در صورتی که از سوختن برگ‌ها جلوگیری شود.

توزیع نمک‌ها در خاک همچنین تحت تأثیر شکل بستر بذرپاشی^۳ است. در آبیاری شیاری، نمک‌ها تمایل به تجمع مقدار زیاد در نواحی خاصی از بستر بذرپاشی دارند. بستر بذرپاشی و شکل شیاری را می‌توان طوری طراحی کرد که این مشکلات به حداقل برسد. از راهبردهای قرار دادن بذر و آبیاری سطحی (برای مثال شیاری تناوبی، عمق آب در شیاریها و مانده این‌ها) می‌توان برای بهینه‌کردن استقرار گیاه در شرایط شور استفاده کرد. آبیاری بارانی می‌تواند در آبخوئی شوری بیش از حد از خاک رویی موثر باشد. از این رو یک محیط کم‌شور مطلوب در لایه بالایی خاک ایجاد می‌شود که برای ابقاء و پایداری نهال حساس به نمک لازم است. در آبیاری قطره‌ای، به‌طور معمول میزان نمک در خاکی که درست در پایین و در مجاورت با روزنه‌ها است کمترین مقدار را داشته و در حاشیه منطقه مرطوب بالاترین مقدار را دارد. حذف نمک تجمع‌یافته در اطراف منطقه مرطوب، بهتر است در بلندمدت مورد ملاحظه قرار گیرد.

۶-۲-۵-۲-۶ استفاده هم‌زمان از آب‌هایی با کیفیت‌های متفاوت

برای کاهش اثرات نمک‌ها می‌توان فاضلاب تصفیه‌شده را به‌همراه آب‌های دیگر استفاده کرد. باین‌حال، قبل از روی آوردن به امکان استفاده از راهبردهای رقیق‌سازی بیان‌شده در زیر، بهتر است اولویت، بهبود کیفیت

1- The time-averaged level

2- Matric

3- Seedbed shape

فاضلاب تصفیه شده با کاهش میزان نمک در طی تولید فاضلاب باشد [20].
اختلاط^۱: مخلوط کردن فاضلاب تصفیه شده (یا آب شور) و آب غیرشور می تواند منجر به آب ترکیبی مناسب جهت آبیاری شود. اتخاذ این راهبرد به این معنی است که دو فرایند مخلوط کردن؛ اختلاط شبکه یا اختلاط خاک امکان پذیر است. اختلاط شبکه بدان معنی است که منابع آب در سامانه انتقال آبیاری مخلوط می شوند. اختلاط خاک بدان معنی است که دو آب با دو کیفیت مختلف، به طور متناوب در آبیاری استفاده می شوند و خاک به عنوان واسطه یا نقش میانی مخلوط کردن عمل می کند.

چرخش آب^۲: در زمان آبیاری محصولات مقاوم به شوری یا هنگام آبیاری محصول حساس به نمک در طول مرحله رشد با تحمل بالا در برابر نمک، از آب با شوری بالاتر (فاضلاب تصفیه شده) به صورت چرخشی استفاده کنید. آب با شوری کمتر در تمام زمان های دیگر رشد استفاده می شود.
هشدار- در هر دو راهبرد بالا احتمال این که فاضلاب تصفیه شده در دیگر سامانه های تامین آب نفوذ کند و متعاقباً ریسک سلامت رخ دهد، وجود دارد؛ به خصوص اگر یکی از سامانه ها جزء منابع آب آشامیدنی باشد یا به یک سامانه آب آشامیدنی متصل باشد. ایجاد یک جداسازی مکانیکی، نظیر فاصله هوایی، بین هر سامانه آب غیرقابل شرب و سامانه آب آشامیدنی باعث اجتناب از این ریسک ها می شود. یک راهکار هم، ریختن آب آشامیدنی در یک مخزن جداگانه و سپس پمپاژ آن به سامانه آبیاری با فاضلاب تصفیه شده است.

۳-۶ اثرات بر منابع آب

۱-۳-۶ کلیات

توصیه می شود سامانه های آبیاری با فاضلاب تصفیه شده در مناطقی که از نظر آب زمین شناختی آسیب پذیرند، (به دلیل ریسک بالای نفوذ و تراوش به آب سطحی) و مناطقی که آب سطحی یا آب زیرزمینی برای سامانه های آب آشامیدنی فراهم می کنند، در نظر گرفته نشوند. با توجه به ترکیب گیاهی یا نشتی احتمالی خطوط لوله انتقال فاضلاب تصفیه شده و سامانه توزیع به مزارع آبیاری شده، نشت های فاضلاب تصفیه شده می تواند به آب آبخوان یا آب سطحی برسد و آن را آلوده کند. آلاینده های فاضلاب تصفیه شده می توانند از طریق خود آبیاری به این منابع آب آشامیدنی برسند، بنابراین بهتر است از آبیاری در نزدیکی چاه های آب آشامیدنی و آب سطحی جلوگیری شود.

برای جلوگیری از این ریسک، بهتر است تا خطوط اصلی انتقال فاضلاب تصفیه شده را از منابع آب آشامیدنی (چاه ها) جدا کرد؛ تا اطمینان حاصل شود که میزان فاضلاب تصفیه شده به داخل چاه ها سرازیر نمی شوند و فاضلاب تصفیه شده نشت یافته به خاک، برای رسیدن به چاه حداقل دو بیست روز سپری کرده باشد (زمانی که طی آن نابودی آلاینده های بیماری زا رخ خواهد داد).

فاصله بین قطعات آبیاری شده تا چاه باید به اندازه ای باشد که زمان رسیدن فاضلاب تصفیه شده به چاه حداقل پنجاه روز طول بکشد، زیرا تنها بخش بسیار کمی از فاضلاب تصفیه شده آبیاری شده به

1- Blending
2- Cycling

عمق خاک نفوذ کرده و از طریق فیلتراسیون موثر از مسیر خاک عبور می‌کند و بیشتر عوامل بیماری‌زا را از بین می‌برد. اقدامات مدیریتی مناسب برای حفاظت از منابع آب آشامیدنی در زیربند 6.6 استاندارد ISO 16075-3، ارائه شده است.

اثرات غلظت مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده بر منابع آب، دو ریسک اصلی را به دنبال دارد:

الف- آبشویی فسفر در خاک‌های اسیدی مانند آبشویی نیتروژن در تمام خاک‌ها به درون آب زیرزمینی؛ و

ب- رواناب فسفر از لایه بالایی خاک در خاک‌های با pH بالا به داخل منابع آب سطحی.

هنگامی که نیتروژن و فسفر از فاضلاب حذف می‌شوند، این ریسک‌ها می‌توانند کاهش داده شوند.

بهتر است با توجه به کمبود روزافزون آب شیرین برای کشاورزی، از منابع آب با کیفیت پایین‌تر مواد شیمیایی و بیولوژیکی استفاده کرد. منبع اصلی چنین آبی، آب بازیافتی (یعنی فاضلاب تصفیه‌شده) است. معیارهایی که آبیاری کشاورزی با فاضلاب تصفیه‌شده را ممکن می‌سازد و هم‌زمان خطرات را برای منابع آب طبیعی به حداقل می‌رساند، بهتر است به تفصیل در زیربندهای ۲-۳-۶ تا ۳-۳-۶ در نظر گرفته شود.

۲-۳-۶ اصول حفاظت از منابع آب

الف- برخی از مشکلاتی که بهره‌برداران خاک و آب‌شناختی با آن مواجه هستند، ناهمگونی و تنوع سامانه‌های طبیعی است. در جایی که خاک ناهمگن است، بسیار مشکل است که بتوانیم یک نیمرخ خاک محلی را بپذیریم و از همه مشکل‌تر اینکه آن را به کل مزرعه تعمیم دهیم و به‌طور قطع و یقین یک مزرعه را با مزرعه دیگر مقایسه نمائیم. آزمون‌های جداگانه روی فاضلاب تصفیه‌شده خاص، جهت پایش بر منابع آب و سامانه‌های آبرسانی به لحاظ جلوگیری از آلودگی انجام می‌شود. این استاندارد، حداقل الزامات ضروری برای آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده را پیشنهاد می‌کند. در تمام موارد، بهتر است مطالعه بیشتر آب‌شناختی محلی صورت گیرد؛

ب- این استاندارد، ترکیبی از روش‌های آسان عملی و کاربردی را جهت حفاظت حداکثری از منابع آب با در نظر گرفتن معیارها و روش‌های آزمون ارائه می‌کند؛

پ- این استاندارد راه‌هایی را برای کاهش و حتی جلوگیری از آلودگی آب در نظر گرفته‌شده برای مصارف آشامیدنی با توجه به انواع آلاینده‌های ذکر شده در بالا پیشنهاد می‌کند.

بهتر است پارامترهای کیفیت آب به‌صورت مقادیر حداکثر غلظت مجاز، به‌منظور جلوگیری یا به‌حداقل رساندن آسیب به خاک، محصولات و منابع آب (سطحی یا زیرزمینی) یا خطرات سلامت عمومی بیان شوند.

توصیه می‌شود پارامترهای کیفیت آب به‌صورت زیر طبقه‌بندی شوند:

- پارامترهای زراعی: مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عوامل شوری (مقدار نمک کل، کلرید، بور و غلظت سدیم)؛

- پارامترهای سلامت عمومی: محتوای میکروبی^۱، مواد شیمیایی (به عنوان مثال فلزات سنگین).
- این پارامترها مربوط به اثرات احتمالی هر عامل و همچنین امکان جلوگیری از ورود آلاینده‌ها در هنگام تولید فاضلاب و توانایی حذف آن‌ها در طول دوره تصفیه است.
- این استاندارد، مقادیر راهنما برای غلظت آلاینده‌های غالباً شاخص در هر یک از چهار گروه (مواد مغذی، فلزات سنگین، نمک‌ها و ریزآلاینده‌های آلی) و پارامترهای بیانگر شوری (EC و TDS) را پیشنهاد می‌کند.
- تهیه یک استاندارد بین‌المللی که مقادیر آستانه را برای تمام آلاینده‌های بالقوه موجود در فاضلاب در نظر بگیرد، عملاً غیرممکن است. بنابراین، بهتر است کاربران، سطوحی برای تعدادی از عناصر نماینده، غیر از چهار گروه آلاینده، به همراه توصیف سطح تصفیه تعیین کنند. رعایت این سطوح آستانه در بسیاری از موارد، اطمینان از حفاظت سامانه‌های آب طبیعی را به دنبال دارد. باین‌حال، برای شرایط مرتبط با مکان‌های خاص ممکن است نیاز به تعدیل سطوح باشد؛
- در کاربردهایی که بر اساس مقررات تخلیه فاضلاب تصفیه‌شده مجاز باشد (مانند مجوز تخلیه فاضلاب تصفیه‌شده به یک جریان)، نیازی به مانع فیزیکی نیست؛
- سرعت جریان رواناب‌های سطحی از نظر اندازه، بزرگتر از سرعت جریان‌های زیرزمینی است. در نتیجه، خطر بالقوه آبی را برای منابع آب ایجاد می‌کند. از این رو بهتر است، هدف این باشد که جریان مستقیم فاضلاب تصفیه‌شده به کانال‌های زهکشی در هنگام باران کاهش یابد. بنابراین، طبقه‌بندی خطرات برای منابع آب سطحی، بر اساس تخمین‌های میزانی از فاضلاب تصفیه‌شده است، که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، به سامانه‌های زهکشی سطحی جریان می‌یابند. در جایی که سامانه آبیاری به‌خوبی طراحی شده (تناوب‌های آبیاری مطابق با خواص خاک باشد) تمیزی بین موقعیت‌ها وجود دارد، به‌طوری که هیچ رواناب سطحی در طی آبیاری و بین سامانه‌های آبیاری با کارایی کمتر، قابل انتظار نباشد. باین‌حال، حتی در یک سامانه با طراحی بهینه، رواناب اتفاقی وجود دارد. بنابراین، وضعیت تعریف‌شده با عنوان «بدون هیچ رواناب» شامل جایی است که حجم احتمالی رواناب حاصل از آبیاری نسبت به آب آبیاری کمتر از ۵٪ باشد؛
- اصل برای آلاینده‌های زیرزمینی این است که در منطقه غیراشباع حرکت کنند، اما به آب‌های زیرزمینی نرسند. جذب آلاینده‌ها و نمک‌های اصلی (کاتیون‌ها) و فلزات سنگین در خاک، به‌طور عمده در سطح رس‌ها صورت می‌گیرد. همچنین زمان ماند نیز به‌واسطه ترکیب خاک و به‌طور عمده با میزان رس کنترل می‌شود. بنابراین، بهتر است شاخص اصلی مورد استفاده برای توصیف خاک‌های مناسب آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، میزان رس باشد. میزان رس فقط یک شاخص تقریبی است. به‌منظور توصیف یک پارامتر ساده و قابل اندازه‌گیری، بهتر است از میزان متوسط رس در عمق ۲ m به عنوان شاخص حساسیت محل به آلودگی آب زیرزمینی، استفاده شود.
- پیوست ت، مثال‌هایی از گروه‌های حساس برای حفاظت از آب زیرزمینی ارائه می‌دهد.

۳-۳-۶ مثال‌هایی از گروه‌های حساسیت آب سطحی

بهتر است گروه‌های حساسیت آب سطحی مطابق با میزان جریان آب، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، از آب آبیاری تا سامانه‌های زهکشی منتهی به سامانه‌های آب طبیعی، طبقه‌بندی شوند.

الف- رده بالاترین حساسیت سامانه (I)، جایی است که رواناب سطحی در هنگام آبیاری یا تجمع سطحی ناشی از شستشو در مواقع بارانی به وجود آید. اصولاً بهتر است طراحی صحیح و بهره‌برداری یک سامانه آبیاری، از بروز چنین وضعیتی جلوگیری کند؛

در گروه‌های حساسیت II، III و IV فرض می‌شود که در هنگام آبیاری رواناب سطحی ایجاد نمی‌شود.

ب- گروه II حساسیت شامل سامانه‌هایی است که دارای سامانه زهکشی زیرزمینی کم عمق موثر هستند (در عمق ۸۰ cm یا کمتر) در چنین سامانه‌هایی، بخش قابل‌توجهی از آب آبیاری بلافاصله بعد از اتمام آبیاری به سطح سامانه‌های زهکشی، زهکش می‌شوند.

پ- گروه حساسیت III، شامل سامانه‌های زهکشی عمیق (بیش از ۸۰ cm) است، در جایی که آب آبیاری بعد از نگهداری در زیرزمین، به سامانه‌های زهکشی سطحی، زهکش می‌شود.

ت- گروه حساسیت IV، کمترین حساسیت از منظر آب سطحی، سامانه‌ای است که در تمام موارد، شامل زهکشی زیرزمینی نمی‌شود.

رده‌های II، III و IV بر این فرض استوارند که طراحی و بهره‌برداری سامانه آبیاری از تولید رواناب سطحی مستقیم آب آبیاری جلوگیری کند. مانند آنچه که در رابطه با معیار ریسک آب زیرزمینی مطرح شد، عبور جریان آب از مقطع زیرزمین باعث فیلتراسیون آلاینده‌ها می‌شود. وجود زهکشی موثر زمین، میزان آب خاک را کاهش می‌دهد، اما ممکن است افزایش بارها را برای سامانه‌های آب سطحی به دنبال داشته باشد. در حال حاضر، این استاندارد شامل رواناب سطحی ناشی از بارش که آلاینده‌ها را از لایه بالایی خاک می‌زداید، نمی‌شود.

مثال‌هایی از سطوح ریسک آستانه آلاینده‌ها در فاضلاب تصفیه‌شده، در جدول ت-۱ ذکر شده است.

پیوست الف (آگاهی‌دهنده)

مثال‌هایی از راهکارهای بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده

جدول الف - ۱- مثال‌هایی از راهکارهای بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده

پارامتر	نوع آلودگی	انواع راهکارهای تصفیه
مواد آلی (BOD; COD)	منبع نقطه‌ای	افزایش کنترل و پایش فاضلاب صنعتی. الزامات پیش تصفیه.
نمک‌های محلول	نفوذی	بهبود آب اولیه با استفاده از آب شیرین با شوری پایین یا آب نمک‌زدایی‌شده برای مصارف خانگی و صنعتی.
نمک‌های محلول	منبع نقطه‌ای	تخلیه آب نمک تمیز (بدون ماده آلی یا سایر آلاینده‌ها).
نمک‌های محلول (سدیم - Na)	منبع نقطه‌ای	استفاده کارآمد از مواد پاک‌کننده حاوی سدیم (مانند سود سوزآور - NaOH) یا تغییر به سایر مواد پاک‌کننده (مانند: پتاسیم هیدروکسید KOH)
نمک‌های محلول (بور - B)	نفوذی	تغییر استانداردهای صابون‌ها و مواد شوینده برای استفاده از مواد کم محتوا. کشورهایی که دارای مشکلات غنی‌شدگی ^۱ هستند به جای فسفر، مواد شوینده با بور را ترجیح می‌دهند.
فلزات سنگین	منبع نقطه‌ای	افزایش کنترل و پایش فاضلاب صنعتی. الزامات پیش تصفیه.
مواد دارویی	نفوذی	تشویق مصرف‌کنندگان به حذف منظم داروهای مصرف‌نشده یا تاریخ مصرف گذشته به مراکز جمع‌آوری برای تصفیه متمرکز.
مواد مغذی	منبع نقطه‌ای	افزایش کنترل و پایش فاضلاب صنعتی. الزامات پیش تصفیه.
1- Eutrophication		

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مثال‌هایی از معیارهای اقلیمی و خاک

جدول ب-۱- رده‌بندی اقلیم با استفاده از شاخص خشکی (AI)^[18]

اقلیم	مقدار AI	بارش سالانه	بارندگی متغیر در طی سال	ملاحظات
بسیار خشک	$AI < 0.05$		$< 10\%$	کمبود رطوبت سالانه
خشک	$0.05 < AI < 0.20$	$< 200\text{mm}$	10% تا 50%	
نیمه خشک	$0.20 < AI < 0.50$	$< 800\text{mm}$ (در تابستان) $< 500\text{mm}$ (در زمستان)	25% تا 50%	
خشک نیمه مرطوب	$0.50 < AI < 0.65$	بارندگی فصلی زیاد	$< 25\%$	
مرطوب	$0.65 < AI < 1.00$	بارندگی زیاد	-	
	$1.00 < AI$			مازاد رطوبت سالانه
کوهستانی سرد	-	-	-	خیلی سرد برای رشد محصولات

جدول ب-۲- بررسی اجمالی ریسک‌های مربوط به خاک (اصلاح شده [30])

ریسک‌ها	معیارها	پارامترهای خاک موثر در رفتار خاک‌ها
تحرک آلاینده‌های قابل جذب معدنی	ظرفیت بافری برای آلاینده‌های قابل جذب معدنی (مانند فلزات سنگین)	بافت، مواد آلی و Ph
فرونشست لایه بالایی خاک	فرونشست لایه بالایی خاک	بافت و مواد آلی
شوری خاک‌ها	شوری خاک‌ها	بافت، چگالی ظاهری، عمق منطقه ریشه، عمق خاک، ظرفیت مزرعه، هدایت هیدرولیکی اشباع و نرخ آبشویی
تحرک بور	ظرفیت بافری بور	بافت، مواد آلی و pH
آلودگی آب زیرزمینی	ظرفیت بافری برای مواد غیرقابل جذب (مانند نیترات)	بافت، مواد آلی و pH
تجمع و حرکت فسفر	تجمع و آبشویی فسفر در خاک‌ها	میزان رس و کانی، اکسیدها، مواد آلی و pH

یادآوری- حرکت زیاد فلزات سنگین در خاک‌های اسیدی که خاک‌های متداول در مناطق مرطوب هستند، انتظار می‌رود.

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

مثال‌هایی از حداکثر سطوح مواد مغذی و عوامل شوری در فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری

این سطوح برای آبیاری فصلی مزارع در میزان‌های آبیاری ۵۰۰ mm تا ۶۰۰ mm (۵۰۰۰ m³/ha) تا ۶۰۰۰ m³/ha) و در رابطه با مصرف نیتروژن و فسفر توسط محصولات به‌دست آمده است.

جدول پ-۱- مثالی از حداکثر سطوح مواد مغذی در فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری

پارامتر	واحدها	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار
نیتروژن آمونیومی	mg/l	۲۰	۳۰
نیتروژن کل	mg/l	۲۵	۳۵
فسفر کل	mg/l	۵	۷

جدول پ-۲- مثالی از حداکثر هدایت الکتریکی آب آبیاری مطابق با تحمل گیاه هنگامی که آبیاری به‌وسیله آبیاری بارانی انجام شود (اصلاح شده [29])

تحمل شاخ و برگ محصولات	بیشینه هدایت الکتریکی آب آبیاری (dS/m)
خیلی کم تحمل ^a	۰٫۵
کم تحمل	۱٫۰
تحمل متوسط	۲٫۰
تحمل بالا	۴٫۰
تحمل خیلی بالا	۸٫۰

^a شامل اغلب درختان میوه (مانند مرکبات، سیب، گلابی، آلو، زردآلو، هلو، و مانند این‌ها)، لوبیا و توت فرنگی.

جدول پ-۳- مثالی از تحمل نسبی محصولات منتخب در برابر آسیب شاخ و برگ ناشی از آب شور اعمال شده به وسیله آبیاری بارانی^[29]

غلظت‌هایی از Na^+ یا Cl^- که به شاخ و برگ گیاهان آسیب می‌رساند (mEq/l)			
< ۵	۵ تا ۱۰	۱۰ تا ۲۰	> ۲۰
بادام	انگور	یونجه	گل کلم
زردآلو	فلفل	جو	پنبه
مرکبات	سیب زمینی	ذرت	چغندر قند
آلو	گوجه فرنگی	خیار	آفتابگردان
		گلرنگ	
		کنجد	
		ذرت خوشه‌ای	
یادآوری - $1 \text{ mEq/l Na}^+ = 23 \text{ mg/l Na}^+$ $1 \text{ mEq/l Cl}^- = 35.5 \text{ mg/l Cl}^-$			

جدول پ-۴- اثر ترکیبی هدایت الکتریکی (EC_w) آب آبیاری و نسبت جذب سدیم (SAR) بر احتمال مشکلات (نفوذ) نفوذپذیری آب^[17]

درجه محدودیت استفاده			مشکل بالقوه آبیاری
خیلی شدید	خفیف تا متوسط	ندارد	
هدایت الکتریکی - آب آبیاری (dS/m)			$\text{SAR (mEq/l)}^{1/2}$
< ۰٫۲	۰٫۲ تا ۰٫۷	> ۰٫۷	۰ تا ۳
< ۰٫۳	۰٫۳ تا ۱٫۲	> ۱٫۲	۳ تا ۶
< ۰٫۵	۰٫۵ تا ۱٫۹	> ۱٫۹	۶ تا ۱۲
< ۱٫۳	۱٫۳ تا ۲٫۹	> ۲٫۹	۱۲ تا ۲۰
< ۲٫۹	۲٫۹ تا ۵٫۰	> ۵٫۰	۲۰ تا ۴۰

یادآوری ۱- مشکل نفوذپذیری آب در میان خاک (ناشی از تورم رس و پراکندگی و تخریب خاکدانه) فقط به مقدار SAR خاک (در نتیجه SAR آب) بستگی ندارد، اما بر غلظت نمک‌ها در آب (غلظت الکترولیت) موثر است. هرچه مقدار SAR بیشتر باشد، غلظت الکترولیت مورد نیاز بیشتری برای حفظ شرایط حرکت مناسب آب در خاک نیاز است. بنابراین، هر مقدار SAR در جدول مقدار معادل هدایت الکتریکی را دارد که در آن ممکن است مشکلات نفوذپذیری آب موجود را داشته یا نداشته باشد.

یادآوری ۲- در فاضلاب تصفیه‌شده که در آن مقدار SAR بالا است، به طور کلی غلظت‌های بالای نمک‌ها برای حفظ ثبات ساختار خاک و جلوگیری از مشکلات حرکت آب در خاک وجود دارد. با این وجود، در زمان‌های دوره بارش باران، که در آن SAR خاک در تعادل با SAR در فاضلاب تصفیه‌شده رسیده باشد، در معرض آب باران با حداقل غلظت الکترولیت قرار می‌گیرد. تحت این شرایط، می‌تواند باعث کاهش شدید نفوذپذیری آب به خاک (شدت آن بستگی به سایر خواص خاک دارد) و در نتیجه سبب مشکلات رواناب سطحی و فرسایش شود.

جدول پ-۵- مثالی از حداکثر سطوح عوامل شوری در فاضلاب تصفیه شده مورد استفاده برای آبیاری مطابق با حساسیت محصولات کشاورزی

حساسیت محصولات کشاورزی								واحد	پارامتر
مقاوم		مقاوم متوسط		حساسیت متوسط		حساس			
حداکثر مقدار اندازه گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار اندازه گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار اندازه گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار اندازه گیری شده	میانگین حسابی ماهانه		
۷/۸	۶/۰	۵/۲	۴/۰	۲/۶	۲/۰	۱/۸	۱/۴	dS/m	b, a هدایت الکتریکی
۱۵۰۰	۱۴۰۰	۱۱۰۰	۱۰۰۰	۴۴۰	۴۰۰	۲۸۰	۲۵۰	mg/l	کلرید
۵/۲	۴/۰	۲/۶	۲/۰	۱/۳	۱/۰	۰/۵	۰/۴	mg/l	بور ^c
-	-	-	-	-	-	۲۰۰	۱۵۰	mg/l	سدیم ^d

یادآوری- تحمل گیاهان به شوری در واکنش به غلظت واقعی نمکها در محلول خاک است. در کیفیت مشابهی از آب، غلظت نمکهایی که ریشه گیاه در معرض آنها خواهد بود، نیز به سامانه آبیاری و مدیریت آبیاری (تنسواب آبیاری) بستگی دارد. هر چه میزان آب در خاک کمتر باشد، در بین آبیاریها غلظت نمک بیشتر است. در نتیجه، در سامانه آبیاری قطره‌ای، در جایی که فواصل آبیاری نزدیک به هم هستند، امکان استفاده از آب با غلظت نمک بالاتر در مقایسه با مناطقی که محصولات مشابه دارند اما در سامانه آبیاری (سامانه بارانی یا آبیاری روباز) در جایی که فواصل آبیاری بیشتر است و استفاده بیشتری از آب موجود در خاک برای آبیاری بعدی می باشند، وجود دارد.

^a حساسیت محصولات کشاورزی به شوری اغلب به نسبت غلظت در عصاره اشباع خاک یا در محلول خاک بیان شده است. معنای مقادیر غلظت‌ها در آب آبیاری در خصوص هدایت الکتریکی است که بدین صورت محاسبه می شود: هدایت الکتریکی خاک = $1/5 \times$ هدایت الکتریکی آب، با این فرض که آبشویی جزئی در حدود $0/20$ (۲۰٪) داده شده است.

^b غلظت نمک‌های محلول در آب همچنین می‌تواند برحسب مواد جامد محلول ثابت (FDS)(mg/l) در دمای 55°C بیان شود. ارتباط بین هدایت الکتریکی (EC) و FDS در فرمول زیر بیان شده است:

$$FDS \text{ (mg/l)} \approx EC \text{ (dS/m)} \times 640$$

برای EC بین $0/1$ dS/m و $5/0$ dS/m

$$FDS \text{ (mg/l)} \approx EC \text{ (dS/m)} \times 800$$

برای $EC > 5/0$ dS/m

^c غلظت مشخص شده بور در جدول به بور موجود در آب آبیاری اشاره دارد، با این حال محصولات کشاورزی به بور در محلول خاک، پاسخ می‌دهند. بور عنصری است که می‌تواند توسط خاک رس و مواد آلی در خاک جذب شود. از این رو، عکس‌العمل یک محصول کشاورزی مشابه به بور در آب آبیاری در خاک با میزان متغیر خاک رس متفاوت خواهد بود. به طور کلی، برای غلظت یکسان بور در آب و محصولات کشاورزی مشابه، عکس‌العمل منفی محصولات کشاورزی در خاک با مقدار رس بالاتر به تعویق می‌افتد. این پدیده در نتیجه جذب بالاتر بور در خاک رس و بنابراین جذب بور با غلظت‌های پایین‌تر در محلول خاک توسط گیاه است.

^d در جایی که سدیم وجود دارد و همچنین توسط رس در خاک جذب می‌شود، اثر اصلی روی ساختار و خواص خاک است.

جدول پ-۶- مثالی از مقدار میانگین و مقدار حداکثر عناصر شیمیایی در فاضلاب تصفیه شده

عناصر	میانگین حسابی ماهانه (mg/l)	حداکثر مقدار در یک اندازه گیری منفرد (mg/l)
آلومینیوم	۵	۱۲٫۵
بریلیم	۰٫۱	۰٫۲۵
کادمیوم	۰٫۰۱	۰٫۰۲۵
کروم	۰٫۱	۰٫۲۵
کبالت	۰٫۰۵	۰٫۱۲۵
مس	۰٫۲	۰٫۵
سیانید	۰٫۱	۰٫۲
فلوئورید	۲٫۰	۳٫۰
آهن	۲	۵
سرب	۰٫۱	۰٫۲۵
لیتیم	۲٫۵	۶٫۲۵
منگنز	۰٫۲	۰٫۵
جیوه	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۵
مولیبدن	۰٫۰۱	۰٫۰۲۵
نیکل	۰٫۲	۰٫۵
سلنیوم	۰٫۰۲	۰٫۰۵
وانادیم	۰٫۱	۰٫۲۵
روی	۲	۵

یادآوری- داده های اصلی اصلاح شده از مرجع [17] کتابنامه می باشند.

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

مثالی از گروه‌های حساسیت آب زیرزمینی

ت-۱ کلیات

گروه‌های حساسیت آب‌های زیرزمینی به‌طور عمده مطابق با میزان رس در خاک تعیین می‌شوند. گروه حساسیت چهارم برای مواردی است که هیچ آبخوانی زیر منطقه تحت آبیاری وجود ندارد. برای تعیین میزان رس در خاک، بهتر است آنالیز الک‌کردن ساده در خاک، برای شناسایی هرگونه ذرات رس کمتر از $2\ \mu\text{m}$ انجام شود [16].

ت-۲ گروه حساسیت اول (I)

حساسیت «بالا» با وجود یک آبخوان (یک آبخوان آزاد) زیر منطقه تحت آبیاری و حاوی میزان متوسط رس کمتر از ۱۵٪ در ۲ m بالایی خاک یا آب زیرزمینی در عمق کمتر از ۵ m مشخص می‌شود.

ت-۳ گروه حساسیت دوم (II)

حساسیت «متوسط»، در مناطق بالای آبخوان با عمق بیش از ۵ m از سطح و با میزان متوسط رس از ۱۵٪ تا ۴۰٪ در ۲ m بالایی خاک لحاظ می‌شود.

ت-۴ گروه حساسیت سوم (III)

حساسیت «پایین» در مناطق بالای آبخوان‌ها با عمق بیش از ۵ m و با میزان متوسط رس بیش از ۴۰٪ در ۲ m بالایی خاک، لحاظ می‌شود.

ت-۵ گروه حساسیت چهارم (IV)

حساسیت «صفر» خاص مناطقی است که در آن هیچ آبخوانی در زیر منطقه تحت آبیاری و هیچ تداوم آب‌شناختی برای انتقال آب به آبخوان مجاور وجود ندارد (مانند یک لایه سخت). این مهم است که تاکید شود که در صورت عدم وجود دانش قبلی مشخصی از زمین آب‌شناختی^۱، بهتر است محل را طوری در نظر گرفت مثل اینکه یک آبخوان در زیر سطح وجود دارد (به عبارتی بهتر است استفاده از گروه حساسیت چهارم تنها پس از تجزیه و تحلیل آب‌شناختی کامل انجام شود).

اندازه‌گیری میزان رس بهتر است حداقل در سه مکان از هر هکتار انجام شود (در جایی که منطقه همگن است، به عبارتی هیچ تغییری در خاک وجود ندارد).

جدول ت-۱- مثالی از سطح ریسک آب زیرزمینی و آب سطحی برای توصیف حد آستانه آلاینده‌ها در فاضلاب تصفیه‌شده

میزان نفوذ		بدون نفوذ به آب زیرزمینی	نفوذ کم به آب زیرزمینی	نفوذ متوسط به آب زیرزمینی	نفوذ زیاد به آب زیرزمینی
		I	II	III	IV
حساسیت به آب زیرزمینی	I	آبخوان ^۱ کم عمق یا بدون لایه حفاظتی رس	۱	۲	۳
	II	آبخوان عمیق با لایه حفاظتی رس	۱	۲	۳
	III	آبخوان عمیق با لایه حفاظتی قابل توجهی از خاک رس	۱	۱	۲
	IV	بدون آبخوان با تداوم هیدرولوژیکی مناطق	۱	۱	۲
حساسیت به آب سطحی		۳	۳	۲	۱
		IV	III	II	I
		رواناب سطحی زیاد	رواناب سطحی متوسط	رواناب سطحی کم	بدون رواناب
		رواناب سطحی			
		1- Aquifer			

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال شده در این استاندارد نسبت به استاندارد منبع

ث-۱ بخش‌های اضافه شده

- بند ۱ هدف و دامنه کاربرد، یادآوری‌های ۱ و ۲ اضافه شده است.
- زیربند ۲-۳ کوتاه نوشت، TSS یا کل مواد جامد معلق اضافه شده است.
- منابع [۴]، [۵] و [۶] به کتاب‌نامه اضافه شده است.

ث-۲ بخش‌های حذف شده

- بند ۱ هدف و دامنه کاربرد عبارت « تا به امروز، هیچ شواهدی مبنی بر اثرات نامطلوب بر سلامت انسان یا محیط‌زیست از طریق آبیاری با فاضلاب تصفیه شده یا از طریق مصرف محصولات آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده وجود نداشته است » حذف شده است.
- زیربند ۴-۳-۲-۶ پاراگراف آخر حذف شده است.
- جدول پ-۱ یادآوری حذف شده است.
- در جدول پ-۴ یادآوری ۳ حذف شده است.
- جدول پ-۵ یادآوری‌های ۱ و ۲ حذف شده است.
- جدول پ-۶ یادآوری ۲ حذف شده است.
- پیوست ت زیربند ت-۵ یادآوری حذف شده است.

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۳۸۴: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه برداری- راهنمای استفاده از داده های نمونه برداری برای تصمیم گیری- انطباق با آستانه ها و سیستم های طبقه بندی
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۲۲-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب- نمونه برداری- قسمت ۲۲: طراحی و نصب ایستگاه های پایش کیفیت آب زیرزمینی- راهنما
- [۳] استاندارد ملی ایران شماره ۲۳-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب- نمونه برداری- قسمت ۲۳: نمونه برداری غیر فعال از آب های سطحی- راهنما
- [۴] قانون حفاظت از خاک مصوبه مجلس شورای اسلامی مورخ ۱۳۹۸/۰۳/۰۴
- [۵] حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده های ورودی به آن برای کاربری های مختلف خاک و راهنماهای آن (بر اساس قانون حفاظت از خاک)، سازمان حفاظت محیط زیست
- [۶] استانداردهای خروجی فاضلاب (به استناد ماده ۵ آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب)
- [7] ISO 5667-1, Water quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۱۱: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه برداری- راهنمای طراحی برنامه های نمونه برداری، با استفاده از استاندارد ISO 5667-1: 1980 تدوین شده است.
- [8] ISO 5667-4, Water quality — Sampling — Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب- نمونه برداری- قسمت ۴: نمونه برداری از دریاچه های طبیعی و مصنوعی- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-4: 2016 تدوین شده است.
- [9] ISO 5667-6, Water quality — Sampling — Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۲۲۶۲: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه برداری- آئین کار نمونه برداری از رودخانه ها و نهرها، با استفاده از استاندارد ISO 5667-6: 2005 تدوین شده است.
- [10] ISO 5667-10, Water quality — Sampling — Part 10: Guidance on sampling of waste waters
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۱۱۶۱۱: سال ۱۴۰۰، کیفیت آب- نمونه برداری- قسمت ۱۰: نمونه برداری از فاضلاب- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-10: 2020 تدوین شده است.
- [11] ISO 5667-11, Water quality — Sampling — Part 11: Guidance on sampling of groundwaters
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۸۹، کیفیت آب- نمونه برداری- قسمت ۱۱: راهنمای نمونه برداری از آب های زیرزمینی، با استفاده از استاندارد ISO 5667-11: 2009 تدوین شده است.

- [12] ISO 15175:2018, Soil quality — Characterization of soil related to groundwater protection
- [13] ISO 16075-2, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 2: Development of the project
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۱۸۷۶: سال ۱۴۰۱، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری - قسمت ۲: توسعه پروژه - راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 16075-2: 2020 تدوین شده است.
- [14] ISO 16075-3, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 3: Components of a reuse project for irrigation.
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۱۸۷۶: سال ۱۳۹۵، طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری - قسمت ۳: اجزا طرح استفاده مجدد برای آبیاری - راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 16075-3: 2015 تدوین شده است.
- [15] ISO 16075-4, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 4: Monitoring
- [16] WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater. Excreta and Greywater, 2006.
- [17] Ayers R.S., Westcot D.W. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Food and Agriculture Organization. United Nations, Rome, 1994.
- [18] UNEP World Atlas of Desertification. 1997.
- [19] Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M. 1992. , The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48.
- [20] Hoffman G.J., Rhoades J.D., Letey J. Salinity Management. In: Management of Farm Irrigation Systems. Edited by: G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Solomon. The American Society of Agricultural Engineers, Michigan, US, 1990, pp. 667–715.
- [21] APHA/AWWA/WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st edition, Prepared and Published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington, DC.
- [22] Gee W.G., Or D. 2002. Particle Size Analysis. In Methods of Soil Analysis (J.H. Dane and G. Clark Topp, co-editors). Part 4. Physical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science of America Book Series N°5. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin.
- [23] NP 4434 2005, Reuse of reclaimed urban wastewater for irrigation. Instituto Português da Qualidade. Lisbon (in Portuguese).
- [24] Best Management Practices: Irrigation Management. Agriculture and Agri-Food Canada, rev. ed., 2004.
- [25] Land classification Procedures Manual, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2004. Procedures Manual for the Classification of Land for Irrigation in Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Resource management and Irrigation Division, Irrigation Branch, Lethbridge, Alberta. 77pp + appendices. s. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/irr4437/\\$file/procedures.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/irr4437/$file/procedures.pdf?OpenElement).
- [26] Land Classification Standards Document, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2004. Standards for the Classification of Land for Irrigation in the Province of Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Resource

- management and Irrigation Division, Irrigation Branch, Lethbridge, Alberta. 18pp + [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/irr4436/\\$file/standards.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/irr4436/$file/standards.pdf?OpenElement)
- [27] Alberta Environment Guideline for Municipal Wastewater Irrigation, Alberta Environment. 2000. Guidelines for Municipal Wastewater Irrigation. Alberta Environment, Municipal Program Development Branch, Environmental Sciences Division, Environmental Service. 24pp. <http://environment.gov.ab.ca/info/library/7268.pdf>
- [28] Ultraviolet Disinfection Guidelines for Drinking Water and Water Reuse, Third Edition, August 2012. National Water Research Institute in collaboration with The Water Research Foundation.
- [29] Maas E.V. In: Salt tolerance of plants. The Handbook of Plant Science in Agriculture. (Christie B.R., Press C.R.C., eds.). Boca Raton Florida, 1984.
- [30] Schacht K., Gonster S., Juschke E., Chen Y., Tarchitzky J., Al-Bakri J., Al-Karablieh E., Marchner B., Evaluation of soil sensitivity towards the irrigation with treated wastewater in the Jordan river region. Water. 2011, 3 (4) pp. 1092–1111.
- [31] Allen Richard G. Pereira, Luis S. Raes, Dirk. Smith, Martin. 1998. , Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO - irrigation and drainage, paper 56.
- [32] Berthel R.O, and Izumi, Yutaka. 1989. An evaluation of the Smith-Feddes model. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Geophysics Laboratory, United States Air Force.
- [33] Asano T. Wastewater Reclamation and Reuse. Technomic Publishing, 1998.
- [34] Asano T., Burton F.L., H.L. Leverenz H.L, R. Tsuchihashi, and G. Tchobanoglous. 2007. Water Reuse issues, Technologies, and Applications. Metcalf & Eddy.
- [35] EPA Guidelines for Water Reuse, EPA/600/R-12/618 September 2012.
- [36] Food FAO., and Agriculture Organization of the United Nations, Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production, Water reports 10, by Westcot, D., Rome, 1997.
- [37] FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, Users manual for irrigation with treated wastewater. FAO Regional Office for the Near East, Cairo, Egypt, 2000, 69 p.
- [38] Feigin A., Ravina I., Shalhevet J. Irrigation with Treated Sewage Effluent. Springer-Verlag, 1991.
- [39] Juanico M., Dor I. eds. Hypertrophic Reservoirs for Wastewater Storage and Reuse. Springer, 1999.
- [40] Lazarova V., Bahri A. Water Reuse for Irrigation. CRC Press, Boca Raton, FL, 2004.
- [41] Levy G., Fine P., Bar-Tal A. eds. Use of treated sewage water in agriculture: impacts on crops and soil environment. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2011, pp. 328–50.
- [42] Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M. 1992. , The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48.
- [43] Hoffman G.J., Rhoades J.D., Letey J. Salinity Management. In: Management of Farm Irrigation Systems, (Hoffman G.J., Howell T.A., Solomon K.H., eds.). The American Society of Agricultural Engineers, Michigan, US, 1990, pp. 667–715.

- [44] WHO, 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2 - Wastewater use in agriculture.
- [45] Wallender W.W., Tanji K.K., eds. 2012. MOP 71 2012-JAN-01 Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineering. Manual of Practice (MOP) 71. Second Edition.



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران
۲-۲۱۸۷۶

تجدید نظر اول
۱۴۰۱

INSO
21876-2

1st Revision
2023

Modification of
ISO 16075-2:
2020

استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای
پروژه های آبیاری - قسمت ۲: توسعه پروژه -
راهنما

**Treated wastewater use for irrigation
projects- Part 2: Development of the
project- Guideline**

ICS: 13.060.01; 13.060.30

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، بهروزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس خوراکی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای پروژه های آبیاری - قسمت ۲: توسعه پروژه - راهنما»

رئیس:

جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت الله
(دکتری بهداشت محیط)

سمت و / یا محل اشتغال:

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی
دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

دبیر:

شیرالی، لیلا
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

کارشناس هماهنگی امور تدوین اداره کل استاندارد استان
خوزستان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

استاد، هانی
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - آب سازه های
هیدرولیکی)

کارشناس شرکت آبفای استان خوزستان

انتظاری، صابر
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)

کارشناس بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

بابائی، نادیا
(دکتری مهندسی عمران - مدیریت منابع آب)

کارشناس گروه آب های سطحی دفتر حفاظت و مدیریت زیست
محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست

برغمندی، مرتضی
(کارشناسی مهندسی بهداشت محیط)

کارشناس مسئول پایش آب شرکت آب و فاضلاب استان خراسان
رضوی

تکدستان، افشین
(دکتری مهندسی محیط زیست)

ریاست مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی دانشگاه علوم
پزشکی جندی شاپور اهواز

جهانی بهنمیری، اصغر
(دکتری مهندسی محیط زیست)

رئیس کمیته فنی متناظر INSO/TC 282 و مدیر گروه محیط
زیست و آب های غیر متعارف شرکت مدیریت منابع آب ایران

جوادی، مریم
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

سرپرست و مدیر فنی ایزو ۱۷۰۲۵ شرکت فجر انرژی خلیج
فارس

جاسم پور، لیلا
(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

کارشناس سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی استان
خوزستان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	سمت و/یا محل اشتغال:
جامعی، نازنین (کارشناسی ارشد علوم محیط زیست)	رئیس گروه ارزیابی طرح های توسعه و ساماندهی منابع آب سازمان آب و برق استان خوزستان
حسن زاده، ناهید (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	کارشناس گروه بهداشت آب و فاضلاب وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
خاشعی، مرجان (دکتری آلودگی محیط زیست)	کارشناس مسئول آزمایشگاه محیط زیست اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان
خاکپور، مائده (کارشناسی ارشد محیط زیست)	سرپرست محیط زیست شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران
رئیزی، غلامرضا (کارشناسی ارشد محیط زیست- آب و فاضلاب)	سرپرست مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آب و فاضلاب اهواز
رحمانی ایوریق، بهنام (کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی)	کارشناس گروه خاک دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست
سعادت، سجاد (دکتری محیط زیست- ارزیابی و آمایش سرزمین)	معاون فنی و پردازش سازمان مدیریت پسماند شهرداری اهواز
شیجونی فومنی، ندا (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	دبیر کمیته فنی متناظر INSO/TC 147 و کارشناس پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
شارخی رضایی، شکوفه (دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی- شیمی مواد غذایی)	دبیر کمیته فنی متناظر INSO/TC 282 و کارشناس پژوهشگاه استاندارد- کمیته فنی متناظر بازیافت آب
شقاقی، غلامرضا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران محیط زیست)	رئیس گروه آب و فاضلاب مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
عباس اصل حیزانی، آسیه (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	مسئول فنی شرکت پارس لیان اروند شعبه خرمشهر
عباس اصل حیزانی، زینب (دکتری مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	کارشناس آزمایشگاه شرکت آزما زیست کیمیای اروند

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

فدعی، سمیه	رئیس گروه کنترل کیفیت فاضلاب شرکت آب و فاضلاب استان خوزستان
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	
قبادی نژاد، سپیده	سرپرست برنامه‌ریزی انرژی و تأسیسات شرکت گروه ملی صنعتی فولاد
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	
قربانی، کریم	کارشناس معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی
(دکتری مهندسی آب- آبیاری و زهکشی)	
کجباف والا، غلامرضا	بازنشسته مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان
(کارشناسی ارشد گیاه پزشکی)	
کریمی نژاد، ژاله	رئیس گروه توسعه پایدار و امور فناوری سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان
(دکتری منابع طبیعی و محیط زیست- آلودگی محیط زیست)	
گوشه، محی‌الدین	رئیس بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان
(دکتری خاک‌شناسی- شیمی و حاصلخیزی خاک)	
لویمی، لیلا	سرپرست تصفیه پساب صنعتی کشت و صنعت دعبل خزاعی
(کارشناسی ارشد محیط زیست)	
موسی زاده، هدی	مدیر دفتر محیط‌زیست و کیفیت منابع آب شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی
(دکتری رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی)	
مهرمولائی، فاطمه	رئیس اداره امور هماهنگی تدوین استاندارد اداره کل استاندارد استان خوزستان
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)	
مرادی، شهرام	مدیر مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آبفای استان خوزستان
(دکتری مهندسی علوم آب- مهندسی منابع آب)	
یاقوت نژاد، بتول	مدیر دفتر کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان
(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

یوسفی، مریم

(دکتری مهندسی کشاورزی- آبیاری و زهکشی)

ویراستار:

مهرمولائی، فاطمه

(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

سمت و/ یا محل اشتغال:

نماینده دفتر توسعه نظام‌های فنی، بهره‌برداری و دیسپاچینگ

برقابی شرکت مدیریت منابع آب ایران

رئیس اداره امور هماهنگی تدوین استاندارد اداره کل استاندارد

استان خوزستان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش‌گفتار
ی	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها
۲	۳-۱ کوتاه‌نوشت‌ها
۳	۴ سلامت عمومی و کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده قابل لحاظ
۳	۴-۱ سطوح کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده
۷	۴-۲ کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده برای استفاده در آبیاری
۸	۴-۳ موانع آبیاری فاضلاب تصفیه‌شده
۱۳	۵ جنبه‌های سلامت عمومی آبیاری غرقابی و شیاری با فاضلاب تصفیه‌شده
۱۴	۶ ریسک‌های سلامت عمومی برای ساکنان اطراف
۱۴	۷ جنبه‌های سلامت عمومی آبیاری باغ با آب خاکستری تصفیه‌شده
۱۴	۷-۱ کلیات
۱۴	۷-۲ حفاظت از سلامت عمومی
۱۷	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) تنظیم کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری و موانعی که می‌توان از آن‌ها برای انواع محصولات قابل آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده استفاده کرد
۲۵	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد نسبت به استاندارد منبع
۲۶	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۲: توسعه پروژه- راهنما» که نخستین‌بار در سال ۱۳۹۵ تدوین و منتشر شد، براساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک‌صد و هفتاد و چهارمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد آب و آبفا مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۲۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۱۸۷۶: سال ۱۳۹۵ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ISO 16075- 2: 2020, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects – Part 2: Development of the project

مقدمه

تلاش‌های فزاینده برای کنترل کمبود و آلودگی آب در بسیاری از کشورها، فاضلاب شهری و صنعتی تصفیه‌شده (پساب) را به گزینه‌ای مناسب برای تقویت منابع تأمین آب موجود، تبدیل کرده است، به‌ویژه وقتی که با جایگزین‌هایی مانند نمک‌زدایی یا توسعه منابع آبی جدید با استفاده از سدها و مخازن مقایسه می‌شود. استفاده از پساب، باعث می‌شود با تولید «آب جدید» از فاضلاب شهری و کاهش تخلیه فاضلاب به محیط‌زیست، بسته شدن سیکل چرخه آب در نقطه‌ای نزدیک‌تر به شهرها را ممکن می‌سازد.

یک مفهوم جدید و مهم در استفاده از پساب، رویکرد «متناسب با هدف» است، که مستلزم تولید آب با کیفیت بازیافتی است که نیازهای کاربران نهایی موردنظر را برآورده می‌کند. در شرایطی که آب بازیافتی برای آبیاری استفاده شود، کیفیت آب بازیافتی ایجاب می‌کند که گیاه متناظر و سازگار با آن انتخاب گردد. بنابراین حسب نوع کاربری استفاده از پساب، درجه موردنیاز تصفیه فاضلاب و از طرفی، اطمینان‌پذیری فرایندها و بهره‌برداری تعیین می‌گردند.

فاضلاب تصفیه‌شده (TWW)^۱، (که به آن آب بازیافتی یا آب بازچرخانی نیز گفته می‌شود) می‌تواند برای مقاصد مختلف غیرقابل شرب استفاده شود. کاربردهای غالب برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شامل آبیاری کشاورزی، آبیاری مناظر طبیعی، استفاده پساب در مصارف صنعتی و تغذیه آب زیرزمینی است. کاربردهای جدیدتر و به سرعت در حال رشد برای مصارف مختلف شهری، مصارف تفریحی و محیط‌زیستی و استفاده مستقیم و غیرمستقیم پساب برای شرب است.

آبیاری کشاورزی به احتمال زیاد بزرگ‌ترین مصرف‌کننده پساب با فواید و سهم شناخته‌شده در امنیت غذایی بوده، هست و خواهد ماند. مشخصه بارز بازچرخانی آب شهری، به‌ویژه آبیاری مناظر طبیعی، توسعه سریع بوده و نقش مهمی برای پایداری شهرها در آینده، از جمله کاهش ردپای^۲ انرژی، رفاه انسان و احیای محیط‌زیست، خواهد داشت.

مناسب بودن استفاده از پساب برای یک نوع کاربری خاص، به تناسب و انطباق بین حجم پساب در دسترس، میزان آب موردنیاز آبیاری در طول سال و همچنین به کیفیت آب و الزامات خاص نحوه استفاده از آن بستگی دارد. استفاده از پساب برای آبیاری بسته به کیفیت آب، روش کاربرد پساب برای آبیاری، مشخصات خاک، شرایط اقلیمی و اقدامات زراعی می‌تواند ریسک‌هایی را برای سلامت و محیط‌زیست به‌همراه داشته باشد. در نتیجه، سلامت عمومی و اثرات نامطلوب زراعی و محیط‌زیستی بالقوه به‌عنوان موارد اولویت‌دار در توسعه موفقیت‌آمیز پروژه‌های استفاده از پساب برای آبیاری در نظر گرفته می‌شوند. برای جلوگیری از چنین اثرات نامطلوب بالقوه‌ای، توسعه و به‌کارگیری مجموعه راهنما و دستورالعمل برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده ضروری است.

1- Treated WasteWater

2- Footprint

عوامل اصلی کیفیت آب که مطلوبیت فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری را تعیین می کنند شامل میزان عوامل بیماری زا^۱، شوری، سدیمی بودن، سمیت یونی خاص، غلظت فلزات سنگین، سایر عناصر شیمیایی و مواد مغذی هستند. مقامات صلاحیت دار سلامت محلی مسئول ایجاد مقادیر آستانه کیفیت آب، بسته به مصارف مجاز هستند و همچنین مسئول تعریف اقدامات برای اطمینان از سلامت و حفاظت محیط زیستی با در نظر گرفتن ویژگی های محلی هستند.

از نقطه نظر زراعی، محدودیت اصلی در استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری، از کیفیت آن ناشی می شود. فاضلاب تصفیه شده، برخلاف آبی که برای مصارف خانگی و صنعتی تامین می شود، حاوی غلظت های بالاتری از مواد معدنی معلق و محلول (کل نمک های محلول، سدیم، کلرید، بور، فلزات سنگین) است که می تواند به خاک و محصولات آبیاری شده آسیب برساند. نمک های محلول به وسیله فناوری های متداول تصفیه فاضلاب حذف نمی شوند و مدیریت مناسب، اقدامات زراعی و آبیاری برای جلوگیری یا به حداقل رساندن اثرات منفی بالقوه مدنظر هستند.

حضور مواد مغذی (نیترژن، فسفر و پتاسیم) به دلیل صرفه جویی احتمالی در کودها می تواند به یک مزیت تبدیل شود. با این حال، مقدار مواد مغذی تأمین شده به وسیله فاضلاب تصفیه شده در طول دوره آبیاری لزوماً با نیازهای محصول هماهنگ نیست و قابلیت دسترسی مواد مغذی به حالت های شیمیایی بستگی دارد.

این استاندارد، راهنمایی های لازم درخصوص بهره برداری، پایش و نگهداری مطلوب پروژه های استفاده از پساب در آبیاری نامحدود و محدود محصولات کشاورزی، باغ ها و فضای سبز را که از فاضلاب تصفیه شده استفاده می کنند، از جنبه های بهداشتی، آب شناختی^۲ و محیط زیستی ارائه می نماید. بهتر است کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای عرضه منعکس کننده مصارف احتمالی با توجه به حساسیت محصول (از نظر سلامت و کشاورزی)، منابع آب (حساسیت آب شناختی منطقه پروژه)، خاک و شرایط اقلیمی باشد.

این استاندارد به عوامل دست اندرکار در پروژه های استفاده از پساب برای آبیاری صرف نظر از اندازه، مکان و پیچیدگی اشاره دارد و برای مصارف مورد نظر از فاضلاب تصفیه شده در یک پروژه مشخص قابل اجرا است، حتی اگر چنین مصارفی در نتیجه تغییرات در خود پروژه یا در قوانین قابل اجرا در طول عمر پروژه، تغییر کنند.

عوامل کلیدی در تضمین سلامت، محیط زیست و ایمنی پروژه های استفاده از پساب در آبیاری به شرح زیر می باشند:

- پایش کافی بر کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای اطمینان از عملکردهای سامانه همان طور که برنامه ریزی و طراحی شده است؛
- دستورالعمل های طراحی و نگهداشت سامانه های آبیاری برای اطمینان از بهره برداری مناسب آن ها در بلندمدت؛

1- Pathogen
2- Hydrological

– سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده، روش توزیع، خاک و محصولات موردنظر برای اطمینان از استفاده مناسب از خاک و رشد محصول سالم؛

– سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده و استفاده از آن برای جلوگیری یا به حداقل رساندن آلودگی احتمالی منابع آب زیرزمینی یا سطحی.

طرح‌ریزی این استاندارد، برای جلوگیری از ایجاد استانداردها یا راهنمای خاص سازگار با هر یک از مناطق، کشورها یا سازمان‌ها نبوده است. در صورت انتشار چنین استانداردهایی، توصیه می‌شود برای اطمینان از یکنواختی در بین کل جامعه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، به این استاندارد مراجعه کنید.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۲۱۸۷۶ است. سایر قسمت‌های این استاندارد عبارت است از:

– قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما

– قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری- راهنما

– Part 4: Monitoring

– Part 5: Treated wastewater disinfection and equivalent treatments

استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری -

قسمت ۲: توسعه پروژه - راهنما

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی جهت پوشش دادن به موارد زیر می‌باشد:

- طراحی پروژه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده (TWW) با هدف جلوگیری از ریسک‌های سلامت عمومی افراد در معرض تماس مستقیم یا غیرمستقیم با فاضلاب تصفیه‌شده یا با هر محصولی که با فاضلاب تصفیه‌شده در تماس است؛

- تعیین ویژگی‌ها که به شرح زیر است:

الف - کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده برای اهداف آبیاری؛

ب - انواع محصولات برای آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده؛

پ - ترکیبی از کیفیت‌های فاضلاب تصفیه‌شده و محصولات؛

ت - استفاده از موانع^۱ برای کاهش ریسک‌های ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده؛

ث - ارتباط بین کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده، محصولات آبیاری‌شده و انواع موانع قابل استفاده؛

ج - فاصله بین مناطق آبیاری‌شده با فاضلاب تصفیه‌شده و مناطق مسکونی؛

هیچ کدام از قسمت‌های این استاندارد برای صدور گواهی‌نامه کاربرد ندارد.

یادآوری ۱- هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری، رعایت قانون حفاظت از خاک، حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده‌های ورودی به آن برای کاربردهای مختلف خاک که توسط مرجع ذی‌صلاح قانونی تعیین شده، ضروری است [۲] و [۳].

یادآوری ۲- به منظور لحاظ نمودن کلیه جوانب مرتبط با موضوع استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در مصارف مختلف، استانداردهای خروجی فاضلاب در راستای حفاظت از منابع آب و خاک ملاک عمل قرار گیرد [۴].

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷ : سال ۱۳۹۸، استفاده از پساب- واژه‌نامه
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۱۸۷۶ سال ۱۴۰۱، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷ و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۱۸۷۶ به کار می‌رود^۱:

۱-۳ کوتاه‌نوشت‌ها

عنوان فارسی	عنوان انگلیسی	کوتاه‌نوشت
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی	Biochemical Oxygen Demand	BOD
واحدهای شکل‌گیری کلنی	Colony Forming Units	CFU
اکسیژن‌خواهی شیمیایی	Chemical Oxygen Demand	COD
میکروفیلتراسیون	Microfiltration	MF
نانو فیلتراسیون	Nanofiltration	NF
آب غیرقابل شرب	Non-potable Water	NPW
واحدهای کدورت نفلومتری	Nephelometric Turbidity Units	NTU
کل مواد جامد معلق	Total Suspended Solids	TSS
آب خاکستری تصفیه‌شده	Treated Grey Water	TGW
فاضلاب تصفیه‌شده	Treated Wastewater	TWW
اولترافیلتراسیون	Ultrafiltration	UF
فرابنفش	UltraViolet	UV
فاضلاب	Wastewater	WW
تصفیه‌خانه فاضلاب	Wastewater Treatment Plant	WWTP

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org/ قابل‌دسترس است.

۴ سلامت عمومی و کیفیت فاضلاب تصفیه شده قابل لحاظ

۴-۱ سطوح کیفیت فاضلاب تصفیه شده

بهتر است رده بندی های فاضلاب تصفیه شده (بر مبنای سطوح کیفیت) به واسطه سطوحی از آلاینده های مشخص صورت گیرد و بیشتر به استفاده های بالقوه مختلف و تصفیه فاضلاب متناظر ارتباط خواهد داشت.

بهتر است دو پارامتر اصلی برای کیفیت فاضلاب تصفیه شده در نظر گرفته شود:

۱- مؤلفه های کیفیت که سطح تصفیه فاضلاب در تاسیسات تصفیه را بررسی می کند. این مؤلفه ها شامل مقادیر^۱ BOD و TSS در فاضلاب تصفیه شده می باشند؛

۲- مؤلفه های کیفیت که کیفیت بهداشتی فاضلاب تصفیه شده و ریسک سلامت مرتبط با استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری را بررسی می کند. این مؤلفه ها شامل غلظت باکتری های شاخص و نماتدها^۲ می باشد.

سطوح کیفی فاضلاب تصفیه شده و غلظت مؤلفه های مختلف که براساس آن سطح کیفیت تعیین می شود در جدول ۱ ارائه شده است. این جدول همچنین استفاده های بالقوه مختلف و فاضلاب تصفیه شده مربوط را نشان می دهد.

1- Levels
2- Nematodes

جدول ۱- کیفیت فاضلاب تصفیه شده پیشنهادی مطابق با پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی^a

رده	نوع فاضلاب تصفیه شده	BOD ^{b,j}		TSS		کدورت ^c		کلیفرم های گرماپای ^d		نماتدهای روده ای ^{e,l}		استفاده های بالقوه بدون موانع	تصفیه بالقوه متناظر
		mg/l		mg/l		NTU		۱۰۰ ml /تعداد		l/تعداد تخم انگل			
		میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر		
A	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا ^d	≤ ۵	۱۰	≤ ۵	۱۰	≤ ۳	۶	≤ ۱۰ یا زیر حد مشاهده شده	۱۰۰	-	-	آبیاری نامحدود شهری و آبیاری محصولات خوراکی کشاورزی که خام مصرف می شوند	تصفیه ثانویه ^f فیلتراسیون تماسی یا فیلتراسیون غشایی ^g و گندزدایی ^h
B	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا	≤ ۱۰	۲۰	≤ ۱۰	۲۵	-	-	≤ ۲۰۰	۱۰۰۰	-	-	آبیاری محدود شهری و آبیاری کشاورزی محصولات خوراکی فرآوری شده	تصفیه ثانویه ^f ، فیلتراسیون ^g و گندزدایی ^h
C	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خوب	≤ ۲۰	۳۵	≤ ۳۰	۵۰	-	-	≤ ۱۰۰۰	≤ ۱۰۰۰۰	≤ ۱	-	آبیاری کشاورزی برای محصولات غیرخوراکی	تصفیه ثانویه ^f ، گندزدایی ^h
D	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت متوسط	≤ ۶۰	۱۰۰	≤ ۹۰	۱۴۰	-	-	-	-	≤ ۱	۵	آبیاری محدود محصولات صنعتی و دانه ای ^۱	تصفیه ثانویه ^f یا زلال سازی با نرخ بالا به همراه انعقاد و لخته سازی

رده	نوع فاضلاب تصفیه شده	BOD ^{b,j}		TSS		کدورت ^c		کلیفرم های گرما پای ^d		نماتدهای رودهای ^{e,۱}		استفاده های بالقوه بدون موانع	تصفیه بالقوه متناظر
		mg/l		mg/l		NTU		۱۰۰ ml/تعداد		l/تعداد تخم انگل			
		میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر	% ۹۵	حداکثر	میانگین	حداکثر		
E	فاضلاب تصفیه شده گسترده	≤ ۲۰	۳۵	-	-	-	-	-	-	≤ ۱	۵	آبیاری محدود محصولات صنعتی و دانه ای	برکه های تثبیت و وتلندها ^۲

یادآوری- با هر نوع کیفیت فاضلاب تصفیه شده، استفاده از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالاتر همیشه امکان دارد.

^a حدود توصیه شده بر اساس قوانین و مقررات بین المللی است و برای آب بازیافتی خروجی از تاسیسات تصفیه فاضلاب به کار می رود. پس از ذخیره سازی در مخازن روباز و برای آبیاری پاششی یا محلی، نیاز به فیلتراسیون تکمیلی خواهد بود. تناوب نمونه برداری و محاسبه مقادیر میانگین در استاندارد ISO 16075-4 ارائه شده است.

^b BOD₅ که در آزمون ۵ روزه تعیین می شود.

^c اندازه گیری کدورت می تواند مداوم انجام شود. مقدار میانگین بهتر است براساس یک دوره ۲۴ h باشد. اگر مواد جامد معلق به جای کدورت به کار می روند، توصیه می شود میانگین TSS بیشتر از ۵ mg/l نباشد. اگر فیلتراسیون غشایی برای تصفیه به کار می رود، توصیه می شود کدورت بیشتر از ۰/۲ NTU نباشد.

^d وجود مقدار کلر باقیمانده بین ۰/۲ mg/l تا ۱ mg/l قابل اندازه گیری بعد از ۳۰ min زمان تماس، برای فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا یا خیلی بالا ضروری می باشد اگر سایر روش ها برای گندزدایی استفاده شود، بهتر است آن ها نیز پایش شوند.

^e اگر تعداد تخم های کرم در فاضلاب تصفیه نشده همواره کمتر از ۱۰ /l تخم انگل باشد، نیازی به پایش مستمر نماتدهای روده ای (تخم های کرم) نیست.

^f تصفیه ثانویه شامل لجن فعال، فیلترهای چکنده^۳، تماس دهنده های بیولوژیکی چرخان^۴، فیلترهای زیستی^۵، راکتورهای زیستی^۶، راکتورهای ناپیوسته متوالی^۷ و غیره می باشد.

^g فیلتراسیون شامل آشغال گیرهای با منافذ ریز^۸، فیلتراسیون کاتریج^۹، فیلتراسیون شنی با نرخ بالا^{۱۰}، فیلترهای دو بستره^{۱۱}، فیلترهای پارچه ای^{۱۲} و فیلترهای دیسکی^{۱۳} بدون یا با افزودن مواد شیمیایی (فیلتراسیون تماسی) و نیز فرایندهای غشایی نظیر راکتورهای زیستی غشایی^{۱۴} است.

^h گندزدایی شامل تابش UV، ازن زنی، کلرزنی یا دیگر فرایندهای شیمیایی، فیزیکی شیمیایی یا غشایی است.

ⁱ زلال سازی با نرخ بالا شامل انعقاد، لخته سازی و ته نشینی لایه ای است.

^j سامانه های برکه ای تثبیت خوب طراحی شده، می توانند محدودیت های کلیفرم را بدون گندزدایی تکمیلی برآورده کنند. مقادیر BOD، محلول درنظر گرفته می شود.

^k پارامترهای فیزیکی- شیمیایی (BOD، TSS) را می توان مطابق با قوانین محلی تصفیه فاضلاب با افزودن احتمالی COD تنظیم کرد.

^l اگر ریسک ذرات معلق در هوا وجود داشته باشد، گونه های لژیونلا برای گلخانه ها بهتر است کمتر از ۱۰۰۰ CFU/l باشد.

- 1- Seeded crops
- 2- Wetlands
- 3- Trickling filters
- 4- Rotating biological contactors
- 5- Biofilters

رده	نوع فاضلاب تصفیه شده	BOD ^{b,j}		TSS		کدورت ^c		کلیفرم های گرما پای ^d		نماتدهای روده ای ^{e,l}		استفاده های بالقوه بدون موانع	تصفیه بالقوه متناظر
		mg/l		mg/l		NTU		تعداد /۱۰۰ ml		تعداد تخم انگل			
		حداکثر	میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر	٪ ۹۵	حداکثر	میانگین		
6- Bioreactors													
7- Sequence batch reactor													
8- Microscreening													
9- Cartridge filtration													
10- High rate sand filtration													
11- Dual media filtration													
12- Cloth filters													
13- Disc filters													
14- Membrane bioreactors													

۲-۴ کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای استفاده در آبیاری

بهتر است در استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای هر نوع آبیاری، محدودیت‌هایی اعمال شود. الزامات اساسی برای کیفیت‌های فاضلاب تصفیه شده مورد نیاز برای هر نوع استفاده از فاضلاب تصفیه شده در زیربندهای ۱-۲-۴ تا ۲-۲-۴ شرح داده شده است. کیفیت فاضلاب تصفیه شده تنها پارامتری نیست که بتواند سلامت مصرف‌کنندگان محصول آبیاری شده را تضمین کند. راه‌های دیگری برای حذف عوامل بیماری‌زا و/یا جلوگیری از انتقال آن‌ها توسط سبزیجات یا میوه‌ها وجود دارد. همچنین برخی از ویژگی‌های سبزیجات و میوه‌ها وجود دارد که می‌تواند از سرایت عوامل بیماری‌زا از فاضلاب تصفیه شده به قسمت خوراکی میوه یا سبزی جلوگیری کند. با در نظر گرفتن چنین ویژگی‌هایی (که بعداً به عنوان موانع تعریف می‌شوند) از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت پایین‌تر نیز می‌توان برای آبیاری محصولات خوراکی استفاده کرد.

۱-۲-۴ مصارف کشاورزی

الف - برای آبیاری نامحدود، بهتر است فقط از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بسیار بالا استفاده شود. با توجه به ریسک سلامت، گندزدایی کردن تمام فاضلاب تصفیه شده که برای آبیاری انواع سبزیجات خام مصرف می‌شود، بسیار مهم است.

سامانه گندزدایی فاضلاب تصفیه شده مورد استفاده در آبیاری سبزیجاتی که خام مصرف می‌شود در هنگامی که به سامانه بهره‌برداری خط انتقال و توزیع فاضلاب تصفیه شده متصل است، بهتر است شامل کنترل دائم فرایند گندزدایی با پایش داده‌ها، ثبت و ذخیره‌سازی داده‌ها، باشد.

ب - در آبیاری محدود، بسته به نوع محصول آبیاری شده و موانع موجود، همان‌طور که در زیربند ۳-۴ شرح داده شده، می‌توان از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا، بالا، خوب، متوسط یا گسترده استفاده کرد.

۲-۲-۴ مصارف شهری

الف - برای آبیاری باغ‌های عمومی که در آن دسترسی عمومی در هنگام آبیاری محدود می‌باشد، بهتر است فقط از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا یا خیلی بالا استفاده شود.

ب - برای آبیاری باغ‌های عمومی که در آن دسترسی عمومی در هنگام آبیاری محدود نشده است، بهتر است فقط از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا استفاده شود.

پ - برای آبیاری باغ‌های خصوصی بهتر است فقط از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا استفاده شود.

ت - برای آبیاری مناطق عمومی بدون دسترسی عمومی (جزایر ترافیکی^۱، کنار جاده‌ها و معابر)، بهتر است از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا استفاده شود.

۱- جزایر ترافیکی، بلندی وسط خیابان مخصوص توقف افراد پیاده می‌باشد.

یادآوری- پایش شرایط آبیاری در باغ‌های خصوصی می‌تواند محدود باشد. اتصال غیرمجاز^۱ لوله فاضلاب تصفیه‌شده به لوله آب آشامیدنی می‌تواند سلامت عمومی را به خطر بیندازد.

۳-۴ موانع آبیاری فاضلاب تصفیه‌شده

۱-۳-۴ کلیات

به‌منظور بسط و گسترش گروهی از محصولات قابل آبیاری با کیفیت‌های مختلف فاضلاب تصفیه‌شده، مفهوم ایجاد موانع توسعه یافته است. موانع، روش‌هایی برای به‌حداقل رساندن احتمال سرایت عوامل بیماری‌زا از فاضلاب تصفیه‌شده به انواع سبزیجات یا بلع توسط مصرف‌کنندگان هستند. موانع آبیاری از تماس بین عوامل بیماری‌زا در فاضلاب تصفیه‌شده با افرادی که محصولات خوراکی آبیاری‌شده را مصرف کرده یا افرادی که ممکن است ذرات معلق تولیدشده در هوا را در هنگام آبیاری استنشاق کنند، جلوگیری می‌کند.

بهتر است موانع شامل موارد زیر باشد:

الف - گندزدایی فاضلاب تصفیه‌شده؛

ب - جداسازی فیزیکی مناسب فاضلاب تصفیه‌شده و انواع سبزیجات یا میوه‌ها؛

پ - قرار دادن یک مانع فیزیکی (مانند ورق پوششی مقاوم در برابر خورشید) بین فاضلاب تصفیه‌شده و میوه‌ها؛

ت - استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به طوری که آب نتواند توسط خاصیت موئینگی به سطح زمین برسد؛

ث - آبیاری در زیر شاخ‌وبرگ زمانی که میوه در فاصله مناسبی از فاضلاب تصفیه‌شده قرار دارد؛

ج - توقف آبیاری پیش از برداشت محصول که اجازه دهد تا عوامل بیماری‌زا از بین بروند.

مشخصه‌های محصولاتی که از بلعیده‌شدن عوامل بیماری‌زا توسط مصرف‌کننده جلوگیری می‌کند، بهتر است شامل موارد زیر باشد:

الف - میوه با پوست غیرقابل خوردن (مانند مرکبات، موز و دانه‌های آجیلی)؛

ب - محصولاتی که همیشه قبل از مصرف پخته می‌شوند (مانند سیب‌زمینی)؛

پ - میوه و غلات و حبوبات تحت فرآوری با حرارت بسیار بالا قبل از بلع (مانند گندم).

۲-۳-۴ انواع موانع

انواع موانعی که بهتر است در پروژه‌های فاضلاب تصفیه‌شده مورد توجه قرار گیرند، در جدول ۲ ارائه شده است.

سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (مطرح‌شده به‌عنوان ۲ موانع) بهتر است به شکلی طراحی و اجرا شوند

1- Accidental connection

که آب به سطح نرسد (تشخیص حوضچه‌های آب روی سطح بهتر است سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را فاقد شرایط لازم به‌عنوان یک مانع برای سال‌های بعدی دانست).
موانعی که در اینجا مطرح می‌شوند، بهتر است فقط زمانی در نظر گرفته شوند که واقعا موجود باشند.
به‌عنوان مثال، اگر مانع مربوط به محصولاتی باشد که ۲۵ cm یا بیشتر از سطح زمین رشد می‌کنند، این مانع در مورد محصولاتی که میوه‌های آن‌ها روی زمین افتاده اعمال نخواهد شد.

۳-۳-۴ محصولات برای آبیاری بدون محدودیت

محصولاتی که به‌واسطه روش کشت، در تماس با عموم مردم نباشند یا از بقایای ریزاندامگان^۱ در خود محافظت شوند، قابلیت آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده با همه رده‌های کیفی فاضلاب تصفیه‌شده بدون استفاده از موانع را دارند. در ادامه بخشی از فهرست این محصولات آمده است:

- محصولات صنعتی (مانند کتان)؛
- میوه‌های خشک‌شده با نور خورشید، اگر حداقل شصت روز پس از آخرین آبیاری، برداشت شوند (به‌عنوان مثال آفتابگردان، ذرت خوراکی، ذرت، نخود و گندم)؛
- محصولات آبیاری‌شده دانه‌های خوراکی یا بذرهای کاشت که به مدت سی روز قبل از برداشت، آبیاری نشده باشند؛
- بیشه یا پوشش گیاهی بدون دسترسی عمومی؛
- چمن یا مرتع که جهت استفاده بعدی برای چمن‌خانگی در نظر گرفته نشده باشد و در هنگام کشت دسترسی عمومی به آن وجود نداشته باشد؛
- محصولات مورد استفاده در صنعت انرژی و الیاف.

۴-۳-۴ موانع در آبیاری باغ‌های عمومی

بهتر است آبیاری در زمانی که عموم مردم وارد باغ نمی‌شوند، (به‌عنوان مثال خرید و فروش کنار جاده‌ای)، به‌عنوان دو «مانع» در نظر گرفته شود.

۵-۳-۴ موانع در آبیاری محصولات علوفه‌ای

- الف- حداقل یک فاصله زمانی ۲۴ h بین آخرین آبیاری و ورود حیوانات به مزرعه؛
- ب- خشک کردن محصولات علوفه‌ای با استفاده از نور خورشید.

۴-۳-۶ موانع قابل کاربرد که ممکن است استفاده شود

در جدول ۲ انواع موانع مورد استفاده در آبیاری با فاضلاب تصفیه شده، به عنوان اقدامات حفاظت از سلامت توصیف شده است.

جدول ۲- انواع پیشنهادی موانع و تعداد قابل قبول آن‌ها

نوع مانع	کاربرد	کاهش عوامل بیماری‌زا (واحد های لگاریتمی)	تعداد موانع
آبیاری محصولات خوراکی			
آبیاری قطره‌ای	آبیاری قطره‌ای محصولات با رشد کم، نظیر ۲۵ cm یا بیشتر از سطح زمین	۲	۱
	آبیاری قطره‌ای محصولات با رشد زیاد، نظیر ۵۰ cm یا بیشتر از سطح زمین	۴	۲
	آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در جایی که آب نتواند توسط خاصیت موئینگی به سطح زمین برسد	۶	۳
آبیاری بارانی و پاششی	آبیاری بارانی و خُرد آب‌پاش محصولات با رشد کم، نظیر ۲۵ cm یا بیشتر از فواره آب	۲	۱
	آبیاری بارانی و خُرد آب‌پاش درختان میوه نظیر ۵۰ cm یا بیشتر از فواره آب	۴	۲
گندزدایی تکمیلی در مزرعه	گندزدایی سطح پایین ^{a۱}	۲	۱
	گندزدایی سطح بالا ^{b۲}	۴	۲
ورق پوششی مقاوم در برابر خورشید	در آبیاری قطره‌ای، جایی که در آن ورق، آبیاری را از انواع سبزیجات جدا می‌کند	۲ تا ۴	۱
از بین بردن عوامل بیماری‌زا	از بین بردن عوامل بیماری‌زا با توقف یا وقفه در آبیاری پیش از برداشت	۰/۵ تا ۲ در هر روز ^c	۱ تا ۲ ^c
شستن محصول قبل از تحویل به مشتریان	شستن محصولات سالادی، انواع سبزیجات و میوه‌ها با آب آشامیدنی	۱	۱
گندزدایی محصول قبل از تحویل به مشتریان	شستن محصولات سالادی، انواع سبزیجات و میوه‌ها با محلول ضد عفونی کننده ضعیف و شستشو با آب آشامیدنی	۲	۱
پوست کندن محصول	پوست کردن میوه‌ها و محصولات ریشه‌ای	۲	۱
پختن محصول ^d	غوطه‌وری در آب جوش یا در دمای بالا تا زمانی که محصول پخته شود	۶ تا ۷	۳

نوع مانع	کاربرد	کاهش عوامل بیماری‌زا (واحد‌های لگاریتمی)	تعداد موانع
آبیاری محصولات دانه‌ای و علوفه‌ای			
کنترل دسترسی	محدود کردن ورود به مزرعه آبیاری شده به مدت ۲۴ h و بیشتر بعد از آبیاری، برای مثال، ورود حیوانات به مراتع یا ورود کارگران به مزرعه	۰/۵ تا ۲	۱
	محدود کردن ورود به مزرعه آبیاری شده به مدت پنج روز و بیشتر بعد از آبیاری	۲ تا ۴	۲
خشک کردن محصولات علوفه‌ای با استفاده از نور خورشید	محصولات علوفه‌ای و محصولات دیگری که در معرض نور خورشید خشک شده و قبل از مصرف برداشت می‌شوند	۲ تا ۴	۲
آبیاری باغ‌های عمومی			
کنترل دسترسی	آبیاری در شب هنگامی که عموم مردم به پارک‌ها، زمین‌های ورزشی و باغ‌های آبیاری شده وارد نمی‌شوند	۰/۵ تا ۱	۱
	آبیاری در جایی که عموم مردم دسترسی ندارند (خریدوفروش کنار جاده‌ای)	۲ تا ۴	۲
کنترل آبیاری پاششی	آبیاری پاششی در فاصله بیشتر از ۷۰ m از مناطق مسکونی یا مکان‌های با دسترسی عمومی	۱	۱
یادآوری - استفاده از گندزدایی یا فیلتر کردن فاضلاب تصفیه شده از طریق فیلترغشایی مناسب نظیر MF، UF یا NF، عوامل بیماری‌زا، تمام یا بخشی از عوامل بیماری‌زا را از بین خواهد برد یا حذف خواهد کرد. ^a گندزدایی با سطح پایین - کلرزی که کمتر از ۱ mg/l کل کلر را پس از ۳۰ min کلرزی باقی می‌گذارد. ^b گندزدایی با سطح بالا - کلرزی که بیش از ۱ mg/l کل کلر را پس از ۳۰ min کلرزی باقی می‌گذارد. ^c با توجه به محصولات و شرایط آب و هوایی. ^d اگرچه پختن باعث کاهش تعداد عوامل بیماری‌زا می‌شود، اما لازم است در زمان تهیه غذا، آلودگی متقابل ناشی از سبزیجات آلوده در آشپزخانه منازل را در نظر گرفت. 1- Low level disinfection 2- High level disinfection			

۷-۳-۴ موانع موردنیاز برای آبیاری با فاضلاب تصفیه شده مطابق با کیفیت آن‌ها

تعداد موانع برای آبیاری، مطابق با سطح کیفیت فاضلاب تصفیه شده و انواع محصولات در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- تعداد موانع پیشنهادی موردنیاز برای آبیاری با فاضلاب تصفیه شده مطابق با کیفیت آن ها

نوع فاضلاب تصفیه شده	رده	آبیاری باغ های خصوصی و مناظر طبیعی باغ ها با دسترسی عمومی نامحدود	آبیاری باغ ها و مناظر طبیعی با دسترسی عمومی محدود	آبیاری انواع سبزیجاتی که خام مصرف می شوند	آبیاری انواع سبزیجات پس از فرآوری و مراتع	آبیاری سایر محصولات خوراکی به جز انواع سبزیجات (باغ ها و تاکستان ها) و باغداری	آبیاری محصولات علوفه ای و دانه ای	آبیاری محصولات صنعتی انرژی زا در مناطقی که عموم مردم دسترسی ندارند
فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا	A	.	.	.	.	.	.	.
فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا	B	۱	.	۱	.	.	.	.
فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خوب	C	ممنوع	۱	۳	۲	۱	.	.
فاضلاب تصفیه شده با کیفیت متوسط	D	ممنوع	۲	ممنوع	ممنوع	۳	۱	.
فاضلاب تصفیه شده گسترده	E	ممنوع	۲	ممنوع	۲	۲	.	.
فاضلاب خام	-	ممنوع	ممنوع	ممنوع	ممنوع	ممنوع	ممنوع	ممنوع

بهتر است کنترل‌های مرتبط و کارآمد برای اطمینان از انطباق با آبیاری ممنوع برای رده‌های C، D و E انجام شود.

در پیوست الف مثال‌هایی برای محاسبه تعداد و انواع موانع آمده است.

۵ جنبه‌های سلامت عمومی آبیاری غرقابی و شیاری با فاضلاب تصفیه‌شده

آبیاری غرقابی و شیاری با فاضلاب تصفیه‌نشده یا تا حدی فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند عفونت کرمی را (به‌طور عمده کرم آسکاریس) در کشاورزان و خانواده‌های آنان، به‌خصوص در کودکان کمتر از ۱۵ سال افزایش دهد [11]. این آسیب‌ها در اثر تماس مستقیم با فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده در آبیاری، رخ می‌دهند. بنابراین در آبیاری غرقابی و شیاری بهتر است توجه ویژه‌ای به کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده، به‌خصوص غلظت نماتدهای روده‌ای در فاضلاب تصفیه‌شده داشت.

برای مثال، در استانداردهای سازمان بهداشت جهانی که توسط اکثر کشورها پذیرفته شده‌اند، تعداد تخم نماتدهای روده‌ای برای کودکان زیر پانزده سال در معرض فاضلاب تصفیه‌شده، کمتر از ۱/۰۱ تخم انگل در نظر گرفته شده است و اگر کودکان در معرض فاضلاب تصفیه‌شده نباشند، تعداد تخم نماتدهای روده‌ای کمتر از ۱/۱ تخم انگل مجاز شده است.

لازم به ذکر است که ریسک باکتری، ویروس و تک‌یاخته‌ها در آبیاری غرقابی و شیاری همانند سایر روش‌های آبیاری وجود دارد. ریسک ابتلا به کرم در آبیاری ثقلی بیشتر است. سایر اصول سلامت عمومی آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده که در این بخش توضیح داده شده، بهتر است برای شیوه‌های آبیاری غرقابی و شیاری همانند سامانه‌های آبیاری بسته (تحت فشار) باشد.

بهتر است، کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده و مانع انتخابی بر اساس راهبرد مبتنی بر مانع در آبیاری‌های غرقابی و شیاری، همانند آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده در سامانه‌های بسته (تحت فشار)، یکسان باشد (به جدول ۲ مراجعه شود).

از جایی که موانع را فاصله جداسازی بین فاضلاب تصفیه‌شده و میوه‌ها یا انواع سبزیجات در نظر گرفته‌اند، بهتر است آن‌ها را با موانع متداول در آبیاری قطره‌ای مقایسه کرد.

با این حال، بهتر است در سامانه‌های آبیاری غرقابی و شیاری، جایی که محصولات خوراکی به صورت فیزیکی با زمین تماس پیدا می‌کنند، از به‌کارگیری فاضلاب تصفیه‌شده در این مزارع اجتناب شود؛ زیرا ممکن است محصولات خوراکی از تماس مستقیم با فاضلاب تصفیه‌شده به‌دست آمده باشند.

ریسک‌های سلامت عمومی برای کارگران و خانواده‌های آن‌ها به‌طور عمده وابسته به کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده [11]، روش‌ها و تجهیزات مورد استفاده در آبیاری است.

۶ ریسک‌های سلامت عمومی برای ساکنان اطراف

سامانه‌های آبیاری بارانی که تولید ذرات معلق در هوا می‌کنند، می‌توانند باعث ایجاد ریسک‌های بالقوه‌ای برای همسایگان در مناطق تحت آبیاری شوند. ریسک‌های ناشی از ذرات معلق وابسته به کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده و سرعت باد (مسئول انتشار ذرات معلق در هوا در اطراف منطقه تحت آبیاری) است. ریسک‌ها همچنین به مشخصه‌های سامانه آب‌پاش و فشار عملیاتی سامانه (آب‌پاش، اندازه قطرات و غیره) بستگی دارد.

حداقل فاصله بین مناطق تحت آبیاری و مناطق مسکونی با توجه به کیفیت فاضلاب در جدول الف-۲ نشان داده شده است.

۷ جنبه‌های سلامت عمومی آبیاری باغ با آب خاکستری تصفیه‌شده

۱-۷ کلیات

در بیشتر موارد، سامانه‌های آب خاکستری، سامانه‌های کوچکی هستند که از آب خاکستری یک واحد مسکونی یا استفاده از آب تعدادی آپارتمان در یک ساختمان استفاده می‌کنند (تعداد آن‌ها می‌تواند کوچک یا بزرگ باشد). بر این اساس، تأسیسات تصفیه آب خاکستری معمولاً در نزدیکی ساختمان قرار دارد و استفاده از آب خاکستری تصفیه‌شده (TGW) در داخل یا نزدیک خود ساختمان انجام می‌شود.

کاربردهای اصلی آب خاکستری تصفیه‌شده، فلاشینگ^۱ توالت (شستشوی سرویس بهداشتی) در داخل آپارتمان‌ها و/یا آبیاری باغچه است.

یادآوری- از آنجایی که این استاندارد به آبیاری می‌پردازد، استفاده از آب خاکستری برای فلاشینگ توالت مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

۲-۷ حفاظت از سلامت عمومی

حفاظت از سلامت عمومی در استفاده از آب خاکستری تصفیه‌شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا استفاده از این آب در مجاورت ساختمان‌های مسکونی انجام می‌گیرد. باغ‌های تحت آبیاری اغلب برای تفریح و بازی‌های کودکان در نظر گرفته می‌شوند.

باین‌حال، ریسک سلامت عمومی ناشی از آب خاکستری تصفیه‌شده کمتر از ریسک ناشی از فاضلاب تصفیه‌شده است. براساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، غلظت آلاینده‌های بیماری‌زای آب خاکستری به اندازه یک هزارم فاضلاب است [11].

مشخصه‌های ریسک ناشی از آبیاری آب خاکستری تصفیه‌شده برای سلامت عمومی را می‌توان به شرح زیر ارائه کرد:

1- Flushing

– ریسک ایجاد اتصالات ناخواسته^۱ بین سامانه آبیاری آب خاکستری تصفیه شده و سامانه آب آشامیدنی در ساختمان؛

– ریسک پاشیدن آب خاکستری تصفیه شده که متوجه ساکنان ساختمان، به ویژه کودکان می باشد؛

– ریسک نوشیدن آب خاکستری تصفیه شده از وسایل آبیاری توسط کودکان؛ و

– ریسک تماس آب خاکستری تصفیه شده با ساکنان، به ویژه کودکان، از طریق گیاهان مرطوب آبیاری شده با آب خاکستری تصفیه شده.

توصیه می شود اقدامات حفاظت از سلامت عمومی از این ریسک ها جلوگیری کند. بهتر است اقدامات پیشگیری از ریسک شرح داده شده در زیربندهای ۷-۲-۱ تا ۷-۲-۵ رعایت شوند.

۷-۲-۱ حفظ کیفیت بالای آب خاکستری تصفیه شده مورد استفاده برای آبیاری

به منظور حفاظت از سلامت عمومی، بهتر است آب خاکستری تصفیه شده مورد استفاده برای آبیاری باغ مطابق با جدول ۴ از کیفیت بالایی برخوردار باشد.

جدول ۴- کیفیت آب خاکستری تصفیه شده مورد استفاده برای آبیاری باغ

پارامتر	آبیاری بارانی	آبیاری قطره ای	آبیاری قطره ای زیرزمینی	واحدها
باکتری های گرمایی	۱۰	۲۵	کاربرد ندارد	تعداد در ۱۰۰ ml
کدورت	۱۰	۲۵	کاربرد ندارد	NTU
کلر باقی مانده	۱	۰٫۵	کاربرد ندارد	mg l ⁻¹

یادآوری - حداقل تصفیه - فیلتراسیون

۷-۲-۲ جلوگیری از آلودگی شبکه توزیع آب آشامیدنی

بهتر است شبکه توزیع آب آشامیدنی در ساختمان ها، با اطمینان از مطابقت سامانه توزیع آب خاکستری تصفیه شده با زیربند 6.6 استاندارد ISO 16075-3، که شامل حفظ حداقل فاصله بین خطوط لوله آب آشامیدنی و خطوط لوله آب خاکستری تصفیه شده و علامت گذاری مناسب خطوط لوله آبیاری با آب خاکستری تصفیه شده است، در مقابل اتصال ناخواسته محافظت شود.

۷-۲-۳ زمان آبیاری با آب خاکستری تصفیه شده

بهتر است آبیاری با آب خاکستری تصفیه شده فقط زمانی انجام شود که باغ مدنظر خالی از ساکنان باشد، برای مثال در طول شب.

۴-۲-۷ تجهیزات آبیاری با آب خاکستری تصفیه شده

تجهیزات آبیاری در منطقه‌ای که ساکنان به آن دسترسی دارند، بهتر است از نوعی باشد که امکان تماس مستقیم و/یا مصرف آب را نداشته باشند.

بهترین روش برای جلوگیری از تماس با آب خاکستری تصفیه شده، آبیاری قطره‌ای یا آبیاری قطره‌ای زیرزمینی است.

در آبیاری پاششی بهتر است از سرک‌های آبیاری سریع بازشونده^۱ یا شیرهای اطمینان آب سریع بازشونده (که معمولاً به عنوان قطره چکان زهکشی بازشونده نیز شناخته می شود) استفاده شود.

۵-۲-۷ علامت‌ها

بهتر است علامت‌های مناسب برای هشدار به ساکنان برای جلوگیری از تماس با آب در باغ نصب شود.

1- Pop up irrigation heads

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

تنظیم کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری و موانعی که می‌توان از آن‌ها برای انواع محصولات قابل آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده استفاده کرد

الف-۱ مثال‌هایی برای محاسبه تعداد و انواع موانع

در جدول الف-۱ مثال‌هایی از محاسبه تعداد و انواع موانع کاربردی برای هر گروه از محصولات قابل آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده ارائه شده است.

تعداد موانعی که می‌توان برای هر محصول استفاده کرد با جمع‌زدن تعداد موانع اختصاص داده‌شده به هر شکل از مانع یا روش آبیاری قابل اعمال محاسبه می‌شود.

به‌عنوان مثال، برای آبیاری میوه‌های گرمسیری (مثل انبه، خرمالو و آواکادو)، می‌توان یک مانع برای گندزدایی، دو مانع برای آبیاری قطره‌ای، یک مانع برای ورق پوششی مقاوم در برابر خورشید و سه مانع برای آبیاری زیرسطحی قطره‌ای در نظر گرفت و همچنین یک مانع برای پوست غیرقابل خوردن وجود دارد.

بهتر است گندزدایی فاضلاب تصفیه‌شده را یک مانع اجباری برای آبیاری انواع سبزیجاتی که خام مصرف می‌شوند، در نظر گرفت.

با توجه به ریسک سلامت، گندزدایی کردن تمام فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری سبزیجات خام مصرف شده، بسیار مهم است.

سامانه گندزدایی فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده در آبیاری سبزیجاتی که خام مصرف می‌شود در هنگامی که به سامانه بهره‌برداری خط انتقال و توزیع فاضلاب تصفیه‌شده متصل است، بهتر است شامل کنترل دائم فرایند گندزدایی با پایش داده‌ها، ثبت و ذخیره‌سازی داده‌ها باشد.

در جایی که برای محصولات، آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده گسترده مجاز باشد، تعداد موانع مورد نیاز، به زمان ماند فاضلاب تصفیه‌شده در برکه بستگی دارد. برای فاضلاب تصفیه‌شده از برکه اکسیداسیون با زمان ماند ده روز، سه مانع نیاز است. برای فاضلاب تصفیه‌شده از برکه اکسیداسیون با زمان ماند پانزده روز، دو مانع نیاز است.

فاصله ۵۰ cm هوای پاک بین آبیاری قطره‌ای و میوه و سبزیجات را می‌توان به‌عنوان دو مانع در نظر گرفت.

فاصله ۲۵ cm تا ۵۰ cm هوای پاک بین آبیاری قطره‌ای و میوه و انواع سبزیجات می‌تواند به‌عنوان یک مانع در نظر گرفته شود.

در هنگام آبیاری پاششی مزرعه (یا آبپاش‌ها، در زیر سایبان)، به دلیل وجود ذرات معلق در هوا، بهتر است فاصله از ارتفاعی که پساب‌های پاششی به آن می‌رسند محاسبه شود و تنها به عنوان یک مانع در نظر گرفته شود.

بهتر است خشک شدن طولانی مدت قسمت خوراکی محصول در هوا با توجه به نوع محصول و شرایط آب‌وهوایی به عنوان ۱ تا ۲ مانع در نظر گرفته شود.

جدول الف ۱- مثال هایی از چگونگی محاسبه تعداد و نوع موانع

نوع مانع (و تعداد مانع‌های نسبت داده‌شده)								مثالی از محصولات	تعداد موانع موردنیاز (به جدول ۳ مراجعه شود)				
خشک شدن طولانی مدت در هوا	نیاز به پختن	پوست غیرقابل خوردن	شستن یا گندزدایی محصول	سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	ورق پوششی مقاوم در برابر خورشید	فاصله از سامانه آبیاری قطره‌ای با استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده	فاضلاب تصفیه‌شده با گندزدایی تکمیلی در مزرعه		فاضلاب تصفیه‌شده گسترده (E)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت متوسط (D)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خوب (C)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت بالا (B)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خیلی بالا (A)
			۲-۱	۳	۱		۲-۱	محصولات خوراکی که خام مصرف می‌شوند و بالای زمین رشد می‌کنند و بخش خوردنی آن‌ها حداکثر ۲۵ cm بالاتر از سطح خاک است (فلفل، گوجه‌فرنگی، خیار، کدو سبز، لوبیا سبز)			۳	۱	۰
		۱	۲-۱	۲-۱	۱		۲-۱	محصولات خوراکی که خام مصرف می‌شوند و بالای زمین رشد می‌کنند و بخش خوردنی آن‌ها حداقل ۲۵ cm بالاتر از سطح خاک است (ذرت نرسیده)			۳	۱	۰

نوع مانع (و تعداد مانع‌های نسبت داده شده)								مثالی از محصولات	تعداد موانع موردنیاز (به جدول ۳ مراجعه شود)				
خشک شدن طولانی مدت در هوا	نیاز به پختن	پوست غیرقابل خوردن	شستن یا گندزدایی محصول	سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	ورق پوششی مقاوم در برابر خورشید	فاصله از سامانه آبیاری قطره‌ای با استفاده از فاضلاب تصفیه شده	فاضلاب تصفیه شده با گندزدایی تکمیلی در مزرعه		فاضلاب تصفیه شده با کیفیت گسترده (E)	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت متوسط (D)	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خوب (C)	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا (B)	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا (A)
				۳	۱		۲-۱	سبزیجات برگ‌دار که روی سطح خاک رشد کرده و خام مصرف می‌شوند(کاهو، اسفناج، کلم آسیایی، کلم، کرفس)			۳	۱	۰
			۲-۱				۲-۱	محصولات خوراکی که خام مصرف می‌شوند و در خاک رشد می‌کنند(هویج، تربچه، پیازچه)			۳	۱	۰
	۳	۱	۲-۱	۳	۱		۲-۱	محصولات خوراکی که خام مصرف می‌شوند و بالای زمین رشد می‌کنند و بخش خوردنی آن‌ها حداکثر ۲۵ cm بالاتر از سطح خاک است، پخته یا فرآوری شده مصرف می‌شوند (بادمجان، کدو، لوبیا سبز، کنگر فرنگی)	۲		۲	۰	۰

نوع مانع (و تعداد مانع‌های نسبت داده‌شده)								مثالی از محصولات	تعداد موانع موردنیاز (به جدول ۳ مراجعه شود)				
خشک شدن طولانی مدت در هوا	نیاز به پختن	پوست غیرقابل خوردن	شستن یا گندزدایی محصول	سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	ورق پوششی مقاوم در برابر خورشید	فاصله از سامانه آبیاری قطره‌ای با استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده	فاضلاب تصفیه‌شده با گندزدایی تکمیلی در مزرعه		فاضلاب تصفیه‌شده گسترده (E)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت متوسط (D)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خوب (C)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت بالا (B)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خیلی بالا (A)
	۳		۲-۱				۲-۱	محصولات خوراکی که در خاک رشد کرده و پخته مصرف می‌شوند(سیب‌زمینی)	۲		۲	.	.
۲-۱		۱					۲-۱	محصولات خوراکی که در خاک رشد کرده و پس از پوست‌کندن می‌توانند مصرف شوند(بادام‌زمینی)	۲		۲	.	.
۲-۱	۳						۲-۱	محصولات خوراکی که بالای زمین رشد کرده و می‌توانند پس از خشک‌کردن و پختن مصرف شوند(لوبیاخشک و عدس)	۲		۲	.	.
		۱	۲-۱	۳	۱		۲-۱	محصولات خوراکی که در خاک رشد می‌کنند و پس از پوست‌کندن خام مصرف می‌شوند (هندوانه، خربزه، نخود)	۲		۲	.	.

نوع مانع (و تعداد مانع‌های نسبت داده شده)								مثالی از محصولات	تعداد موانع موردنیاز (به جدول ۳ مراجعه شود)				
خشک شدن طولانی مدت در هوا	نیاز به پختن	پوست غیرقابل خوردن	شستن یا گندزدایی محصول	سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	ورق پوششی مقاوم در برابر خورشید	فاصله از سامانه آبیاری قطره‌ای با استفاده از فاضلاب تصفیه شده	فاضلاب تصفیه شده با گندزدایی تکمیلی در مزرعه		فاضلاب تصفیه شده گسترده (E)	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت متوسط (D)	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خوب (C)	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا (B)	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا (A)
		۱		۳	۱	۲	۲-۱	محصولات خوراکی که بالای زمین رشد می‌کنند و بخش خوردنی آن‌ها حداقل ۲۵ cm بالاتر از سطح خاک است و پخته یا فرآوری شده مصرف می‌شوند (ذرت)	۲		۳	۱	۰
۲-۱	۳	۱				۱	۲-۱	محصولات دانه‌ای (غلات و حبوبات) که خشک شده و پخته شده مصرف می‌شوند (گندم، جو دوسر، و برنج)	۰	۱	۰	۰	۰
		۱	۲-۱	۳		۲	۲-۱	میوه‌های باغی با پوست خوراکی (سیب، آلو، گلابی، هلو، زردآلو، خرمالو، گیلاس، مرکبات و خرما)	۲	۳	۱	۰	۰
		۱	۲-۱	۳	۱	۲	۲-۱	میوه‌های باغی که پس از پوست‌کندن مصرف می‌شوند (انبه، آواکادو، پاپایا، انار)	۲	۳	۱	۰	۰

نوع مانع (و تعداد مانع‌های نسبت داده‌شده)								مثالی از محصولات	تعداد موانع موردنیاز (به جدول ۳ مراجعه شود)				
خشک شدن طولانی مدت در هوا	نیاز به پختن	پوست غیر قابل خوردن	شستن یا گندزدایی محصول	سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	ورق پوششی مقاوم در برابر خورشید	فاصله از سامانه آبیاری قطره‌ای با استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده	فاضلاب تصفیه‌شده با گندزدایی تکمیلی در مزرعه		فاضلاب تصفیه‌شده گسترده (E)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت متوسط (D)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خوب (C)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت بالا (B)	فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خیلی بالا (A)
	۳		۲-۱	۳	۱	۲	۲-۱	میوه‌های باغی که پس از فراآوری مصرف می‌شوند (زیتون)	۲	۳	۱	۰	۰
		۱	۲-۱	۳		۲	۲-۱	باغ‌های آجیل (بادام، پسته)	۲	۳	۱	۰	۰
			۲-۱	۳		۲-۱	۲-۱	تاکستان‌ها با داربست	۲	۳	۱	۰	۰
			۲-۱	۳	۱		۲-۱	تاکستان‌های بدون داربست				۲	۰
		۱		۳	۱	۱	۲-۱	گلخانه و باغداری	۲	۳	۱	۰	۰

جدول الف-۲- فاصله بین نوارهای آبیاری شده و مناطق «حفاظت شده» بر طبق کیفیت فاضلاب تصفیه شده و در نظر گرفتن سرعت باد تا ۴ m/s ([10])

فاصله بین منطقه مرطوب ^a و منطقه حفاظت شده ^b		مشخصه های آب پاش			
بدون حفاظ	با حفاظ ^d	بیشینه فشار کاری ^c	شعاع پرتاب		
بدون محدودیت				A	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا
۲۰ m	۵ m	≤ ۳۵۰ kPa	شعاع کم: < ۱۰ m	B	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا
۳۰ m	۱۰ m	≤ ۴۰۰ kPa	شعاع متوسط: ۱۰ m تا ۲۰ m		
۴۰ m	۱۰ m	≤ ۵۵۰ kPa	شعاع بزرگ: > ۲۰ m		
۴۰ m	۱۰ m	≤ ۳۵۰ kPa	شعاع کم: < ۱۰ m	C	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خوب
۵۰ m	۱۵ m	≤ ۴۰۰ kPa	شعاع متوسط: ۱۰ m تا ۲۰ m		
۶۰ m	۲۰ m	≤ ۵۵۰ kPa	شعاع بزرگ: > ۲۰ m		
۵۰ m	۲۰ m	≤ ۳۵۰ kPa	شعاع کم: < ۱۰ m	D,E	فاضلاب تصفیه شده با کیفیت متوسط و گسترده
۶۰ m	۳۰ m	≤ ۴۰۰ kPa	شعاع متوسط: ۱۰ m تا ۲۰ m		
۷۰ m	۴۰ m	≤ ۵۵۰ kPa	شعاع بزرگ: > ۲۰ m		

^a منطقه ای که آب را بدون باد دریافت می کند.

^b اقامتگاه ها، زمین های بازی، باغ ها، جاده ها، باغ های عمومی (زمین های ورزشی و غیره) و ساختمان های صنعتی.

^c توصیه می شود که سامانه دارای ابزاری باشد که از بروز فشار بالاتر از حد مشخص شده، جلوگیری کند.

^d درختان دربرگیرنده پرچین یا هر نوع حفاظ ثابت یا متحرک دیگر (دیوارها، شبکه های بادگیر، و غیره) که حداقل ارتفاع آن، حداکثر ارتفاع فواره است.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد نسبت به استاندارد منبع

ب-۱ بخش‌های اضافه‌شده

- بند ۱ هدف و دامنه کاربرد، یادآوری‌های ۱ و ۲ به دلیل ضرورت کاربرد در استاندارد ملی اضافه شده است .

- منابع [۲] ، [۳] و [۴] به کتاب‌نامه اضافه شده است.

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۳۸۴: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه برداری- راهنمای استفاده از داده‌های نمونه برداری برای تصمیم‌گیری- انطباق با آستانه‌ها و سیستم‌های طبقه‌بندی
- [۲] قانون حفاظت از خاک مصوبه مجلس شورای اسلامی مورخ ۱۳۹۸/۰۳/۰۴
- [۳] حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده‌های ورودی به آن برای کاربری‌های مختلف خاک و راهنماهای آن (براساس قانون حفاظت از خاک)، سازمان حفاظت محیط زیست
- [۴] استانداردهای خروجی فاضلاب (به استناد ماده ۵ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب)
- [5] ISO 5667-1, Water quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۱۱: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه برداری- راهنمای طراحی برنامه‌های نمونه برداری، با استفاده از استاندارد ISO 5667-1:1980 تدوین شده است.
- [6] ISO 5667-10, Water quality — Sampling — Part 10: Guidance on sampling of waste waters.
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۱۱-۱۰: سال ۱۴۰۰، کیفیت آب- نمونه برداری- قسمت ۱۰: نمونه برداری از فاضلاب- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-10: 2020 تدوین شده است.
- [7] ISO 5667-11, Water quality — Sampling — Part 11: Guidance on sampling of groundwaters.
- یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۱۱-۱۱: سال ۱۳۸۹، کیفیت آب- نمونه برداری- قسمت ۱۱: راهنمای نمونه برداری از آب‌های زیرزمینی، با استفاده از استاندارد ISO 5667-11:2009 تدوین شده است.
- [8] ISO 16075-4, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 4: Monitoring.
- [9] Molle B., Huet L., Tomas S., Granier J., Dimaiolo P., Rosa C. Caractérisation du risque de dérive et d'évaporation d'une gamme d'asperseurs d'irrigation. Application à la définition des limites d'utilisation de l'aspersion en réutilisation d'eaux usées traitées. Convention ONEMA, 2009, 74 p.
- [10] NP 4434 (2005). Reuse of reclaimed urban wastewater for irrigation. Instituto Português de Qualidade. Lisbon (in Portuguese).
- [11] WHO, 2006, Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater Vol. 4 - Excreta and greywater use in agriculture.
- [12] Asano T. Wastewater Reclamation and Reuse. Technomic Publishing, 1998.
- [13] Asano T., Burton F.L., H.L. Leverenz H.L, R. Tsuchihashi, and G. Tchobanoglous. 2007. Water Reuse issues, Technologies, and Applications. Metcalf & Eddy.
- [14] EPA Guidelines for Water Reuse, EPA/600/R-12/618 September 2012.
- [15] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Water quality for irrigation, Irrigation and Drainage Paper n°29, by Ayers, R. S. and Wescot, D. W., Rome, Italy, 1985.

- [16] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production, Water reports 10, by Westcot, D., Rome, 1997.
- [17] FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, Users manual for irrigation with treated wastewater. FAO Regional Office for the Near East, Cairo, Egypt, 2000, 69 p.
- [18] Feigin A. I. Ravina I., and J. Shalhevet. 1991. Irrigation with Treated Sewage Effluent. SpringerVerlag. Management for Environmental Protection.
- [19] Juanico M., Dor I. eds. Hypertrophic Reservoirs for Wastewater Storage and Reuse. Springer, 1999.
- [20] Lazarova V., Bahri A. Water Reuse for Irrigation. CRC Press, Boca Raton, FL, 2004.
- [21] Maas E.V. In: Salt tolerance of plants. The Handbook of Plant Science in Agriculture. (Christie B.R., Press C.R.C., eds.). Bora Raton Florida, 1984.
- [22] Levy G., Fine P., Bar-Tal A. eds. Use of treated sewage water in agriculture: impacts on crops and soil environment. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2011, pp. 328–50.
- [23] Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M.1992. , The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48.
- [24] Hoffman G.J., Rhoades J.D., Letey J. Salinity Management. In: Management of Farm Irrigation Systems, (Hoffman G.J., Howell T.A., Solomon K.H., eds.). The American Society of Agricultural Engineers, Michigan, US, 1990, pp. 667–715.
- [25] WHO, 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2 - Wastewater use in agriculture.
- [26] Wallender W.W., Tanji K.K., eds. 2012. MOP 71 2012-JAN-01 Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineering. Manual of Practice (MOP) 71. Second Edition.



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۸۷۶-۳

تجدید نظر اول

۱۴۰۲

INSO
21876-3
1st Revision

2024

Modification of
ISO 16075-3: 2021

استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای
پروژه های آبیاری -
قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری -
راهنما

Treated wastewater use for irrigation
projects—
Part 3: Components of a reuse project for
irrigation— Guideline

ICS: 13.060.01; 13.060.30

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، بهروزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس خوراکی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای پروژه های آبیاری - قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری - راهنما»

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس:

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات فناوری های محیط زیست
پژوهشکده علوم پایه پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور
اهواز

جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت الله
(دکتری مهندسی بهداشت محیط)

دبیر:

کارشناس هماهنگی امور تدوین اداره کل استاندارد استان
خوزستان

شیرالی، لیلا

(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

انتظاری، صابر

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)

کارشناس شرکت آزمون سنجش بینا

اکبر زاده، ثریا

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

دبیر کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 297

بینایی حقیقی، آزاده

(کارشناسی ارشد بهداشت محیط)

کارشناس گروه آب های سطحی دفتر حفاظت و مدیریت
زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور

بابائی، نادیا

(دکتری مهندسی عمران - مدیریت منابع آب)

کارشناس مسئول پایش آب شرکت آب و فاضلاب استان خراسان
رضوی

برغمدی، مرتضی

(کارشناسی مهندسی بهداشت محیط)

رئیس مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی دانشگاه علوم
پزشکی جندی شاپور اهواز

تکدستان، افشین

(دکتری مهندسی محیط زیست)

رئیس کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 282 و مدیر گروه
محیط زیست و آب های غیرمتعارف شرکت مدیریت منابع آب
ایران

جهانی بهنمیری، اصغر

(دکتری مهندسی محیط زیست)

سرپرست و مدیر فنی ایزو ۱۷۰۲۵ شرکت فجر انرژی خلیج
فارس

جوادی، مریم

(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	سمت و/یا محل اشتغال:
جامعی، نازنین (کارشناسی ارشد علوم محیط زیست)	رئیس گروه ارزیابی طرح‌های توسعه و ساماندهی منابع آب سازمان آب و برق استان خوزستان
حسن‌زاده، ناهید (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	کارشناس گروه بهداشت آب و فاضلاب وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
حسین‌زاده، وحید (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)	کارشناس مسئول بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب کشور
خاشعی، مرجان (دکتری آلودگی محیط زیست)	کارشناس مسئول آزمایشگاه محیط زیست اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان
خاکپور، مانده (کارشناسی ارشد محیط زیست)	سرپرست محیط زیست شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران
خاور، سیده لیلا (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	رئیس گروه بررسی زیست محیطی فاضلاب‌ها دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور
رضایی، حامد (دکتری خاک‌شناسی- شیمی و حاصلخیزی خاک)	عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
رستمی ایراق، علی (دکتری شیمی تجزیه)	کارشناس دفتر مطالعات و بررسی‌های فنی شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی
روحیان، سحر (کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی)	کارشناس شرکت نوین اندیشان پارس جنوب
رئیمی، غلامرضا (کارشناسی ارشد محیط زیست- آب و فاضلاب)	سرپرست مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آب و فاضلاب اهواز
رحیمی لرکی، همایون (کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مدیریت منابع آب)	کارشناس مرکز پایش و نظارت بر کیفیت شرکت آب و فاضلاب اهواز
رحمانی ایوریق، بهنام (کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی)	کارشناس گروه خاک دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور
زهتاب لطفی، الناز (دکتری شیمی معدنی)	کارشناس برنامه ایمنی آب شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

سعادت، سجاد	معاون فنی و پردازش سازمان مدیریت پسماند شهرداری اهواز
(دکتری مهندسی محیط زیست - ارزیابی و آمایش سرزمین)	
سپهری صادقان، سالومه	عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
(دکتری آبیاری - آبیاری و زهکشی)	
شیخ الاسلامی، زهرا	دبیر کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 224
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)	
شیجونی فومنی، ندا	دبیر کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 147 و کارشناس
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
شقاقی، غلامرضا	رئیس گروه آب و فاضلاب مرکز سلامت محیط و کار وزارت
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)	بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
طیبی، نجمه	کارشناس مکانیک خاک دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و
(کارشناسی ارشد شیمی حاصلخیزی خاک)	خاک وزارت جهاد کشاورزی
عروجی، نغمه	رئیس آزمایشگاه مرکزی شرکت آب و فاضلاب اهواز
(دکتری مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب)	
عباس اصل حیزانی، آسیه	مسئول فنی شرکت پارس لیان ارونند شعبه خرمشهر
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	
عباس اصل حیزانی، زینب	کارشناس آزمایشگاه شرکت آزما زیست کیمیای ارونند
(دکتری مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب)	
فدعمی، سمیه	رییس گروه کنترل کیفیت فاضلاب شرکت آب و فاضلاب استان
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	خوزستان
قبادی نژاد، سپیده	سرپرست برنامه‌ریزی انرژی و تأسیسات شرکت گروه ملی صنعتی
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	فولاد
کریمی، ربابه	کارشناس مسئول آب و خاک اداره کل حفاظت محیط زیست
(کارشناسی ارشد آب و فاضلاب)	استان فارس
کریمی نژاد، ژاله	رئیس گروه توسعه پایدار و امور فناوری سازمان جهاد کشاورزی
(دکتری مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست - آلودگی محیط زیست)	استان خوزستان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

کیانپور، حسین (کارشناسی مهندسی صنایع شیمیایی)	رئیس اداره تصفیه آب و پساب شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی
گوشه، محی الدین (دکتری خاک‌شناسی - شیمی و حاصلخیزی خاک)	رئیس بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان
گلستانی عراقی، سعید (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی - طراحی سازمان‌های دولتی)	کارشناس دفتر تدوین استانداردهای ملی سازمان ملی استاندارد
لویمی، لیلا (کارشناسی ارشد محیط زیست)	سرپرست تصفیه پساب صنعتی شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی
مهرمولائی، فاطمه (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	رئیس اداره امور هماهنگی تدوین استاندارد اداره کل استاندارد استان خوزستان
مرادی، شهرام (دکتری مهندسی علوم آب - مهندسی منابع آب)	مدیر مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آبفای استان خوزستان
میرزاوند، جهانبخش (دکتری علوم خاک)	مدیر کل دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی
نظیف، سارا (دکتری مهندسی عمران - مهندسی آب و فاضلاب)	نائب رئیس کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 224
ویسی، شادمان (دکتری آبیاری و زهکشی)	عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
یوسفی، مریم (دکتری مهندسی کشاورزی - آبیاری و زهکشی)	نماینده دفتر توسعه نظام‌های فنی، بهره‌برداری و دیسپاچینگ برقابی شرکت مدیریت منابع آب ایران
ویراستار:	
دایی، مینا (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	مسئول مطالعات تطبیقی و مشارکت در تدوین استانداردهای بین‌المللی اداره کل استاندارد استان خوزستان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ی	پیش‌گفتار
ک	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها
۲	۱-۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۲-۳ کوتاه‌نوشت‌ها
۳	۴ مخازن ذخیره‌سازی
۳	۱-۴ کلیات
۳	۲-۴ انواع مخازن
۳	۳-۴ زمان ذخیره‌سازی
۴	۴-۴ مشکلات و راهبردها
۶	۵ تاسیسات تصفیه اضافی
۶	۱-۵ کلیات
۷	۲-۵ فیلتراسیون
۷	۳-۵ گندزدایی اضافی
۸	۶ سامانه‌های توزیع
۸	۱-۶ ایستگاه‌های پمپاژ
۸	۲-۶ خطوط لوله
۹	۳-۶ لوازم جانبی
۱۱	۴-۶ مقاومت وسایل آبیاری در برابر pH و کودها
۱۲	۵-۶ نگهداری شبکه‌های توزیع برای جلوگیری از رشد مجدد باکتری‌ها
۱۲	۶-۶ طراحی و بهره‌برداری شبکه توزیع جهت حفاظت از منابع آب آشامیدنی
۱۶	۷ سامانه‌های آبیاری
۱۶	۱-۷ طبقه‌بندی
۱۶	۲-۷ سامانه‌های آبیاری تحت فشار
۲۰	۳-۷ تصفیه پیشگیرانه، نگهداری منظم و رسیدگی به خرابی‌های سامانه آبیاری تحت فشار در ارتباط با کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده
۲۶	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) راهنماهای تزریق کلر به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای
۲۸	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) راهنماهای استفاده از اسید در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای

صفحه	عنوان
۳۱	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) راهنماهای تزریق هیدروژن پراکسید به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای
۳۷	پیوست ت (آگاهی‌دهنده) راهنماهای نمونه‌برداری از لوله‌های آبیاری قطره‌ای
۳۹	پیوست ث (آگاهی‌دهنده) مواد شیمیایی مجاز
۴۱	پیوست ج (آگاهی‌دهنده) شستشوی لوله‌های آبیاری قطره‌ای
۴۵	پیوست چ (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی نسبت به استاندارد منبع
۴۶	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری- راهنما» که نخستین بار در سال ۱۳۹۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی / منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک‌صد و نود و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد آب و آبفا مورخ ۱۴۰۲/۱۲/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۱۸۷۶: سال ۱۳۹۵ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ISO 16075- 3: 2021, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 3: Components of a reuse project for irrigation

مقدمه

تلاش‌های فزاینده برای کنترل کمبود و آلودگی آب در بسیاری از کشورها، فاضلاب شهری و صنعتی تصفیه‌شده را به گزینه‌ای مناسب برای تقویت منابع تأمین آب موجود، تبدیل کرده است، به‌ویژه وقتی که با جایگزین‌هایی مانند نمک‌زدایی یا توسعه منابع آبی جدید با استفاده از سدها و مخازن مقایسه می‌شود. استفاده از پساب، باعث می‌شود که با تولید «آب جدید» از فاضلاب شهری و کاهش تخلیه فاضلاب به محیط‌زیست، بسته‌شدن چرخه آب در نقطه‌ای نزدیک‌تر به شهرها را ممکن سازد.

یک مفهوم جدید و مهم در استفاده از پساب، رویکرد «متناسب با هدف» است، که مستلزم تولید آب با کیفیت بازیافتی است که نیازهای کاربران نهایی موردنظر را برآورده می‌کند. در شرایطی که آب بازیافتی برای آبیاری استفاده شود، کیفیت آب بازیافتی ایجاب می‌کند که گیاه متناظر و سازگار با آن انتخاب شوند. بنابراین حسب نوع کاربری استفاده از پساب، درجه موردنیاز تصفیه فاضلاب و از طرفی، اطمینان‌پذیری فرایندها و بهره‌برداری تعیین می‌شوند.

فاضلاب تصفیه‌شده (پساب)، می‌تواند برای مقاصد مختلف غیرقابل شرب استفاده شود. کاربردهای غالب برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده (که به آن آب بازیافتی یا آب بازچرخانی نیز گفته می‌شود)، شامل آبیاری کشاورزی، آبیاری مناظر طبیعی، استفاده پساب در مصارف صنعتی و تغذیه آب زیرزمینی است. کاربردهای جدیدتر و به سرعت در حال رشد برای مصارف مختلف شهری، مصارف تفریحی و محیط‌زیستی و استفاده مستقیم و غیرمستقیم پساب برای شرب است.

آبیاری کشاورزی به احتمال زیاد بزرگ‌ترین مصرف‌کننده پساب با فواید و سهم شناخته‌شده در امنیت غذایی بوده، هست و خواهد ماند. مشخصه بارز بازچرخانی آب شهری، به‌ویژه آبیاری مناظر طبیعی، توسعه سریع بوده و نقش مهمی برای پایداری شهرها در آینده، از جمله کاهش ردپای^۱ انرژی، رفاه انسان و احیای محیط‌زیست، خواهد داشت.

مطلوبیت استفاده از پساب برای یک نوع کاربری خاص، به تناسب و انطباق بین حجم پساب در دسترس، میزان آب مورد نیاز آبیاری در طی سال و همچنین به کیفیت آب و الزامات خاص نحوه استفاده از آن بستگی دارد. استفاده از پساب برای آبیاری بسته به کیفیت آب، روش کاربرد پساب برای آبیاری، مشخصات خاک، شرایط اقلیمی و اقدامات زراعی می‌تواند ریسک‌هایی را برای سلامت و محیط‌زیست به‌همراه داشته باشد. در نتیجه، سلامت عمومی و اثرات نامطلوب زراعی و محیط‌زیستی بالقوه به‌عنوان موارد اولویت‌دار در توسعه موفقیت‌آمیز پروژه‌های استفاده از پساب برای آبیاری در نظر گرفته می‌شوند. برای جلوگیری از چنین اثرات نامطلوب بالقوه‌ای، توسعه و به‌کارگیری مجموعه راهنما و دستورالعمل برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده ضروری است.

1- Footprint

عوامل اصلی کیفیت آب که مطلوبیت فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری را تعیین می کنند شامل میزان عوامل بیماری زا^۱، شوری، سدیمی بودن^۲، سمیت یونی خاص، غلظت فلزات سنگین، سایر عناصر شیمیایی و مواد مغذی هستند. مقامات صلاحیت دار سلامت محلی مسئول ایجاد مقادیر آستانه کیفیت آب، بسته به مصارف مجاز هستند و همچنین مسئول تعریف اقدامات برای اطمینان از سلامت و حفاظت محیط زیستی با در نظر گرفتن ویژگی های محلی هستند.

از نقطه نظر زراعی، محدودیت اصلی در استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری، از کیفیت آن ناشی می شود. فاضلاب تصفیه شده، برخلاف آبی که برای مصارف خانگی و صنعتی تامین می شود، حاوی غلظت های بالاتری از مواد معدنی معلق و محلول (کل نمک های محلول، سدیم، کلرید، بور، فلزات سنگین) است که می تواند به خاک و محصولات آبیاری شده آسیب برساند. نمک های محلول به وسیله فناوری های متداول تصفیه فاضلاب حذف نمی شوند و مدیریت مناسب، اقدامات زراعی و آبیاری برای جلوگیری یا به حداقل رساندن اثرات منفی بالقوه مدنظر هستند.

حضور مواد مغذی (نیترژن، فسفر و پتاسیم) به دلیل صرفه جویی احتمالی در کودها می تواند به یک مزیت تبدیل شود. با این حال، مقدار مواد مغذی تأمین شده به وسیله فاضلاب تصفیه شده در طی دوره آبیاری لزوماً با نیازهای محصول هماهنگ نیست و قابلیت دسترسی مواد مغذی به حالت های شیمیایی بستگی دارد.

این استاندارد، راهنمایی های لازم درخصوص بهره برداری، پایش و نگهداری مطلوب پروژه های استفاده از پساب در آبیاری نامحدود و محدود محصولات کشاورزی، باغ ها و فضای سبز که از فاضلاب تصفیه شده استفاده می کنند، از جنبه های بهداشتی، آب شناختی^۳ و محیط زیستی را ارائه می کند. بهتر است کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای عرضه منعکس کننده مصارف احتمالی با توجه به حساسیت محصول (از نظر سلامت و کشاورزی)، منابع آب (حساسیت آب شناختی منطقه پروژه)، خاک و شرایط اقلیمی باشد.

– این استاندارد به عوامل دست اندرکار در پروژه های استفاده از پساب برای آبیاری صرف نظر از اندازه، مکان و پیچیدگی اشاره دارد و برای مصارف مورد نظر از فاضلاب تصفیه شده در یک پروژه مشخص قابل اجرا است، حتی اگر چنین مصارفی در نتیجه تغییرات در خود پروژه یا در قوانین قابل اجرا در طی عمر پروژه، تغییر کنند.

– عوامل کلیدی در تضمین سلامت، محیط زیست و ایمنی پروژه های استفاده از پساب در آبیاری به شرح زیر می باشند:

– پایش کافی کیفیت فاضلاب تصفیه شده (TWW)^۴ برای اطمینان از عملکردهای سامانه همان طور که برنامه ریزی و طراحی شده است؛

1- Pathogen
2- Sodicity
3- Hydrological
4- Treated WasteWater

- دستورالعمل‌های طراحی و نگهداشت سامانه‌های آبیاری برای اطمینان از بهره‌برداری مناسب آن‌ها در بلندمدت؛
- سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده، روش توزیع، خاک و محصولات موردنظر برای اطمینان از استفاده مناسب از خاک و رشد محصول سالم؛
- سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده و استفاده از آن برای جلوگیری یا به حداقل رساندن آلودگی احتمالی منابع آب زیرزمینی یا سطحی.
- طرح‌ریزی این استاندارد، برای جلوگیری از ایجاد استانداردها یا راهنمای خاص سازگار با هر یک از مناطق، کشورها یا سازمان‌ها نبوده است. در صورت انتشار چنین استانداردهایی، توصیه می‌شود برای اطمینان از یکنواختی بین استفاده‌کنندگان از فاضلاب تصفیه‌شده، به این استاندارد مراجعه کنید.
- این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۲۱۸۷۶ است. سایر قسمت‌های این استاندارد عبارت است از:
 - قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما
 - قسمت ۲: توسعه پروژه- راهنما
 - قسمت ۴: پایش- راهنما
- Part 5: Treated wastewater disinfection and equivalent treatments
- Part 6: Fertilization

استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری - قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری - راهنما

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی برای اجزای موردنیاز سامانه‌های مورد استفاده در آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده (TWW) است. در روش‌های آبیاری عمدتاً تأکید بر آبیاری قطره‌ای است زیرا این روش، روشی کارآمد برای آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب و در عین حال کاهش آلودگی محصولات است. علیرغم این واقعیت که کیفیت آب و فیلتراسیون فاضلاب تصفیه‌شده (در اینجا TWW) در آبیاری قطره‌ای بحرانی هستند، پس «سامانه‌های آبیاری روباز»^۱ بیشتر متداول هستند و غالباً در آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده به کار می‌روند و بنابراین در این استاندارد پوشش داده شده است.

این استاندارد، مسائل مربوط به اجزای اصلی پروژه آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، از جمله موارد زیر را پوشش می‌دهد:

- ایستگاه‌های پمپاژ؛
 - مخازن ذخیره‌سازی؛
 - تاسیسات تصفیه (برای اهداف آبیاری)؛
 - فیلتراسیون و گندزدایی؛
 - خطوط لوله شبکه‌های توزیع؛
 - متعلقات کاربردی سامانه آبیاری: اجزای سامانه آبیاری و تصفیه.
- هیچ کدام از بخش‌های این استاندارد برای صدور گواهی‌نامه یا مجوز کاربرد ندارد.

یادآوری ۱- هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری، رعایت قوانین بالادستی مرتبط از جمله، قانون حفاظت از خاک، حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده‌های ورودی به آن برای کاربردهای مختلف خاک که توسط مرجع ذی‌صلاح قانونی تعیین شده، ضروری است [۱] و [۲].

یادآوری ۲- به منظور لحاظ نمودن کلیه جوانب مرتبط با موضوع استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در مصارف مختلف، استانداردهای خروجی فاضلاب در راستای حفاظت از منابع آب و خاک ملاک عمل قرار گیرد [۳].

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 20670, Water reuse — Vocabulary

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، استفاده از پساب-واژه‌نامه، با استفاده از استاندارد ISO 20670: 2018 تدوین شده است.

2-2 ISO 16075-1, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 1: The basis of a reuse project for irrigation

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۱۸۷۶ سال ۱۴۰۱، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری-قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری-راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 16075-1: 2020 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ISO 20670 و ISO 16075-1 به کار می‌رود:^۱

۲-۳ کوتاه‌نوشت‌ها

عنوان انگلیسی	عنوان فارسی	کوتاه‌نوشت
Biochemical Oxygen Demand	اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی	BOD
Chemical Oxygen Demand	اکسیژن‌خواهی شیمیایی	COD
High-Density PolyEthylene	پلی‌اتیلن با چگالی بالا	HDPE
Non-potable Water	آب غیرقابل شرب	NPW
PolyEthylene	پلی‌اتیلن	PE
PolyVinyl Chloride	پلی‌وینیل کلرید	PVC
Treated Wastewater	فاضلاب تصفیه‌شده	TWW
WasteWater	فاضلاب	WW
Wastewater Treatment Plant	تصفیه‌خانه فاضلاب	WWTP

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org/ قابل دسترسی است.

۴ مخازن ذخیره‌سازی

۴-۱ کلیات

فاضلاب تصفیه‌شده به واسطه خط لوله انتقال به مرکز توزیع فرستاده شده که در آن آب برای کشاورزی یا سایر کاربران تقسیم می‌شود.

به منظور متعادل کردن تغییرات روزانه و فصلی جریان فاضلاب از تصفیه‌خانه فاضلاب تا مرکز توزیع، بهتر است تاسیسات ذخیره عملیاتی و فصلی در پایین دست تصفیه‌خانه فاضلاب قرار داده شوند به طوری که موارد زیر برآورده شود:

- تأمین حداکثر نیازهای آبیاری؛
 - ذخیره مازاد فاضلاب تصفیه‌شده وارده به سامانه آبیاری در رابطه با نیازهای آبیاری (از جمله ذخیره‌سازی زمستانه)؛
 - به حداقل رساندن پیامدهای ناشی از اختلال در عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب یا جریان موقت با کیفیت نامناسب فاضلاب تصفیه‌شده به عملکرد سامانه آبیاری.
- هنگامی که مدیران سامانه آبیاری نیاز به کنترل تغییرات کیفی فاضلاب دارند، می‌توانند تصفیه اضافی فاضلاب تصفیه‌شده را در مخازن ذخیره‌سازی فراهم کنند که از این رو عملکرد سامانه آبیاری تأثیر قرار گرفته و کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده ارتقاء می‌یابد.

۴-۲ انواع مخازن

- تاسیسات ذخیره‌سازی می‌توانند مخازن باز یا برکه‌ها یا مخازن بسته باشند.
- مخازن بسته می‌توانند مخازن با سقف ثابت شامل مخازن زیرزمینی یا مخازن با پوشش شناور قابل جابجایی (پوشیده جزئی یا کامل) باشند.
- مخازن بسته گران‌تر هستند، اما می‌توانند چند مزیت داشته باشند:

- کاهش تبخیر؛
 - پتانسیل کمتر برای رشد جلبک؛
 - عدم امکان تماس فاضلاب با افراد یا حیوانات؛
 - حفاظت فاضلاب ذخیره‌شده از رواناب حاصل از بارش.
- معایب این مخازن، نیاز آن‌ها به تمیز کردن دوره‌ای به دلیل تشکیل زی‌لایه^۱ و زی‌جرم‌گرفتگی (گرفتگی زیستی)^۲ می‌باشد و به دلیل عدم فتوسنتز، پتانسیل بیشتری برای ایجاد شرایط بی‌هوازی و در نتیجه انتشار بو وجود دارد.

۴-۳ زمان ذخیره‌سازی

با توجه به الزامات پروژه آبیاری، دو نوع ذخیره‌سازی اصلی کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود دارد.

در اکثر سامانه‌های آبیاری، ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت برای یک یا چند روز (با توجه به نیازهای سامانه آبیاری) جهت یکسان‌سازی و ایجاد تعادل بین عرضه و کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده موردنیاز است.

ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت به‌طور معمول به‌وسیله مخازن^۱ بتنی یا پلاستیکی و برکه‌های کوچک، در حالی که ذخیره‌سازی بلندمدت به‌طور معمول به‌وسیله سدها، برکه‌های بزرگ، دریاچه‌ها یا ذخیره‌سازی و بازیابی در آبخوان انجام می‌شود.

ذخیره‌سازی بلندمدت را می‌توان به موارد زیر تقسیم کرد:

- ذخیره‌سازی فصلی، که آب را در طول دوره‌های طولانی تخلیه تصفیه‌خانه بیشتر از نیاز آبیاری انباشته می‌کند. فاضلاب تصفیه‌شده ذخیره‌شده ممکن است زمانی استفاده شود که نیازهای آبیاری بیشتر از تخلیه تصفیه‌خانه باشد. این ذخیره‌سازی عموماً در مخازن باز بزرگ استفاده می‌شود. زمان ماند عموماً ماه‌ها طول می‌کشد؛

- ذخیره‌سازی آبخوان، که معمولاً با تصفیه خاک آبخوان (به‌وسیله حوضچه‌های^۲ نفوذ) تلفیق می‌شود. زمان ماند ممکن است ماه‌ها یا سال‌ها باشد.

۴-۴ مشکلات و راهبردها

در طول دوره ذخیره‌سازی، فاضلاب دستخوش تغییراتی می‌شود که کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن تحت تاثیر قرار می‌گیرد. رشد مجدد باکتری‌ها و/یا ورود از محیط اطراف، نیترات‌زایی (شوره‌زایی)^۳، رشد جلبک‌ها و تولید H_2S (مسئول انتشار بو و ریسک خوردگی برای اجزای فلزی در سامانه آبیاری)، فرایندهای اصلی بیولوژیکی مؤثر بر کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده ذخیره‌شده می‌باشند. افزایش رسوبات مواد جامد معلق و اکسیژن محلول، تغییرات pH، کاهش غلظت مواد مغذی (به‌ویژه نیتروژن) و باقیمانده مواد گندزایی نیز اثرات ناشی از ذخیره‌سازی هستند. از بین رفتن طبیعی ریزاندامگان^۴ (به‌ویژه ریزاندامگان بیماری‌زا) در طول ذخیره‌سازی به زمان ماند آب و شرایط بهره‌برداری مخزن بستگی دارد.

کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده در طول ذخیره‌سازی با توجه به وابستگی بالای واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی به دما و pH فاضلاب، شرایط اقلیمی و نوع مخزن (باز یا بسته) به‌طور قابل توجهی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. دما، به‌ویژه در مناطق گرم و همچنین بارندگی عوامل مهم کیفیت آب ذخیره‌شده، به‌خصوص در مخازن باز است. راهبردهای مدیریتی که بهتر است برای کاهش مشکلات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مرتبط با ذخیره‌سازی فاضلاب در مخازن باز و بسته اتخاذ شود، در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

1- Tanks
2- Basins
3- Nitrification
4- Microorganisms

جدول ۱- مشکلات مرتبط با ذخیره‌سازی فاضلاب در مخازن باز و راهبردهای مدیریتی

مشکلات	راهبردهای مدیریتی
- لایه‌بندی حرارتی - مقدار پایین اکسیژن محلول - انتشار بوها	- نصب تاسیسات هوادهی- مخلوط‌کننده‌های غوطه‌ور یا سطحی یا پمپ‌های چرخشی - حفظ غلظت‌های بالای اکسیژن (اکسایش-کاهش مثبت) در طول ستون آب و به خصوص در سطح مشترک آب- رسوب، برای کمک به جلوگیری از ورود فسفر به داخل ستون آب و نگهداشتن فسفر در داخل رسوب
- رسوبات	- لایروبی مکانیکی یا هیدرولیکی دوره‌ای رسوبات انباشته شده، در یک بازه زمانی با توجه به شرایط خاص محلی (زمان پنج سال، دوره قابل قبول در نظر گرفته می‌شود)^a
- رشد بیش از حد جلبک‌ها و زئوپلانکتون‌ها - کاهش بازچرخانی داخلی فسفر	- اختلاط مناسب فاضلاب به منظور بهبود اکسیداسیون نوری مواد آلی توسط نور خورشید - افزودن جلبک‌کش‌های شیمیایی. سولفات مس می‌تواند اثرات سمی مرتبط با تجمع مس داشته باشد (مقادیر بیش از حد، اثرات نامطلوبی بر اکوسیستم مخزن دارد). بر این اساس: در استفاده از سولفات مس احتیاط لازم است و تا حد امکان بهتر است مقدار آن کاهش یابد - نگهداری از ماهی‌هایی که جلبک‌ها و زئوپلانکتون‌ها را می‌خورند. افزودن رنگ‌های شیمیایی برای کاهش نفوذ نور خورشید و همچنین رشد جلبک‌ها. رنگ‌های شیمیایی بهتر است به گونه‌ای باشند که به سلامت انسان، گیاه یا محیط زیست آسیب نرسانند. - دستکاری زیستی زئوپلانکتون‌ها (در مخازن کم عمق) - منبع انتشار امواج فراصوت قرار داده شده در مخزن باز
- مقدار زیاد مواد جامد معلق	- از آنجایی که حذف مواد جامد معلق به اندازه ذرات و زمان ماند بستگی دارد، در طراحی مخازن ذخیره‌سازی بهتر است به این عوامل توجه شود.
- رشد مجدد ریزاندامگان	- افزایش باقیمانده مواد گندزدا - گندزدایی فاضلاب تصفیه‌شده‌ای که وارد سامانه آبیاری می‌شود. - افزایش زمان ماند^b - بهبود کیفیت و تاسیسات ذخیره‌سازی - عایق کردن و گندزدایی محل‌های مشکل‌ساز در خطوط لوله

مشکلات	راهبردهای مدیریتی
- افزایش حشرات مثل پشه	- سمپاشی با حشره‌کش‌های مناسب - روش‌های مکانیکی مانند حفظ جریان آب - کنترل‌های بیولوژیکی مانند لاروکش‌های طبیعی و استفاده از ماهی لاروخوار - منظم‌نمودن حاشیه مانداب
^a با توجه به مساحت سطح و عمق مخزن و تجمع رسوبات. ^b گاهی اوقات ممکن است به دلیل افزایش زمان ماند ناشی از آلودگی ثانویه، آلاینده‌ها افزایش یابند.	

جدول ۲- مشکلات مرتبط با ذخیره‌سازی فاضلاب در مخازن بسته و راهبردهای مدیریتی

مشکلات	راهبردهای مدیریتی
- ایستایی فاضلاب	- بازچرخانی فاضلاب (پمپاژ و تنظیم لوله‌کشی ورودی و خروجی ایجاد بازچرخانی آب) - حفظ غلظت‌های بالای اکسیژن (اکسایش-کاهش مثبت) در طول ستون آب و به خصوص در سطح مشترک آب-رسوب، برای کمک به جلوگیری از ورود فاسف به داخل ستون آب و نگهداشتن فاسف در داخل رسوب
- مقدار پایین اکسیژن محلول - انتشار بوها	- هوادهی (وسایل هوادهی)
- از بین رفتن باقیمانده مواد گندزدا - رشد مجدد ریزاندامگان	- مدیریت صحیح برنامه عملیاتی در مخازن

۵ تاسیسات تصفیه اضافی

۵-۱ کلیات

برای دستیابی به کیفیت فاضلاب (فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی) لازم برای استفاده برنامه‌ریزی شده از فاضلاب تصفیه‌شده، انجام مراحل تصفیه اضافی می‌تواند ضروری باشد.

نیاز به تصفیه اضافی فاضلاب مورد استفاده در آبیاری، به موارد زیر بستگی دارد:

- کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده؛
- سامانه آبیاری؛
- محصولات قابل آبیاری؛
- الزامات قانونی؛

– اثرات مضر بالقوه محیط‌زیستی و سلامت عمومی آبیاری.

فیلتراسیون (به‌ویژه در سامانه‌های آبیاری بارانی و خُردآبیاری) و گندزدایی (کلرزنی) موردنیاز هستند.

۵-۲ فیلتراسیون

به‌طور کلی در اکثر سامانه‌های آبیاری، غلظت مواد جامد و رسوبات معلق در فاضلاب تصفیه‌شده به اندازه کافی کم می‌باشد. با این حال، در سامانه‌های آبیاری تحت فشار، برای محدود کردن میزان جلبک‌ها و جلوگیری از رشد بیولوژیکی در لوله‌ها و گرفتگی سَرک و روزنه‌های آب‌پاش‌ها، می‌توان فیلتر را در بالادست ایستگاه پمپاژ (به‌خصوص در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی با حجم کم) نصب کرد.

فیلترهای رایج مورد استفاده در سامانه‌های تحت فشار شامل فیلترهای با بستر دانه‌ای (فیلترهای شنی و ماسه‌ای)، فیلترهای دیسکی^۱ و فیلترهای توری^۲ است. در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، دو فیلتر مختلف (به‌عنوان مثال فیلترهای شنی و توری آشغال‌گیر) را می‌توان به صورت سری نصب کرد.

با استفاده از فیلتر ماسه‌ای، فیلتر شنی یا فیلتر دیسکی، می‌توان فیلتراسیون را در پایین‌دست مخازن ذخیره‌سازی بلندمدت باز نصب کرد.

مشخصه‌های فیلترهای رایج که در سامانه‌های آبیاری استفاده می‌شوند، در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مشخصه‌های انواع فیلترهای رایج مورد استفاده در سامانه‌های آبیاری تحت فشار

نوع فیلتر	ویژگی‌های خاص	افت فشار
– فیلترهای نوع توری – فیلترهای دیسکی	– سامانه‌های آبیاری با سطح متوسط مواد جامد معلق – مورد استفاده در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به عنوان جایگزین فیلتر با بستر دانه‌ای – سطح مناسب تا متوسط فیلتراسیون	بسیار پایین، اگر توری یا دیسک‌ها تمیز باشند
– فیلتر با بستر دانه‌ای (شن یا ماسه‌ای ریز)	– اغلب مورد استفاده در سامانه‌های قطره‌ای	۱/۰ m تا ۱۲۰ m

۵-۳ گندزدایی اضافی

در گندزدایی فاضلاب تصفیه‌شده که از مخازن ذخیره‌سازی و از طریق شبکه خط لوله تأمین می‌شود، بهتر است از عدم رشد مجدد باکتری‌ها و گسترش جلبک‌ها، اطمینان حاصل شود.

فناوری‌های گندزدایی می‌تواند شامل مواد اکسیدکننده برای محافظت از سامانه آبیاری باشد.

برای انتخاب فرایندهای گندزدایی برای یک سامانه آبیاری خاص، بهتر است اثربخشی آن (حذف یا غیرفعال کردن باکتری‌ها، جلبک‌ها، ویروس‌ها و پروتوزوآها)، اطمینان‌پذیری و پیچیدگی، مسائل ایمنی، سمیت باقیمانده و هزینه‌ها را در نظر گرفت.

از آنجا که کلر یک سمیت اضافی برای ماهی دارد، لذا قابل قبول نیست که در مخازن باز دارای ماهی از آن استفاده کرد. در صورتی که ریسک قابل قبولی مرتبط با محصولات جانبی تولیدی حاصل از کلرزنی در آن سامانه وجود داشته باشد بهتر است که تزریق کلر به داخل سامانه آبیاری انجام شود.

برای تعیین میزان^۱ کلر موردنیاز بهتر است نیاز فاضلاب تصفیه‌شده به کلرزنی را تعیین کرد و همچنین به‌منظور به حداقل رساندن تشکیل ترکیبات آلی کلردار، بهتر است از روش‌های بیش‌کلرزنی اجتناب شود.

۶ سامانه‌های توزیع

۱-۶ ایستگاه‌های پمپاژ

آبیاری تحت فشار مستلزم انتقال فاضلاب تصفیه‌شده از منبع آن به سطح زمین، توسط سامانه توزیع است. پمپاژ آب به‌وسیله پمپ صورت می‌گیرد که عموماً با موتور الکتریکی کار می‌کند. همچنین می‌توان از پمپ برای ارتقای فشار آب در خط توزیع استفاده شود تا آن را از طریق سامانه آبیاری با فشاری مناسب عبور دهد. در تمام موارد، بهتر است پمپ طوری طراحی شود که مقدار آب موردنیاز را از منبع به بالاترین نقطه در زمین آبیاری برساند و فشار مناسب را حفظ کند.

۲-۶ خطوط لوله

بهتر است یک شبکه توزیع از یک یا چند لوله اصلی و فرعی تشکیل شده باشد تا از انتقال فاضلاب تصفیه‌شده از مخزن توزیع یا مخزن ذخیره‌سازی به قطعات موردنظر برای آبیاری اطمینان حاصل شود. جنس لوله‌هایی که اغلب در شبکه توزیع فاضلاب استفاده می‌شوند عبارتند از: چدن نشکن (DI)^۲، فولاد، پلی‌وینیل کلرید (PVC)، پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE)، آلومینیوم و پلی‌استر تقویت‌شده با الیاف شیشه (GRP)^۳. برای حد خمش، از بسترسازی ویژه مطابق با روش نصب ارائه‌شده توسط تولیدکننده برای همه مواد اشاره‌شده استفاده شود. مقاومت شیمیایی آن‌ها به pH و کودها در زیربند ۴-۶ (جدول‌های ۵ و ۶) خلاصه شده است. مشخصه‌های لوله با توجه به جنس لوله در جدول ۴ نشان داده شده است.

1- Dosage

2- Ductile Iron

3- Glass-Fibre Reinforced Polyester

جدول ۴- ویژگی‌های خاص مواد تشکیل‌دهنده معمول لوله

ویژگی‌های خاص	جنس لوله
- قوی و انعطاف‌پذیر - آسیب‌پذیر در برابر خوردگی - اتصالات خاص در محل‌های تغییر جهت موردنیاز است^a	- چدن نشکن
- سبک وزن، نصب آسان - مقاوم در برابر خوردگی - فشارهای قابل قبول در سامانه‌های آبیاری - اتصالات خاص در محل‌های تغییر جهت موردنیاز است^c	- پلی‌وینیل کلرید (PVC)^b - پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE)
- سبک وزن - به راحتی و به سرعت قابل مونتاژ و جداسازی است - مقاوم در برابر آسیب مکانیکی و نور خورشید - آسیب‌پذیر در شرایط یخ‌زدگی (شکافتگی لوله) - صدمه دیدن به واسطه استفاده از کودها و مواد شیمیایی	- آلومینیوم
- سبک وزن، نصب آسان - استحکام و قدرت بالا (وزن کم نسبت به استحکام) - مقاومت بالا در برابر خوردگی	- پلی‌استر تقویت‌شده با الیاف شیشه (GRP)
- استحکام بالا - حفاظت در برابر خوردگی داخلی و خارجی	- بتن مسلح^{e, d}
^a برای اتصالات فلنج‌دار (چدن نشکن) و اتصالات فلنج‌دار یا جوشی (فولادی). ^b آسیب‌پذیر توسط نور خورشید. ^c بسته به قطر و زاویه تغییر جهت ممکن است پلی‌اتیلن با چگالی بالا لازم نباشد. ^d در صورت استفاده از لوله بتنی، اکسیداسیون توصیه نمی‌شود. ^e مطابق تجربه در دیگر کشورها.	

۳-۶ لوازم جانبی

۱-۳-۶ کلیات

در سامانه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، مطابق با تمام شبکه‌های توزیع آب، بهتر است لوازم جانبی نصب شوند تا بهره‌برداری و نگهداری سامانه به‌طور صحیح پشتیبانی شود؛ که این لوازم جانبی مرتبط در ادامه نام برده شده‌اند:

۲-۳-۶ شیرها

شیرهای قطع کننده، شیرهای قطع کننده بزرگتر از ۷۵ mm معمولاً شیرهای دروازه‌ای یا پروانه‌ای هستند. انواع کوچک‌تر معمولاً شیرهای تویی می‌باشند.

شیرهای تخلیه هوا، این شیرها که هوا و گازهای محبوس شده در خطوط لوله تحت فشار را خارج می‌کنند بهتر است در تمام نقاط مرتفع شبکه که در آن گازها تجمع می‌کنند نصب شوند.

شیرهای تخلیه هوا/ خلاء، این شیرها که هوا و گازها را آزاد می‌کنند و اجازه می‌دهند هوای اتمسفری وارد لوله‌ها شود، بهتر است برای رفع خلاء ایجاد شده در هنگام تخلیه لوله‌ها نصب شوند.

شیرهای یک طرفه، این شیرها که از جریان برگشتی فاضلاب تصفیه شده جلوگیری می‌کنند، بهتر است هر زمان که جریان برگشتی فاضلاب تصفیه شده از سامانه آبیاری رخ می‌دهد، مورد استفاده قرار گیرند. بهتر است شیرهای یک طرفه، مجموعه کامل جلوگیری از جریان برگشتی شامل یک درگاه باشند که امکان تایید اینکه دستگاه به درستی کار می‌کند را فراهم کنند.

شیرهای خودکار چند بخشی، شیرهایی که بهتر است برای تخلیه فاضلاب به نقاط^۱ مختلف منطقه آبیاری به صورت متوالی و ترتیبی استفاده شوند.

شیرهای برقی، این شیرها که در اثر ایجاد سیگنال‌های با ولتاژ کم به طور خودکار باز و بسته می‌شوند بهتر است که برای شستشوی فیلترها یا خطوط قطره چکان‌ها یا انتقال آب به یک نقطه خاص از قطعه آبیاری، مورد استفاده قرار گیرند.

شیرهای تنظیم فشار، بهتر است این شیرها برای حفظ فشار آب در یک مقدار ثابت یا در گستره‌ای از مقادیر (به ترتیب شیرهای فشار ثابت یا متغیر) استفاده شوند. بهتر است شیرهای فشار بتوانند حداکثر فشار در سامانه پمپاژ را تحمل کرده و همچنین فشار مورد نیاز جهت بهره‌برداری قطره چکان‌ها را فراهم کنند.

۳-۳-۶ شیر تخلیه رسوبات^۲

شیرهای تخلیه، لوله‌های کوچکی با یک شیر در انتها هستند که بهتر است در نقاط انتهایی^۳ لوله و در نقاط اتصال کم ارتفاع شبکه نصب شوند تا اجازه دهند لوله‌ها تخلیه و رسوبات تجمع یافته در آن با شستشوی لوله حذف شوند.

۴-۳-۶ جریان سنج^۴

در تاسیسات کوچک، از کنتورهای قابل حمل می‌توان استفاده کرد. کنتورهای توربینی، کنتورهای پروانه‌ای و جریان سنج‌های مغناطیسی در سرویس‌های بزرگتر استفاده می‌شوند. به علت وجود مواد جامد معلق و رسوبات در فاضلاب تصفیه شده، جریان سنج‌های مغناطیسی توصیه می‌شوند.

1- Zones
2- Blowoff
3- Dead ends
4- Flowmeter

۵-۳-۶ شیر هیدرانت (آب پخش)^۱

این وسیله جانبی ممکن است زمانی استفاده شود که دسترسی موقت به منبع فاضلاب تصفیه شده مورد نیاز باشد، همانطور که در مورد سامانه‌ها یا گروهی از اجزاء آب‌پاش متحرک مورد استفاده برای استخراج آب از یک شبکه عمومی به یک قطعه خاص اتفاق می‌افتد.

۴-۶ مقاومت وسایل آبیاری در برابر pH و کودها

بهتر است لوله‌ها و لوازم جانبی آبیاری با توجه به مقاومت شیمیایی آن‌ها و کیفیت فاضلاب (به‌ویژه pH) و نوع کود به کارفته در هنگام استفاده از کود آبیاری^۲ انتخاب شوند. (به جدول‌های ۵ و ۶ مراجعه شود). برای اطلاع از مشخصه‌های فنی لوله‌ها و لوازم جانبی آبیاری مانند pH و مقاومت آن‌ها در برابر کودها، در صورت لزوم، می‌توان با تولیدکنندگان آن‌ها تماس گرفت.

جدول ۵- pH مجاز آب آبیاری مطابق با جنس لوله‌های آبیاری و لوازم جانبی (مطابق تجربه دیگر کشورها)

جنس لوله‌های آبیاری بارانی	pH آب آبیاری
آهن و فولاد	> 6.5
آلومینیوم	> 5.5
پلی اتیلن / پلی وینیل کلرید	توصیه می‌شود با تامین‌کننده در رابطه با مقاومت ویژه محصولات به مواد شیمیایی و pH آب مشورت شود.

جدول ۶- مقاومت لوله‌های آبیاری بارانی و لوازم جانبی کود آبیاری در برابر کودها (مطابق تجربه دیگر کشورها)

درجه محدودیت در استفاده ^a					کودها
پلی وینیل کلرید (PVC)	پلی اتیلن (PE)	فولاد ضدزنگ	آهن	آلومینیوم	
۱	۲	۳	۴	۴	ارتو فسفریک اسید
۱	۲	۲	۳	۳	پتاسیم کلرید
۱	۲	۲	۳	۳	آمونیم فسفات
۱	۲	۱	۲	۲	آمونیم نیترات
۱	۲	۱	۲	۲	کلسیم نیترات
۱	۲	۱	۲	۱	پتاسیم نیترات
۱	۲	۱	۲	۱	پتاسیم سولفات
۱	۲	۲	۲	۱	اوره

^a کمترین تا بیشترین محدودیت با اعداد ۱ تا ۴ مشخص شده است.

۵-۶ نگهداری شبکه های توزیع برای جلوگیری از رشد مجدد باکتری ها

مشکل اصلی مربوط به توزیع فاضلاب تصفیه شده، امکان کاهش کیفیت فاضلاب تصفیه شده در شبکه توزیع به ویژه در اقلیم های گرم و شبکه های توزیع طولانی است (یعنی زمان ماند طولانی در دماهای بالا). چالش اصلی، جلوگیری از انتشار بو و رشد مجدد باکتری ها است.

برای جلوگیری از رشد مجدد باکتری ها همراه با واپاشی (زوال)^۱ کلر، موارد زیر ممکن است انجام شود:

- پاک سازی دوره ای شبکه توزیع با جریان فاضلاب تصفیه شده با غلظت کلر بالا؛
- شستشو و کلرزنی لوله ها قبل از هر آبیاری یا چند دوره آبیاری؛
- جداسازی قطعات مشکل ساز از شبکه خط لوله و کلرزنی در نقاط بحرانی؛
- اجتناب از غلظت بالای نیترات که باعث رشد باکتری های احیا کننده سولفات (تولید هیدروژن سولفید) می شوند؛
- تمیز کردن فیزیکی شبکه آبیاری به صورت دوره ای (شاخه ها/ پیگ ها (PIG)^۲ از طریق لوله ها رانده می شوند که زی لایه ایجاد شده روی دیواره های لوله ها را می خراشند).

۶-۶ طراحی و بهره برداری شبکه توزیع جهت حفاظت از منابع آب آشامیدنی

۱-۶-۶ کلیات

به دلیل وقوع ترکیب های احتمالی در سامانه توزیع اصلی فاضلاب تصفیه شده در مزارع آبیاری شده، استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری یک ریسک بالقوه برای پهنه های آبی (سطحی یا زیرزمینی) ایجاد می کند. نشتی های فاضلاب تصفیه شده می تواند به آب آبخوان یا آب سطحی برسد و آن را آلوده کند. ریسک اصلی، نفوذ آلاینده های بیماری زا به منابع آب آشامیدنی است. برای جلوگیری از این ریسک، بهتر است خطوط اصلی منابع فاضلاب تصفیه شده با فاصله ایمن از منابع آب آشامیدنی (چاه ها) جدا شود به طوری که اطمینان حاصل شود که فاضلاب تصفیه شده به طور مستقیم به چاه جریان پیدا نمی کند و فاضلاب تصفیه شده نشت یافته به خاک، برای رسیدن به آبخوان حداقل دویست روز سپری کرده باشد (زمانی که طی آن نابودی آلاینده های بیماری زا موثر است).

باین حال، فاصله بین قطعات آبیاری شده تا یک چاه حداقل پنجاه روز باشد، زیرا تنها بخش بسیار کمی از فاضلاب تصفیه شده آبیاری شده به عمق خاک نفوذ می کند و در واقع آنها با فیلتراسیون موثری از میان خاک عبور می کنند و در طی آن غالب عوامل بیماری زا از بین می روند.

در آبخوان ماسه ای، آب به آرامی در میان لایه های ماسه جریان پیدا کرده (در صورت فراهم شدن فیلتراسیون اضافی) و در نتیجه، شعاع منطقه حفاظتی در اطراف چاه ها به نسبت کم است. در آبخوان های شکاف دار^۳، آب می تواند از طریق ترک ها جریان پیدا کند و نسبتاً سریع به چاه ها برسد، بنابراین، توصیه می شود شعاع منطقه حفاظتی در آن بیشتر از خاک های ماسه ای باشد.

1- Decay

2- Pipeline Inspection Gauge

3- Fissured aquifers

۲-۶-۶ شرایط شعاع حفاظتی

بهتر است یک محاسبه دقیق هیدرولوژیکی شعاع حفاظتی لازم در اطراف هر چاه آب آشامیدنی انجام شود.

در کشورهای بدون راهنمایی محلی، اصول زیر بهتر است مورد استفاده قرار گیرد:

- برای هر چاه آب آشامیدنی، انجام یک محاسبه دقیق هیدرولوژیکی توصیه می‌شود تا مشخص شود که خطوط اصلی انتقال (از فاضلاب تصفیه‌شده در نظر گرفته‌شده برای آبیاری کشاورزی با فاضلاب تصفیه‌شده) در کجا مجاز هستند. این محاسبه می‌تواند شرایط خاک موجود در منطقه، یک آبخوان محصورشده در صورت وجود، یا فیلتراسیون طبیعی فاضلاب تصفیه‌شده که هنگام عبور از آبخوان ماسه‌ای و جهت‌های جریان آب در آبخوان انجام می‌شود، را در نظر بگیرد؛

برآورد حداقل فاصله بین خطوط اصلی انتقال فاضلاب تصفیه‌شده که برای آبیاری کشاورزی و چاه‌های آب آشامیدنی در نظر گرفته‌شده را می‌توان با پیروی از معادلات تجربی، بسته به مقررات محلی انجام داد.

- در آبخوان ماسه‌ای: ۵۰ برابر فاصله L (برحسب متر)؛

- در آبخوان ترک‌خورده: ۲۰۰ برابر فاصله L (برحسب متر).

از معادله تجربی، فرمول ۱ استفاده کنید (بر اساس از بین رفتن عوامل بیماری‌زا در خاک):

$$L = \sqrt{\frac{Q \times k}{d}} \quad (1)$$

که در آن:

L فاصله خطوط اصلی انتقال از چاه‌های آب آشامیدنی، برحسب (m)؛

Q نرخ جریان چاه، برحسب (m^3/h)؛

k یک عدد ثابت است که دارای مقدار (۱ h) می‌باشد؛

d فاصله بین سطح آب در منطقه اشباع ایستایی چاه و ته چاه، برحسب (m) است.

در خطوط انتقال فاضلاب تصفیه‌شده (مانند فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت بالا و بسیار بالا) که به‌طور مداوم توسط کلر گندزدایی می‌شود، بسته به بافت محل (شرایط محلی) ممکن است فاصله‌ها به نصف یا بیشتر کاهش یابد.

۳-۶-۶ اصول آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده بالای (زیرزمین یا سطح) خطوط لوله آب آشامیدنی

گاهی اوقات، آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده در بالای لوله‌های تأمین آب آشامیدنی انجام می‌شود و در چنین مواردی، برای محافظت سامانه آب‌رسانی آشامیدنی از نفوذ عوامل بیماری‌زا در صورت رخ دادن نشتی در خطوط لوله آب آشامیدنی، بهتر است اقدامات حفاظتی انجام شود. در چنین مواردی، منطقه را می‌توان با استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، آبیاری کرد که به‌طور مداوم با میزان کافی کلر (یا گندزدایی معادل آن) گندزدایی می‌شود.

هنگامی که خطوط لوله آب آشامیدنی بالاتر از سطح زمین قرار دارد، منطقه را می‌توان با آبیاری قطره‌ای با فاضلاب تصفیه‌شده که گندزدایی نشده است، آبیاری کرد.

۴-۶-۶ اصول اتصال متقاطع

۱-۴-۶-۶ کلیات

ایجاد یک اتصال متقاطع بین دو سامانه آبرسانی، می‌تواند منجر به اشتباه یک فرد غیرمتخصص شود که تعمیرات خط لوله را انجام می‌دهد. رعایت حداقل فاصله بین لوله‌های آب آشامیدنی و لوله‌های انتقال‌دهنده آب غیرآشامیدنی، به‌طور قابل‌توجهی ریسک غیرعمدی اتصال متقاطع را کاهش می‌دهد. نشانه‌گذاری واضح لوله‌ها و اتصالات با توجه به کیفیت آب انتقالی نیز یک روش کلیدی است که بهتر است برای کاهش احتمال اتصالات متقاطع استفاده شود.

۲-۴-۶-۶ الزامات کنترل

هنگامی که فاصله بین لوله‌های آب آشامیدنی و لوله‌های آب غیرقابل‌شرب (NPW) کمتر از ۲۰ m باشد، تأمین‌کننده آب غیرقابل‌شرب بازرسی‌ها را تحت نظارت یک مرجع ذی‌صلاح قانونی و تأمین‌کننده آب شیرین^۱ برای جستجوی وجود اتصالات متقاطع بین دو نوع سامانه آب انجام دهد.

۳-۴-۶-۶ روش کنترل

مطلوب‌ترین روش کنترل، استفاده از سازوکاری^۲ است که امکان تشخیص ارتباط مستقیم بین دو نوع سامانه توزیع آب را فراهم می‌کند؛ به‌عنوان مثال، شناسایی یک عنصر یا ترکیب خاص که فقط در یک نوع از آب پیدا می‌شود. اگر این شناسایی امکان‌پذیر نباشد، بهتر است با توقف آبرسانی در یکی از سامانه‌ها و بررسی این که آیا جریان آب در سامانه دیگر ادامه دارد یا خیر (به‌عنوان نتیجه ورود آب از سامانه دیگر)، کنترل لازم را انجام داد.

۵-۶-۶ اصول رنگ‌آمیزی و نشانه‌گذاری خطوط لوله و سامانه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده

۱-۵-۶-۶ کلیات

برای جلوگیری از اتصالات متقاطع با خطوط لوله آب آشامیدنی بهتر است خطوط لوله آب و تجهیزات مربوط به آن‌ها برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده نشانه‌گذاری شوند. با توجه به مرسومات و قوانین برای استفاده‌های محلی از رنگ برای شناسایی انواع خطوط لوله انتقال داده یا جریان (مانند مخابرات، کنترل سیگنال بزرگراه، گاز، برق، آب و فاضلاب)، به‌کارگیری مشخصات بین‌المللی جهانی جهت نشانه‌گذاری لوله‌ها عملی نمی‌باشد. با این حال، در کشورهایی که در آن‌ها هیچ الزامات مشخصی برای نشانه‌گذاری و برچسب‌گذاری وجود ندارد و در جایی که آن‌ها منجر به سردرگمی محلی نمی‌شوند یا جایی که طرح پیشنهادی قبلاً تصویب شده است، می‌توان از مشخصه‌های زیر استفاده کرد.

در صورت عدم وجود الزامات نشانه‌گذاری و برچسب‌گذاری، نمونه‌هایی از رنگ‌آمیزی و نشانه‌گذاری سامانه‌ها و خطوط لوله آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده در جدول ۷ ارائه شده است:

۶-۵-۲ مثال‌هایی برای نشانه‌گذاری خطوط لوله با قطر بیشتر از ۷۵ mm

جدول ۷- مثال‌هایی برای رنگ‌آمیزی و نشانه‌گذاری سامانه‌ها و خطوط لوله آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده

نوع آب	رنگ لوله مدفون	رنگ لوله در معرض دید و تجهیزات	نوار نشانه‌گذاری	علامت روی نرده اطراف تجهیزات آب
فاضلاب		قهوه‌ای	بنفش + عنوان: احتیاط- در زیر،	احتیاط: فاضلاب- غیرقابل شرب
فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خیلی بالا و کیفیت بالا	بنفش	بنفش	لوله‌های فاضلاب یا آبی است که برای نوشیدن ممنوع است.	احتیاط: فاضلاب تصفیه‌شده - غیرقابل شرب
فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خوب و متوسط	بنفش	بنفش با نوارهای نارنجی متناوب بر روی ۳۰٪ سطح		احتیاط: فاضلاب تصفیه‌شده - غیرقابل شرب

لوازم جانبی و تجهیزات مرتبط که در سطح زمین هستند، بهتر است روی تابلویی با ابعاد حداقل (۴۰ cm × ۵۰ cm) از جنس مواد مقاوم در برابر شرایط محیطی که با رنگ قرمز یا بنفش روی زمینه سفید و با حروفی حداقل ۷ cm در ارتفاع نوشته می‌شوند، علامت‌گذاری شوند.

۶-۵-۳ خط لوله انتقال آب با قطر بیش از ۷۵ mm

بهتر است خط لوله و تجهیزات مرتبط با آن در سطح زمین با رنگی بادوام که مناسب با نوع لوله‌کشی و منطبق با نوع آب منتقل‌شده باشد (همان‌طور که در جدول ۷ نشان داده شده است) رنگ‌آمیزی شود. بهتر است خط لوله در داخل زمین با نوارهای نشانه‌گذاری به رنگ مناسب همراه باشد که در عمق حداقل ۰/۵ m زیر سطح زمین و در فاصله ۰/۳ m تا ۰/۵ m از بالای لوله، دفن شود. همان‌طور که در جدول ۷ نشان داده شده است، بهتر است علامت مناسب برای نوع آب منتقل‌شده در لوله، روی نوار حک شود. بهتر است نوارها از پلی‌اتیلن ساخته شده و حداقل ۱۲ cm عرض داشته باشند. اندازه حروف در عنوان نوار کمتر از ۵ cm نباشد.

لوازم جانبی و تجهیزات مرتبط که در سطح زمین هستند، بهتر است روی تابلویی با ابعاد حداقل (۴۰ cm × ۵۰ cm) از جنس مواد مقاوم در برابر شرایط محیطی که با رنگ قرمز یا بنفش روی زمینه سفید همراه باشند، نوشته شوند. بهتر است اندازه حروف کمتر از ۷ cm نباشد.

۷ سامانه‌های آبیاری

۷-۱ طبقه‌بندی

سامانه‌های آبیاری اراضی کشاورزی با فاضلاب تصفیه‌شده و آبیاری فضای سبز را می‌توان با توجه به مسیر جریان‌های آب از مرکز توزیع (جایی که در آن آب از تصفیه‌خانه فاضلاب به مشتریان تحویل داده می‌شود) به منطقه تحت آبیاری، به دو گروه طبقه‌بندی کرد: سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سامانه‌های آبیاری با جریان ثقلی.

با توجه به روش به کار رفته در استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در خاک، امکان تمایز سه نوع سامانه آبیاری وجود دارد: سامانه‌های آبیاری روباز، سامانه‌های آبیاری بارانی و سامانه‌های خُردآبیاری.

سامانه‌های آبیاری رایج‌تر، در جدول ۸ نشان داده شده‌اند.

جدول ۸- سامانه‌های آبیاری و روش‌های فنی مورد استفاده در سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سامانه‌های آبیاری با

جریان ثقلی رایج

آبیاری با جریان ثقلی	آبیاری تحت فشار	
	سامانه‌های آبیاری بارانی	سامانه‌های خُردآبیاری
آبیاری نواری - انتقال مستقیم - روی خط تراز آبیاری حوضچه‌ای - مستطیلی - روی خط تراز - حلقوی آبیاری شیاری - شیار درجه‌بندی‌شده - شیاردار یا موج‌دار	- استفاده از سامانه‌های بارانی ثابت (قابل حمل، نیمه‌قابل حمل، نیمه ثابت- مجموعه ثابت یا تجهیزات ثابت) - استفاده از ماشین آب‌پاشی متحرک (آب‌پاش‌های متحرک خودکار، آب‌پاش پیکانی، آب‌پاش تفنگی متحرک (کششی) و خودکار یا لوله‌های فرعی با حرکت پیوسته	آبیاری قطره‌ای - سطحی - زیرسطحی آبیاری خُرد مه‌پاش

۷-۲ سامانه‌های آبیاری تحت فشار

۷-۲-۱ سامانه‌های بارانی

۷-۲-۱-۱ کلیات

در این سامانه‌ها، آب داخل هوا پاشش می‌شود و شبیه باران روی سطح خاک می‌ریزد. از این سامانه‌ها (به‌ویژه سامانه‌های هوایی) نمی‌توان هنگامی که کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده پایین است، استفاده کرد. این محدودیت مربوط به شوری و کیفیت بیولوژیکی است زیرا آب در تماس با شاخ‌وبرگ بوده و اثرات ذرات معلق در هوا به

جهت گسترش ریسک‌های سلامت عمومی کشاورزان، نیروهای کارگر و جمعیت مناطق اطراف محل آبیاری بیشتر است.

۷-۲-۱-۲ انواع آب‌پاش

بر اساس آرایش و نوع قرارگیری پاشش آب آبیاری، بهتر است سامانه‌های بارانی به آب‌پاش‌های دوار، سامانه لوله روزنه‌دار و آب‌پاش‌های تفنگی طبقه‌بندی شوند. آب‌پاش‌های دوار رایج‌تر هستند. به خصوص، آب‌پاش‌های دوار «سریع بازشوونده (پرتابی)»^۱ که به‌طور خاص برای آبیاری چمنزارها طراحی شده‌اند. طبقه‌بندی آب‌پاش‌ها بر اساس فشار کاری، در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹- طبقه‌بندی آب‌پاش‌ها بر اساس فشار کاری

آب‌پاش‌های کشاورزی	قطر نازل (mm)	فشار (bar)	دبی (m ³ /h)	قطر پوشش (m)
فشار پایین	۱/۰ تا ۳/۵	۰/۲ تا ۰/۷	۰/۳ تا ۱/۵	۶ تا ۱۳
فشار متوسط	۱/۰ تا ۵/۰	۲/۰ تا ۴/۰	۱/۵ تا ۳/۰	۱۲ تا ۲۵
فشار بالا	۷ تا ۴۰	۴/۰ تا ۷/۰	۵/۰ تا ۶۵/۰	۲۵ تا ۶۰

بر اساس قابلیت حمل و حرکت، بهتر است سامانه‌های بارانی به گروه‌های زیر طبقه‌بندی شوند:

الف- سامانه‌های بارانی ثابت:

- سامانه قابل حمل؛

- سامانه نیمه‌قابل حمل؛

- سامانه مجموعه ثابت؛

- سامانه ثابت.

ب- ماشین آب‌پاشی متحرک:

- سامانه با حرکت خودکار؛

- آب‌پاش پیکانی؛

- آب‌پاش تفنگی متحرک (کششی) و خودکار؛

- لوله‌های فرعی با حرکت پیوسته؛

- سنتر پیوت (عقربه‌ای)؛

- لوله‌های فرعی با حرکت خطی پیوسته.

۳-۱-۲-۷ لوله‌ها

آب از خطوط لوله اصلی به خط لوله فرعی و در ادامه به لوله‌های جانبی می‌رود. خطوط لوله اصلی، فرعی و جانبی می‌توانند بر اساس نوع سامانه آبیاری بارانی، ثابت یا قابل حمل باشند. برای اکثر خطوط اصلی ثابت، آربست سیمانی، پلی‌وینیل کلرید، پلی‌اتیلن، پلی‌استر تقویت‌شده با الیاف شیشه یا فولاد استفاده می‌شود. برای اکثر خطوط اصلی و فرعی قابل حمل، لوله‌هایی از جنس پلی‌وینیل کلرید، پلی‌اتیلن و لوله‌های آلومینیومی با اتصال‌دهنده سریع استفاده می‌شود. برای لوله‌های جانبی، لوله‌هایی از جنس پلی‌وینیل کلرید و آلومینیوم با اتصال‌دهنده سریع به همراه واشر لاستیکی استفاده می‌شود. بهتر است در سامانه‌های ثابت، آب‌پاش‌ها از طریق رایزرها^۱ روی لوله‌های جانبی قرار گیرند. بهتر است قطر و طول لوله‌های جانبی مشروط به ۲۰٪ قاعده کلی شود که بیان می‌کند تغییرات ارتفاع فشار در طول لوله جانبی به ۲۰٪ ارتفاع فشار عملیاتی آب‌پاش‌ها محدود شود.

۴-۱-۲-۷ سری آب‌پاش

سری آب‌پاش‌ها اغلب مهم‌ترین قسمت یک سامانه آبیاری بارانی است. ویژگی‌های عملکردی این جزء از سامانه در فشار بهینه و شرایط اقلیمی به‌ویژه سرعت باد، می‌تواند به‌منظور تعیین تناسب و بازدهی سامانه در نظر گرفته شود.

۲-۲-۷ سامانه‌های خُرد آبیاری

۱-۲-۲-۷ کلیات

سامانه‌های خُردآبیاری به‌عنوان سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (یا قطره‌چکانی)، (آبیاری قطره‌ای سطحی یا آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر اساس جایی که لوله‌های جانبی و قطره‌چکان‌ها قرار گرفته‌اند) و سامانه‌های آبیاری خُرد مه‌پاش طبقه‌بندی می‌شوند. آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به دلیل ریسک آلودگی پایین‌تر، سامانه مناسب‌تری برای کاربرد فاضلاب می‌باشد.

۲-۲-۲-۷ تجهیزات آبیاری قطره‌ای

قطره‌چکان که براساس میزان دبی اسمی و فشار عملیاتی تعیین می‌شود.

از سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با فاضلاب تصفیه‌شده می‌توان به‌عنوان یک مانع بین آب و محصول آبیاری‌شده استفاده کرد. در چنین شرایطی، بهتر است قطره‌چکان دارای عملکرد سوپاپ برای جلوگیری از عبور ذرات خاک به داخل سامانه باشد.

بهتر است سامانه آبیاری قطره‌ای به‌ویژه در بخش‌های زیرزمینی سامانه آبیاری، با وسایلی برای جلوگیری از نفوذ ریشه‌ها همراه باشد. یکی از راه‌های کاهش نفوذ ریشه، استفاده از علف‌کش‌ها قبل از ظهور ریشه از طریق مواد شیمیایی است.

۳-۲-۲-۷ سامانه ریزفواره (میکروجت)^۱

۱-۳-۲-۲-۷ کلیات

برخلاف سامانه آبیاری قطره‌ای که در آن جریان‌های آب کوچک هستند و نرخ جریان حجمی کم است، ریزفواره‌ها جریان‌های آب بزرگتری دارند و نرخ جریان در آنها بیشتر است. انواع زیادی از ریزفواره‌ها با جریان‌های آب مختلف و روش‌های حفاظتی مختلفی وجود دارد، همانند:

- ریزفواره روی یک پایه^۲، به‌طور عمده برای باغ‌ها و باغبانی؛
- ریزفواره‌های وارونه، با یا بدون یک پل.

۲-۳-۲-۲-۷ ریزفواره‌های روی یک پایه

چنانچه فاضلاب تصفیه‌شده دارای کیفیت پایین باشد، توصیه می‌شود از آب‌پاش با دبی کمتر از ۳۰ l/h استفاده نکنید. در ظرفیت کمتر، خروجی آب با قطر کمتر از ۱ mm، مستعد گرفتگی است.

۳-۳-۲-۲-۷ ریزفواره‌های وارونه

چنانچه فاضلاب تصفیه‌شده دارای کیفیت پایین باشد، توصیه می‌شود از آب‌پاش با دبی کمتر از ۵۰ l/h استفاده نکنید. در ظرفیت کمتر، خروجی آب با قطر کمتر از ۱ mm، مستعد گرفتگی است.

۳-۲-۷ فیلتراسیون

سطح فیلتراسیون و محل فیلتر یعنی نوع بدنه فیلتر در سامانه آبیاری بهتر است با توجه به کیفیت آب مدنظر انتخاب شود. فیلتراسیون در سامانه آبیاری مستقل از تصفیه نیست، بلکه به‌عنوان یک بخش جدایی‌ناپذیر در انواع سامانه‌های تصفیه موردنیاز است. در طول فرایندهای طراحی، بهتر است پایین‌ترین کیفیت آب ممکن در آن مکان در نظر گرفته شود.

به‌منظور رسیدن به سطح موردنیاز فیلتراسیون، دو سطح فیلتراسیون را می‌توان مشخص کرد، به‌عنوان مثال، ۱۲۰ μm یا اندازه‌ای که توسط تولیدکننده/طراح توصیه می‌شود. همچنین توصیه‌شده که تاسیسات فیلتراسیون تا حد ممکن نزدیک به نقطه توزیع نصب شوند. تنها در مواردی که فاصله بین آخرین فیلتر و لوله جانبی بیش از ۴۰۰ m باشد و/یا در صورت نصب فیلتر کنترلی، بهتر است که نصب یک فیلتر اضافی هم در نظر گرفته شود.

1- Micro-jet system

2- Spike

۴-۲-۷ خودکارسازی سامانه آبیاری

بر اساس درجه خودکارسازی سامانه آبیاری، سطوح زیر از خودکارسازی را می‌توان تشخیص داد:

- غیرخودکار؛

- خودکارسازی جزئی؛

- خودکارسازی متوالی؛

- خودکارسازی زیاد؛

- خودکارسازی کامل.

۳-۷ تصفیه پیشگیرانه، نگهداری منظم و رسیدگی به خرابی‌های سامانه آبیاری تحت فشار در ارتباط با کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده

۱-۳-۷ کلیات

به‌منظور تسهیل در استفاده و رسیدگی به فاضلاب تصفیه‌شده در نظر گرفته شده برای آبیاری کشاورزی، پارامترهای لازم جهت انتخاب کیفیت مناسب آب آبیاری، مورد بررسی قرار می‌گیرد. کیفیت آب برای تعریف (یا انطباق) نگهداری سامانه آبیاری بهتر است برحسب پارامترهای شیمیایی و فیزیکی در مصرف‌کنندگان نهایی و با توجه به کیفیت آب در خروجی‌های تأمین‌کننده آب اندازه‌گیری شود. توصیه می‌شود که نقاط نمونه‌برداری در منبع آب (تصفیه‌خانه فاضلاب، مخزن)، در قطعه آبیاری‌شده بعد از مراحل تصفیه (فیلتراسیون، گندزدایی و غیره) و در پایان شستشوی لوله جانبی تا زمانی که میزان کدورت به یک مقدار ثابت برسد، قرار گیرند.

ابتدا بهتر است یک آزمون آزمایشگاهی ماهانه آب انجام شود. با توجه به نتایج آنالیز، بهتر است تواتر انجام آزمون موردنیاز تعیین شود و همچنین بهتر است جهت تجزیه دقیق کیفیت آب، پارامترهای اضافی مورد بررسی قرار گیرند. پارامترهای اضافی عبارتند از: غلظت آهن، غلظت منگنز، کربنات کلسیم و رسوبات شیمیایی یا مواد جامد محلول برای تجزیه دقیق کیفیت آب که بهتر است بررسی شوند.

۲-۳-۷ پارامترهای کیفی آب موردنیاز جهت تصفیه و نگهداری سامانه‌های آبیاری، برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سامانه خردآبیاری

در جدول ۱۰، حداقل پارامترهای موردنیاز برای توصیف کیفیت آب مورد استفاده در آبیاری به‌منظور نگهداری از تجهیزات آبیاری ارائه شده است.

هر یک از پارامترهای زیر برای مشخص‌نمودن سه سطح کیفیت آب آبیاری با هدف نگهداری تجهیزات آبیاری یعنی خوب (درجه ۱)، متوسط (درجه ۲) و پایین (درجه ۳) به کار می‌روند (به جدول ۱۰ مراجعه شود).

الف - پتانسیل گرفتگی: یک آزمون فیزیکی که بهتر است با یک سنج اندازه‌گیری پتانسیل گرفتگی (CPM)^۱ انجام شود؛

ب- pH: آزمون سطح اسیدی یا بازی آب؛

پ- کلر مورد نیاز: با آزمون پتانسیل اکسایش و کاهش بررسی شود.

جدول ۱۰- تعاریف کیفیت آب مناسب برای سامانه آبیاری بر مبنای پتانسیل گرفتگی، pH و پتانسیل اکسایش و کاهش

پارامترها			کیفیت آب ^a
پتانسیل اکسایش و کاهش ^c	pH	پتانسیل گرفتگی ^b	
mV		زمان	
۳۰۰ تا ۵۰۰	< 7.2	بیشتر از ۷ min	خوب- درجه ۱
۲۵۰ تا ۳۰۰ و ۵۰۰ تا ۶۰۰	7.2 تا 8	۳ min تا ۶ min	متوسط- درجه ۲
$25 < \text{و} > 600$	$8.0 >$	کمتر از ۳ min	پایین- درجه ۳
^a این سطوح برای نگهداری سامانه آبیاری مناسب هستند نه برای آب مورد استفاده در آبیاری که در جای دیگر این استاندارد مشخص شده است. ^b آزمون‌های سنج اندازه‌گیری پتانسیل گرفتگی (CPM)، با استفاده از منافذ $150\mu\text{m}$ انجام می‌شود. ^c پتانسیل اکسایش و کاهش به‌عنوان شاخصی از مواد آلی موجود در آب انتخاب شده است. برای اندازه‌گیری‌های مستمر، انجام آزمون مورد نیاز برای کلر ممکن نیست؛ زیرا ابزار چنین آزمونی بسیار پرهزینه است و می‌تواند تنها در سامانه‌های آبیاری بزرگ به کار رود. اکسایش و کاهش هم به این منظور انتخاب شده است تا به‌عنوان بخشی از سامانه پایش به‌عنوان پیش‌فرض بوده باشد، هر چند که یک شاخص دقیق برای مواد آلی نیست. در این استاندارد ذکر شده است که برای آزمون کارایی سامانه کلرزی، بهتر است کلر سنج دائمی استفاده شود.			

۷-۳-۳ تجهیزات و سامانه های تصفیه برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و خردآب‌پاش‌ها

۷-۳-۳-۱ کلیات

برای تطبیق کیفیت‌های مختلف آب با تجهیزات آبیاری و لوازم جانبی، بهتر است به عواملی مانند تصفیه‌های منظم، تصفیه‌های پیشگیرانه و تصفیه برای بازگشت به کار مجدد تجهیزات در پی خرابی، توجه داشت. برای اطلاعات بیشتر درباره موضوعات مرتبط با آبیاری قطره‌ای که در این زیربند بحث شده است، به پیوست الف تا پیوست ج مراجعه کنید.

- راهنمای تزریق کلر به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (پیوست الف)؛

- راهنمای استفاده از اسید (پیوست ب)؛

- راهنمای تزریق پراکسید هیدروژن به سامانه آبیاری قطره‌ای (پیوست پ)؛

- راهنمای نمونه‌برداری از لوله‌های آبیاری قطره‌ای (پیوست ت)؛

- مواد شیمیایی مجاز (پیوست ث)؛

- شستشوی لوله‌های آبیاری قطره‌ای (پیوست ج).

۷-۳-۳-۱ تجهیزات و اقدامات نگهداری پیشگیرانه با توجه به کیفیت‌های مختلف آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای

بهتر است در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، انواع مختلف تجهیزات و اقدامات نگهداری زیر برای کیفیت‌های مختلف آب در نظر گرفته شود:

الف- تصفیه درجه ۱- مناسب برای تغذیه سامانه آبیاری قطره‌ای با آب دارای کیفیت خوب؛

توصیه می‌شود از سه سطح فیلتراسیون از قبیل فیلتر خودکار $150\ \mu\text{m}$ در مخزن یا در نقطه شروع سامانه و یک فیلتر کنترلی $130\ \mu\text{m}$ استفاده شود. بهتر است سامانه دو بار در هر فصل، در آغاز و پایان هر فصل شسته شود (راهنمای شستشوی خط لوله آبیاری قطره‌ای و لوله‌های جانبی در پیوست ج ذکر شده است)؛

ب- تصفیه درجه ۲- مناسب برای تغذیه سامانه آبیاری قطره‌ای با آب دارای کیفیت متوسط؛

در جایی که در آن مؤلفه پتانسیل گرفتگی غالب است، توصیه می‌شود از سه سطح فیلتراسیون شامل یک فیلتر خودکار $150\ \mu\text{m}$ در منبع آب یا در نقطه شروع سامانه، یک فیلتر در سامانه انتقال آب و یک فیلتر کنترلی در ابتدای قطعات با شستشوی دو ماه یکبار لوله‌های جانبی و چندراهه‌ها (منیفولدها)^۱ استفاده شود؛

پ- تصفیه درجه ۳- مناسب برای تغذیه سامانه آبیاری قطره‌ای با آب دارای کیفیت متوسط؛

در جایی که در آن مؤلفه pH غالب است، توصیه می‌شود که علاوه بر دو سطح فیلتراسیون، از مقدار مشخصی اسید استفاده شود. تصفیه با اسید چهار بار در سال با غلظت ۱ l (یک لیتر) هیدروکلریک اسید (یا معادل آن) برای نرخ جریان $1\ \text{m}^3/\text{h}$ انجام می‌شود، به‌طوری که سطح pH در پایان آخرین لوله جانبی، بعد از زمان تماس $1/5\ \text{h}$ به ۴ تا ۵ برسد. لوله‌های جانبی و منیفولدها هر دو ماه یکبار شسته شوند (برای دستورالعمل شستشو با اسید به پیوست ب مراجعه کنید).

ت- تصفیه درجه ۴- مناسب برای تغذیه سامانه آبیاری قطره‌ای با آب دارای کیفیت متوسط؛

در جایی که در آن مؤلفه پتانسیل اکسایش و کاهش غالب است، توصیه می‌شود از دو سطح فیلتراسیون و مقدار مشخصی کلر استفاده شود. تصفیه با کلر برای پیشگیری با مقدار $10\ \text{mg/l}$ در نرخ جریان $10\ \text{m}^3/\text{h}$ صورت گیرد، به‌طوری که میزان کلر باقیمانده به $2\ \text{mg/l}$ تا $3\ \text{mg/l}$ برسد. به‌عنوان جایگزین، از هیدروژن پراکسید هم می‌توان استفاده کرد. برای پیشگیری، مقدار ۱ l (یک لیتر) هیدروژن پراکسید به ازای جریان $10\ \text{m}^3/\text{h}$ در ساعت آخر آبیاری صورت گیرد. همچنین برای تصفیه به حالت شوک ناگهانی، زمانی که جریان به 20% تا 30% کاهش یابد مقدار ۱۰ l هیدروژن پراکسید به ازای جریان $10\ \text{m}^3/\text{h}$ به مدت ۱ h در انتهای چرخه آبیاری انجام شود؛ و در ادامه آب را به مدت ۱۲ h تا ۲۴ h بسته و سپس لوله‌ها شسته شوند.

ث- تصفیه درجه ۵- مناسب برای تغذیه سامانه آبیاری قطره‌ای با آب دارای کیفیت پایین؛

در جایی که در آن مؤلفه‌های پتانسیل گرفتگی و pH غالب هستند، توصیه می‌شود که دو سطح فیلتراسیون، اسیدی شدن منظم (مداوم یا در تکرار بالا) برای کاهش pH و شستن لوله‌های جانبی و مینی‌فولدها هر دو هفته یکبار انجام گیرد.

ج - تصفیه درجه ۶- مناسب برای تغذیه سامانه آبیاری قطره‌ای با آب دارای کیفیت پایین؛

در جایی که در آن مؤلفه‌های پتانسیل گرفتگی و پتانسیل اکسایش-کاهش غالب هستند، توصیه می‌شود از دو سطح فیلتراسیون و کلرزنی هفتگی با مقدار بالا استفاده شود. برای شستن سامانه تأمین آب از مخزن بهتر است غلظت 30 mg/l به ازای نرخ جریان $10 \text{ m}^3/\text{h}$ استفاده شود. دو بار در هفته کلرزنی را انجام دهید تا کلر باقیمانده در انتهای یک لوله جانبی به 1 mg/l برسد و هر دو هفته یکبار لوله‌های جانبی و مینی‌فولدها شسته شوند؛

چ - تصفیه درجه ۷- مناسب برای تغذیه سامانه آبیاری قطره‌ای با آب دارای کیفیت پایین؛

در جایی که در آن همه مؤلفه‌ها مشکل‌ساز هستند، توصیه می‌شود دو سطح فیلتراسیون، تصفیه با اسید به‌طور ثابت یا ماهانه، کلرزنی ثابت هفتگی در مخزن با غلظت حدود 3 mg/l و تصفیه با کلر در خود قطعه به میزان سه بار در هفته و به اندازه‌ای که سطح کلر در انتهای آخرین لوله جانبی به 1 mg/l برسد، انجام پذیرد. توصیه می‌شود شستشوها یکبار در هفته انجام شود. به‌عنوان جایگزین، می‌توان از هیدروژن پراکسید هم استفاده کرد. برای پیشگیری، مقدار 1 l (یک لیتر) هیدروژن پراکسید به ازای جریان $10 \text{ m}^3/\text{h}$ در ساعت آخر آبیاری صورت گیرد. همچنین برای تصفیه به حالت شوک ناگهانی، زمانی که جریان به 20% تا 30% کاهش یابد مقدار 10 l هیدروژن پراکسید به ازای جریان $10 \text{ m}^3/\text{h}$ به مدت 1 h در انتهای چرخه آبیاری انجام شود؛ و در ادامه آب را به مدت 12 h تا 24 h بسته و سپس لوله‌ها شسته شوند.

۷-۳-۲-۲ اقدامات پیشگیرانه و نگهداری با توجه به کیفیت‌های مختلف آب در سامانه‌های خُردآب‌پاش‌ها نیاز به تصفیه در سامانه‌های آبیاری خُردآب‌پاش و ریزفواره کمتر از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای است و فقط نیاز به فیلتراسیون دارند.

الف - ویژگی فیلتراسیون برای سامانه آبیاری خُردآب‌پاش‌های تغذیه‌شده با آب دارای کیفیت خوب: بهتر است یک سطح فیلتراسیون استفاده شود؛ با یک فیلتر کنترلی $180 \mu\text{m}$.

ب - ویژگی فیلتراسیون برای سامانه آبیاری خُردآب‌پاش‌های تغذیه‌شده با آب دارای کیفیت متوسط: بهتر است دو سطح فیلتراسیون استفاده شود؛ یک فیلتر با منافذ $80 \mu\text{m}$ در منبع آب یا نقطه شروع سامانه و یک فیلتر کنترلی $180 \mu\text{m}$ در بالادست قطعه.

پ - ویژگی فیلتراسیون برای سامانه آبیاری خُردآب‌پاش‌های تغذیه‌شده با آب دارای کیفیت مطلوب: بهتر است دو سطح فیلتراسیون استفاده شود؛ یک فیلتر $180 \mu\text{m}$ در مخزن و یک فیلتر $120 \mu\text{m}$ در منطقه بالادست.

۳-۳-۳-۳-۷ روش‌های تصفیه پیشنهادی در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای با توجه به کیفیت آب
جدول ۱۱، روش‌های تصفیه پیشنهادی برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای را بر اساس پارامترهای کیفی آب مندرج
در جدول ۱۰، خلاصه می‌کند.

جدول ۱۱- جزئیات روش‌های تصفیه پیشنهادی با توجه به سطح پارامتر کیفیت آب

مدل تصفیه توصیه شده	سطح شاخص کیفیت آب		
	پتانسیل اکسایش و کاهش	pH	پتانسیل گرفتگی
۱	۱	۱	۱
۴	۱	۱	۲
۴ و ۶	۱	۱	۳
۳	۱	۲	۱
۶	۱	۲	۲
۶ یا ۷	۱	۲	۳
۳	۱	۳	۱
۵	۱	۳	۲
۷	۱	۳	۳
۲	۲	۱	۱
۲	۲	۱	۲
۴	۲	۱	۳
۳	۲	۲	۱
۴ و ۵	۲	۲	۲
۶	۲	۲	۳
۳	۲	۳	۱
۶	۲	۳	۲
۷	۲	۳	۳
۲	۳	۱	۱
۴	۳	۱	۲
۶	۳	۱	۳
۵	۳	۲	۱
۴	۳	۲	۲
۶	۳	۲	۳
۵	۳	۳	۱
۷	۳	۳	۲
۷	۳	۳	۳

در جدول ۱۱ با استفاده از ترکیب مقادیر به دست آمده از جدول ۱۰، کیفیت آب بر مبنای ۳ پارامتر (پتانسیل
گرفتگی، pH و پتانسیل اکسایش و کاهش) به همراه تصفیه یا روش‌های تصفیه پیشنهادی درج شده است (به

زیربند ۷-۳-۳-۲ مراجعه شود). برای تعیین نوع مناسب تصفیه در سامانه آبیاری، توصیه می‌شود نتایج آزمون هر سه پارامتر در نظر گرفته شود.

مثال: اگر پتانسیل گرفتگی در سطح ۳، pH در سطح ۲ و پتانسیل اکسایش و کاهش در سطح ۱ باشد، نوع تصفیه پیشنهادی، تصفیه نوع ۶ یا ۷ است.

یادآوری- شماره‌های مدل تصفیه که در جدول ۱۱ آمده، مشخصه‌های پیشنهادی گزینه‌های تصفیه را ارائه می‌کند. باین حال هر مشخصه، تنوعی از موارد تکمیلی احتمالی را نیز می‌طلبد که به پارامترهای دقیق کیفی آب بستگی دارد.

روش‌های تصفیه ارائه‌شده در جدول ۱۱، ویژه کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده می‌باشد. توصیه می‌شود برای سایر کیفیت‌ها، روش تصفیه خاص تعیین شود.

۷-۳-۴ بازگرداندن یک سامانه آبیاری به حالت اول پس از خرابی

۷-۳-۴-۱ کلیات

خرابی احتمالاً در اثر ورود جریان حاوی مقادیر زیادی از ذرات یا مواد معلق یا هر دو اتفاق می‌افتد. اصلاح خرابی می‌تواند هم در حیطه مسئولیت تأمین‌کننده فاضلاب تصفیه‌شده و هم در حیطه مسئولیت مسئول نگهداری سامانه باشد.

۷-۳-۴-۲ خرابی شدید

خرابی شدید به احتمال زیاد به واسطه ورود حجم زیادی از ماده آلی یا معدنی در قالب ذرات یا مواد معلق یا هر دو به سامانه آبیاری ایجاد می‌شود. تصفیه پیشنهادی، شستن با فشار بالای منیفولدها بعد از قطع اتصال آن‌ها از لوله‌های جانبی است. شستن لوله‌های جانبی با فشار بالا، تصفیه با هیدروژن پراکسید برای کاهش مواد آلی از طریق غوطه‌وری یا تصفیه منظم (تزریق هیدروژن پراکسید در ادامه شستشوی تحت فشار فوری) بهتر است ۲ تا ۴ بار در روز تکرار شود. تصفیه مجاری خروجی مانند ریزفواره‌ها یا قطره‌چکان‌ها توسط اسید از طریق غوطه‌وری یا شستشوی تحت فشار منظم بهتر است ۲ تا ۳ بار تکرار شود و در ادامه شستشو با فشار انجام شود.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

راهنماهای تزریق کلر به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای

الف-۱ کلیات

کلر یک اکسیدکننده قوی است و برای اهداف زیر مفید است:

الف - پیشگیری و نابودی رشد لجن آلی، لجن آهن و لجن گوگرد؛

ب - اکسیداسیون عناصر مانند آهن، گوگرد، منگنز و غیره؛

پ - پاک‌سازی رسوبات آلی و لجن باکتریایی سامانه‌های آبیاری؛

ت - بهبود کارایی فیلتراسیون به‌ویژه فیلتراسیون با بستر شنی.

یادآوری ۱- کلر فقط روی مواد آلی مؤثر است.

یادآوری ۲- کلر روی مواد معدنی مانند ماسه، سیلت^۱، رسوب و غیره بی‌اثر است.

الف-۲ ایمنی

هشدار- ماده کلره (مایع، جامد یا گاز) برای انسان خطرناک است.

قبل از استفاده از کلر، همه دستورالعمل‌های ایمنی ارائه شده توسط تولیدکننده کلر مطالعه شود.

بهتر است به تمام دستورالعمل‌های تصفیه با کلر به‌لحاظ مفاد قانونی و همچنین به دستورالعمل تولیدکننده کلر توجه شود.

- قبل از پرکردن هر مخزن با محلول کلر، لازم است آن را به‌منظور حذف هرگونه بقایای کود بسیار با دقت بشویید؛

- از تماس با چشم‌ها اجتناب شود؛

- تماس کلر با چشم می‌تواند باعث کوری شود؛

- از تماس با پوست اجتناب شود.

تماس کلر با پوست می‌تواند باعث سوختگی شود.

- از لباس‌های محافظ در هنگام کار با کلر استفاده شود؛

عینک‌های ایمنی، دستکش‌ها، شلوارها و آستین‌های تمام‌قد و کفش‌های ساق‌بلند استفاده شود.

- از بلع یا استنشاق آن جلوگیری شود؛

بلع کلر یا استنشاق بخار آن می‌تواند کشنده باشد.

- اپراتور در طول زمان تصفیه حضور فیزیکی داشته باشد؛

در تمام مدت زمان تصفیه حضور داشته باشید. همه افراد غیرمجاز را از منطقه تصفیه دور نگه دارید.
یادآوری ۱- تماس مستقیم بین کلر و کودها می‌تواند باعث یک واکنش حرارتی انفجاری شود. این بسیار خطرناک است.

یادآوری ۲- تماس مستقیم بین کلر و اسید باعث انتشار گاز سمی می‌شود.

یادآوری ۳- تزریق کلر به آب آبیاری حاوی کودها خطرناک نیست.

الف-۳ مواد

کلر برای استفاده تجاری در اشکال مختلف در دسترس است. هر نوع دارای مزایا و معایبی است. راحتی، سهولت دسترسی و قیمت هر یک از مواد را قبل از تصمیم‌گیری در مورد استفاده آن در نظر بگیرید.

شکل‌های رایج در دسترس شامل موارد زیر است:

- کلر گازی (Cl_2)؛

- کلر جامد (هیپوکلریت کلسیم)؛

هنگامی که هم سطح کلسیم و هم سطح قلیائیت آب بالاتر از حد متوسط و pH بالاتر از ۸/۰ است، با یک متخصص برای مشاوره در مورد امکان استفاده از هیپوکلریت کلسیم مشورت کنید.

- کلر مایع (هیپوکلریت سدیم).

کلر مایع ناپایدار است و خودبه‌خود در مخزن ذخیره‌سازی با توجه به زمان، دما و تابش خورشیدی تجزیه می‌شود.

بهتر است مواد مایع را برای یک دوره زمانی طولانی ذخیره نکنید. اگر در زیر نور مستقیم خورشید نگهداری می‌شود، آن را در سایه نگه داشته و مخزن ذخیره‌سازی را به رنگ سفید رنگ‌آمیزی کنید.

الف-۴ کاربرد

الف-۴-۱ روش‌های کاربرد

به‌طور معمول دو روش برای کلرزنی وجود دارد:

الف- تزریق مداوم

بهتر است کلر به‌طور مداوم در میان چرخه آبیاری کامل تزریق شود. این موثرترین روش است، اما مصرف کلر بالاتر است.

ب- تزریق انتخابی

بهتر است کلر در طول یک ساعت آخر آبیاری تزریق شود. زمان لازم برای رسیدن کلر به انتهای سامانه را در نظر بگیرید (به جدول پ-۳ تا پ-۸ مراجعه کنید). با این روش، هم مصرف کلر و هم کارایی، پایین‌تر از روش تزریق مداوم است.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

راهنماهای استفاده از اسید در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای

ب-۱ مواد شیمیایی ممنوع

بهتر است بعضی از مواد شیمیایی در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای استفاده نشوند.

بهتر است دستورالعمل‌های زیر دنبال شود:

- هرگز از پلی فسفات استفاده نکنید؛
- هرگز از پتاسیم کلرید قرمز استفاده نکنید؛
- هرگز از پتاسیم سولفات قرمز استفاده نکنید؛
- هرگز از بوراکس^۱ استفاده نکنید؛
- هرگز از محصولات آلی با محتوای بالای مواد جامد معلق (بدون تصفیه اولیه) استفاده نکنید؛
- هرگز از محصولات و کودها با حلالیت پایین، مانند گچ استفاده نکنید؛
- هرگز از مواد شیمیایی مومی، حلال‌های روغنی، فرآورده‌های نفتی و شوینده‌ها استفاده نکنید؛
- هرگز از کلر فعال (در نقطه تزریق) با غلظت بالاتر از ۴۰ mg/l استفاده نکنید؛
- هرگز از اسید با pH کمتر از ۲ استفاده نکنید.

ب-۲ مواد شیمیایی مجاز

فهرستی از مواد شیمیایی مجاز در پیوست ث ارائه شده است.

ب-۳ تصفیه با اسید برای سامانه‌های قطره‌ای

اسیدها ممکن است برای حل کردن و تجزیه نمک‌ها، کربنات‌ها، فسفات و رسوبات هیدروکسید استفاده شوند.

یادآوری - تصفیه با اسید برای اکثر مواد آلی بی‌اثر است.

ب-۳-۱ ایمنی

هشدار- انواع اسیدها سمی بوده و برای انسان‌ها خطرناک هستند. قبل از استفاده از اسید، همه دستورالعمل‌های ایمنی ارائه شده توسط تولیدکننده اسید مطالعه شود.

بهتر است به تمام دستورالعمل‌های تصفیه با اسید به لحاظ مفاد قانونی و همچنین به دستورالعمل تولیدکننده اسید توجه شود.

– همیشه اسید را به آب اضافه کنید. هرگز آب را به اسید اضافه نکنید؛

– از تماس با چشم‌ها اجتناب شود؛

تماس اسید با چشم باعث کوری می‌شود.

– از تماس با پوست اجتناب شود؛

تماس اسید با پوست می‌تواند باعث سوختگی شود.

– از لباس‌های محافظ در هنگام کار با اسید استفاده شود؛

عینک‌های ایمنی، دستکش‌ها، شلوارها و آستین‌های تمام‌قد و کفش‌های ساق‌بلند استفاده شود.

– از بلع یا استنشاق آن جلوگیری شود؛

بلع اسید یا استنشاق بخار آن می‌تواند کشنده باشد.

– اپراتور در طول زمان تصفیه حضور فیزیکی داشته باشد.

در تمام مدت زمان تصفیه حضور داشته باشید. همه افراد غیرمجاز را از منطقه تصفیه دور نگه دارید.

ب-۳-۲ کاربرد

ب-۳-۲-۱ تزریق اسید داخل سامانه

برای انجام تصفیه با اسید در یک سامانه، بهتر است مراحل زیر انجام شود:

الف – مطمئن شوید که پمپ تزریق، ظرفیت بالایی دارد و در برابر اسید مقاوم است؛

اسیدها برای موادی مانند فولاد، آلومینیوم، سیمان آزبستی و غیره بسیار خورنده هستند. لوله‌های پلی‌اتیلن و پلی‌وینیل کلرید در برابر اسیدها مقاوم هستند. این عوامل را قبل از طراحی تصفیه در نظر بگیرید.

ب – قبل از شروع تصفیه، تمام اجزای سامانه را به طور کامل با استفاده از حداکثر جریان شستشو دهید؛

یادآوری – عدم توجه به شستشوی سامانه یا عدم شستشوی سامانه قبل استفاده از اسید، برای سامانه مضر است.

پ – اسید را با توجه به غلظت موردنظر به سامانه آبیاری به مدت زمان موردنیاز تزریق کنید؛

ت – پمپ تزریق را خاموش کنید؛

ث – آبیاری را برای دوره زمانی لازم مطابق با جدول پ-۳ تا جدول پ-۸ ادامه دهید.

ب-۳-۲-۲ غلظت‌های اسید

سطح غلظت اسید اضافه‌شده به آب آبیاری بستگی به نوع اسید مورد استفاده، درصد و ظرفیت آن دارد.

بهتر است اسیدها فاقد ناخالصی‌های نامحلول مانند گچ و غیره باشند.

اگر درصد اسید متفاوت از درصدهای ذکر شده در جدول ب-۱ باشد، درصد را طبق آن‌ها تنظیم کنید.

جدول ب-۱- غلظت‌های توصیه‌شده اسید

درصد اسید	غلظت توصیه‌شده در آب تصفیه‌شده
هیدروکلریک اسید، % ۳۳	% ۰٫۶
فسفریک اسید، % ۸۵	% ۰٫۶
نیتریک اسید، % ۶۰	% ۰٫۶
سولفوریک اسید، % ۶۵	% ۰٫۶

توصیه می‌شود غلظت اسید در آب تصفیه‌شده حاصل از استفاده از اسید با غلظت اولیه متفاوت، به شرح زیر محاسبه شود:

مثال: سولفوریک اسید % ۹۸ در دسترس است. بهتر است چه درصدی (Y) استفاده شود؟
 - $Y =$ غلظت توصیه‌شده در آب تصفیه‌شده؛

- در جدول ب-۱ داده‌های سولفوریک اسید % ۶۵ است.

بهتر است غلظت شروع به صورت زیر محاسبه شود:

$$Y \times 98\% = 0.6\% \times 65\%$$

$$Y = \frac{(0.6\% \times 65\%)}{98\%} = 0.4\%$$

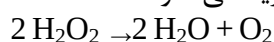
پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

راهنمای تزریق هیدروژن پراکسید به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای

پ-۱ کلیات

هیدروژن پراکسید یکی از قوی‌ترین اکسیدکننده‌های شناخته شده است. هیدروژن پراکسید همیشه همراه با آزادسازی گرما، به آب و گاز اکسیژن تجزیه می‌شود.



دنباله‌ای از تصفیه با هیدروژن پراکسید در ادامه تصفیه با کلر می‌تواند یک اثر اکسیدکننده قوی و طولانی‌مدت داشته باشد. کاربرد ترکیبی دو تصفیه مذکور ممنوع است.

هنگام استفاده از مخازن و لوله‌های فولادی دارای پوشش سیمانی و سیمان آربستی از هیدروژن پراکسید استفاده نکنید.

یادآوری- هیدروژن پراکسید برای پیشگیری یا نامحلول‌سازی رسوبات جداره، ماسه، سیلت و همانند این‌ها کارآمد نیست.

پ-۲ ایمنی

هشدار- هیدروژن پراکسید برای انسان‌ها و حیوانات خطرناک است. قبل استفاده از هیدروژن پراکسید، همه دستورالعمل‌های ایمنی ارائه‌شده توسط تولیدکننده هیدروژن پراکسید مطالعه شود.

بهتر است به تمام دستورالعمل‌های تصفیه با هیدروژن پراکسید به‌لحاظ مفاد قانونی و همچنین به دستورالعمل تولیدکننده توجه شود.

- قبل از پرکردن هر مخزن با محلول هیدروژن پراکسید، لازم است با دقت برای حذف هرگونه بقایای کود شسته شود؛

- از تماس با چشم‌ها اجتناب شود؛

تماس هیدروژن پراکسید با چشم باعث کوری می‌شود.

- از تماس با پوست اجتناب شود؛

تماس هیدروژن پراکسید با پوست می‌تواند باعث سوختگی شود.

- از لباس‌های محافظ در هنگام کار با هیدروژن پراکسید استفاده شود؛

عینک‌های ایمنی، دستکش‌ها، شلوارها و آستین‌های تمام‌قد و کفش‌های ساق‌بلند استفاده شود.

- از بلع یا استنشاق آن جلوگیری شود؛

بلع هیدروژن پراکسید یا استنشاق بخار آن می‌تواند کشنده باشد.

- اپراتور در طول زمان تصفیه حضور فیزیکی داشته باشید؛

در تمام مدت زمان تصفیه حضور داشته باشید. همه افراد غیرمجاز را از منطقه تصفیه دور نگه دارید.

- از تماس با روغن و گریس اجتناب شود؛

می‌تواند باعث انفجار یا آتش‌سوزی شود.

یادآوری ۱- تماس مستقیم بین هیدروژن پراکسید و کودهای حاوی آمونیاک می‌تواند باعث ایجاد یک واکنش حرارتی انفجاری و سبب انفجار مخزن شود. این بسیار خطرناک است.

یادآوری ۲- تزریق هیدروژن پراکسید به آب آبیاری حاوی کود خطرناک نیست.

پ-۳ خواص فیزیکی و شیمیایی

مزایای استفاده از هیدروژن پراکسید به شرح زیر است:

- واکنش اکسیداسیون سریع آن، باعث مصرف فوری پس از تماس با آب آبیاری می‌شود و هیچ فعالیت اکسیداسیون مداومی در کل سامانه آبیاری وجود ندارد (در مواقعی که کلر استفاده می‌شود)؛

- سازگار با محیط زیست است؛

- باقیمانده خطرناک ایجاد نمی‌کند؛

- جلوگیری از لجن باکتریایی در لوله‌ها و خطوط جانبی خط قطره‌چکان^۱؛

- تمیزکردن سامانه خط قطره‌چکان که در آن رسوبات آلی و لجن باکتریایی جمع شده است؛

- اکسیداسیون عناصر کم‌مصرف برای جلوگیری از توسعه و تکثیر باکتری (آهن، منگنز و گوگرد)؛

- بهبود کارایی فیلتراسیون اولیه تحت شرایط تنش آلی بالا؛

- گندزدایی آب آبیاری، گندآب^۲، فاضلاب و آب آشامیدنی؛

- پیشگیری و حذف بو در آب با متوقف کردن فعالیت بیولوژیکی؛

- پایین آوردن نسبت مقادیر BOD/COD با اکسیدکردن مواد آلاینده آلی و معدنی.

درجدول پ-۱ فهرستی از خواص فیزیکی و شیمیایی هیدروژن پراکسید در غلظت‌های مختلف آمده است.

با در نظر گرفتن ملاحظات ایمنی و هزینه‌ها، استفاده از غلظت ۳۵٪ یا ۵۰٪ هیدروژن پراکسید توصیه می‌شود.

جدول پ-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی هیدروژن پراکسید

غلظت				
۷۰ %	۶۰ %	۵۰ %	۳۵ %	
مایع	مایع	مایع	مایع	حالت فیزیکی
بی‌رنگ	بی‌رنگ	بی‌رنگ	بی‌رنگ	رنگ
بله	بله	بله	بله	مشخصه انتشار بو
۳۴/۰۱	۳۴/۰۱	۳۴/۰۱	۳۴/۰۱	وزن مولکولی H_2O_2
۱۲۵°C		۱۱۴°C	۱۰۸°C	نقطه جوش
-۳۷°C		-۵۱°C	-۳۲°C	نقطه انجماد
۱۱ mm Hg		۱۸ mm Hg	۲۳ mm Hg	فشار بخار در دمای ۲۵ °C
۱/۲۸۸	۱/۲۴۰	۱/۱۹۵	۱/۱۳۲	وزن مخصوص ($H_2O = 1$)
< ۲		< ۴	< ۵	pH

پ-۴ کاربرد

پ-۴-۱ کلیات

هیدروژن پراکسید تزریق شده، غلظت (mg/l) هیدروژن پراکسید محاسبه شده در نقطه تزریق است.

میزان هیدروژن پراکسید باقیمانده، غلظت (mg/l) اندازه گیری شده هیدروژن پراکسید در دورترین بخش سامانه تصفیه است.

میزان نیاز به هیدروژن پراکسید برای پسماندها و فاضلاب های صنعتی، بالا و برای آب رسانی شهری و انواع دیگر آب بدون بار آلی، کم می باشد.

در شرایطی که پسماند و فاضلاب های صنعتی موردنظر هستند، محاسبه غلظت مورد نیاز هیدروژن پراکسید ممکن نیست. بنابراین لازم است مقدار دلخواهی را به سامانه تزریق کرده و از کیت های آزمون برای تعیین غلظت باقیمانده در انتهای سامانه استفاده کرد و سپس مقدار درست هیدروژن پراکسید تطبیق داده شود. در شرایط آب رسانی شهری یا شرایط ناشی از انواع دیگر آب بدون بار بیولوژیکی، محاسبه میزان هیدروژن پراکسید قابل تزریق به سامانه آسان است.

پ-۴-۲ روش های کاربرد

به طور کلی دو روش استفاده از هیدروژن پراکسید وجود دارد:

الف- تزریق مداوم در مقدار پایین، بهتر است هیدروژن پراکسید به طور مداوم در سراسر سامانه آبیاری تزریق شود؛

ب - تزریق انتخابی، بهتر است هیدروژن پراکسید به طور مداوم در کل سامانه آبیاری با در نظر گرفتن زمان لازم برای رسیدن هیدروژن پراکسید به انتهای سامانه تزریق شود (به جدول پ-۳ تا جدول پ-۸ مراجعه شود). با این روش، هم مصرف و هم کارایی، پایین تر از تزریق مداوم هیدروژن پراکسید در مقدار کم است.

بهتر است میزان هیدروژن پراکسید باقیمانده در دورترین قسمت سامانه بررسی شود. انتهای سومین لوله جانبی را از لبه باز کنید و اجازه دهید آب به مدت ۱۰ s قبل از نمونه برداری جریان پیدا کند.

پ-۴-۳ تعیین نقطه تزریق

هیدروژن پراکسید را می توان در دو نقطه مختلف یک سامانه تزریق کرد. در هر یک از این دو وضعیت که هیدروژن پراکسید موجود است می تواند در دو نقطه مختلف در یک سامانه تزریق شود. به جدول پ-۲ مراجعه شود.

جدول پ-۲- نقطه تزریق هیدروژن پراکسید

ملاحظات	محل نقطه تزریق
محافظت از لوله های اصلی و فرعی در برابر تجمع لجن باکتریایی روی دیواره لوله ها، هنگامی که پسماند یا فاضلاب صنعتی استفاده می شود	بعد از پمپ آب و قبل از لوله ها
بهتر است منبع آب بدون بارهای آلی باشد (مانند، آب شیرین شهری، آب شور، آب چاه)	به طور مستقیم داخل نقطه شروع سامانه

پ-۵ تصفیه

توصیه می شود دستورالعمل های زیر دنبال شود:

- الف- آب را باز کنید و اجازه دهید تا زمان رسیدن به فشار ثابت در سامانه جاری باشد؛
- ب- یک مخزن تمیز را با حجم آب معادل ۱۰ min تزریق پر کنید (مقدار مواد وارد شده در مخزن را با توجه به توصیه های تولیدکننده هیدروژن پراکسید محاسبه کنید) و بلافاصله استفاده کنید. اگر مقدار محلول را درست محاسبه کرده باشید، تزریق در ۱۰ min به پایان خواهد رسید؛
- پ- هیدروژن پراکسید را به سامانه به مدت حداقل ۱۰ min تزریق کنید، اما بیشتر از ۱۵ min نشود؛
- ت- قبل از خاموش کردن سامانه، اجازه دهید که آب همچنان در سامانه برای دوره زمانی لازم جاری شود (در جدول پ-۳ تا جدول پ-۸ مشخص شده است)؛
- زمان لازم برای جاری ماندن آب در سامانه پس از تزریق مهم است. خاموش کردن سامانه پس از این زمان را به تأخیر نیندازید.
- ث- بعد از اینکه تصفیه با هیدروژن پراکسید کامل شده است، قبل از ادامه آبیاری، حداقل ۲۴ h صبر کنید.

پ-۶ زمان های تزریق برای تصفیه مواد شیمیایی / کود

زمان جریان خط قطره چکان (min) برای تزریق مواد شیمیایی / کود

جدول پ-۳- خطوط قطره چکان با قطر خارجی ۱۷ mm تا قطر داخلی ۱۴/۶ mm

۱/۰				۰/۸				۰/۵				۰/۳				فاصله بین قطره چکان ها M	
۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	نرخ اسمی جریان قطره چکان l/h	طول کل لوله جانبی m
۱۵	۲۳	۳۳	۵۲	۱۲	۱۹	۲۷	۴۳	۸	۱۳	۱۸	۳۰	۵	۸	۱۲	۱۶	۱۰۰	
۱۷	۲۶	۳۷	۵۹	۱۴	۲۱	۳۱	۴۹	۹	۱۴	۲۱	۳۳	۶	۹	۱۳	۱۸	۲۰۰	
۱۸	۲۷	۳۹	۶۳	۱۵	۲۳	۳۳	۵۲	۱۰	۱۵	۲۲	۳۵	۶	۱۰	۱۴	۱۹	۳۰۰	

جدول پ-۴- خطوط قطره چکان با قطر خارجی ۱۶/۵ mm تا قطر داخلی ۱۵/۹ mm

۱/۰				۰/۸				۰/۵				۰/۳				فاصله بین قطره چکان ها m	
۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	نرخ اسمی جریان قطره چکان l/h	
۱۹	۳۲	۴۷	۶۴	۱۵	۲۵	۳۷	۵۱	۱۱	۱۸	۲۶	۳۶	۸	۱۴	۲۱	۲۹	۱۰۰	طول کل لوله جانبی m
۲۲	۳۶	۵۳	۷۳	۱۷	۲۹	۴۱	۵۷	۱۲	۲۰	۲۹	۴۰	۹	۱۶	۲۳	۳۲	۲۰۰	
۲۳	۳۹	۵۶	۷۷	۱۸	۳۰	۴۴	۶۱	۱۳	۲۱	۳۱	۴۳	۱۰	۱۷	۲۴	۳۳	۳۰۰	

جدول پ-۵- خطوط قطره چکان با قطر خارجی ۲۰ mm تا قطر داخلی ۱۷/۵ mm

۱/۰				۰/۸				۰/۵				۰/۳				فاصله بین قطره چکان ها m	
۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	نرخ اسمی جریان قطره چکان l/h	
۲۱	۳۳	۴۷	۷۵	۱۸	۲۷	۳۹	۶۲	۱۲	۱۸	۲۶	۴۲	۸	۱۲	۱۷	۲۸	۱۰۰	طول کل لوله جانبی m
۲۴	۳۷	۵۳	۸۵	۲۰	۳۱	۴۴	۷۰	۱۴	۲۱	۳۰	۴۷	۹	۱۳	۱۹	۳۱	۲۰۰	
۲۶	۳۹	۵۷	۹۱	۲۱	۳۳	۴۷	۷۵	۱۴	۲۲	۳۱	۵۰	۹	۱۴	۲۰	۳۲	۳۰۰	
۲۷	۴۱	۵۹	۹۵	۲۲	۳۴	۴۹	۷۸	۱۵	۲۳	۳۳	۵۲	۱۰	۱۵	۲۱	۳۴	۴۰۰	
۲۸	۴۳	۶۱	۹۸	۲۳	۳۵	۵۱	۸۱	۱۵	۲۳	۳۴	۵۴	۱۰	۱۵	۲۲	۳۵	۵۰۰	

جدول پ-۶- خطوط قطره چکان با قطر خارجی mm ۲۳ تا قطر داخلی mm ۲۰/۸

۱/۰				۰/۸				۰/۵				۰/۳				فاصله بین قطره چکان ها m	
۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۳/۵	۲/۳	۱/۶	۱/۰	نرخ اسمی جریان قطره چکان l/h	
۳۰	۴۶	۶۶	۱۰۶	۲۵	۳۸	۵۵	۸۸	۱۷	۲۶	۳۷	۶۰	۱۱	۱۷	۲۴	۳۹	۱۰۰	طول کل لوله m جانبی
۳۴	۵۲	۷۵	۱۲۰	۲۸	۴۳	۶۲	۹۹	۱۹	۲۹	۴۲	۶۷	۱۲	۱۹	۲۷	۴۳	۲۰۰	
۳۷	۵۶	۸۰	۱۲۸	۳۰	۴۶	۶۶	۱۰۶	۲۰	۳۱	۴۴	۷۱	۱۳	۲۰	۲۹	۴۶	۳۰۰	
۳۸	۵۸	۸۴	۱۳۴	۳۲	۴۸	۶۹	۱۱۱	۲۱	۳۲	۴۶	۷۴	۱۴	۲۱	۳۰	۴۷	۴۰۰	
۳۹	۶۰	۸۶	۱۳۸	۳۳	۵۰	۷۱	۱۱۴	۲۲	۳۳	۴۸	۷۶	۱۴	۲۱	۳۰	۴۹	۵۰۰	

جدول پ-۷- خطوط قطره چکان با قطر خارجی mm ۲۲/۷ تا قطر داخلی mm ۲۲/۲

۱/۰				۰/۸				۰/۵				۰/۳				فاصله بین قطره چکان ها m	
۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	نرخ اسمی جریان قطره چکان l/h	طول کل لوله م جانبی
۳۷	۶۳	۹۱	۱۲۶	۲۹	۵۰	۷۲	۹۹	۲۱	۳۵	۵۱	۷۱	۱۶	۲۸	۴۰	۵۶	۱۰۰	
۴۲	۷۱	۱۰۳	۱۴۲	۳۳	۵۶	۸۱	۱۱۱	۲۳	۳۹	۵۷	۷۹	۱۸	۳۱	۴۵	۶۲	۲۰۰	
۴۵	۷۵	۱۱۰	۱۵۱	۳۵	۵۹	۸۶	۱۱۸	۲۵	۴۲	۶۱	۸۳	۱۹	۳۳	۴۷	۶۵	۳۰۰	
۴۷	۷۹	۱۱۵	۱۵۷	۳۶	۶۲	۸۹	۱۲۳	۲۶	۴۳	۶۳	۸۷	۲۰	۳۴	۴۹	۶۷	۴۰۰	
۴۸	۸۱	۱۱۸	۱۶۳	۳۸	۶۳	۹۲	۱۲۷	۲۶	۴۵	۶۵	۸۹	۲۱	۳۵	۵۰	۶۹	۵۰۰	

جدول پ-۸- خطوط قطره چکان با قطر خارجی mm ۲۵/۷ تا قطر داخلی mm ۲۵

۱/۰				۰/۸				۰/۵				۰/۳				فاصله بین قطره چکان ها m	
۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	۲/۷	۱/۶	۱/۱	۰/۸	نرخ اسمی جریان قطره چکان l/h	
۴۷	۸۰	۱۱۶	۱۵۹	۳۷	۶۳	۹۱	۱۲۶	۲۷	۴۵	۶۵	۹۰	۲۱	۳۵	۵۱	۷۰	۱۰۰	طول کل لوله جانبی m
۵۳	۹۰	۱۳۱	۱۸۰	۴۲	۷۰	۱۰۲	۱۴۱	۳۰	۵۰	۷۳	۱۰۰	۲۳	۳۹	۵۷	۷۸	۲۰۰	
۵۷	۹۶	۱۳۹	۱۹۱	۴۴	۷۵	۱۰۹	۱۵۰	۳۱	۵۳	۷۷	۱۰۶	۲۴	۴۱	۶۰	۸۲	۳۰۰	
۵۹	۱۰۰	۱۴۵	۲۰۰	۴۶	۷۸	۱۱۳	۱۵۶	۳۳	۵۵	۸۰	۱۱۰	۲۵	۴۳	۶۲	۸۶	۴۰۰	
۶۱	۱۰۳	۱۵۰	۲۰۶	۴۸	۸۰	۱۱۷	۱۶۱	۳۴	۵۷	۸۲	۱۱۳	۲۶	۴۴	۶۴	۸۸	۵۰۰	

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

راهنماهای نمونه‌برداری از لوله‌های آبیاری قطره‌ای

ت-۱ کلیات

به منظور تشخیص مشکلات خطوط قطره‌چکان، اطلاعات مورد نیاز را تکمیل کرده و دستورالعمل‌های مشخص شده زیر را دنبال کنید:

- هنگامی که منطقه شامل چند قطعه است، نمونه را از تنها از یک قطعه بردارید.
- همان‌طور که در شکل ت-۱ نشان داده شده، نمونه‌برداری در فاصله ۳۰ cm بخش‌های لوله جانبی انجام شود، مشروط بر آن‌که سوراخ قطره‌چکان در میانه این فاصله قرار گرفته باشد.

ت-۲ اطلاعات کلی

الف - اهداف

نمونه‌برداری:

- آزمون معمول؛

- گرفتگی قطره‌چکان‌ها؛

- سایر موارد:

ب- تعیین نوع و سن سامانه:

پ- تعیین منبع آب:

- چاه؛

- رودخانه؛

- سد؛

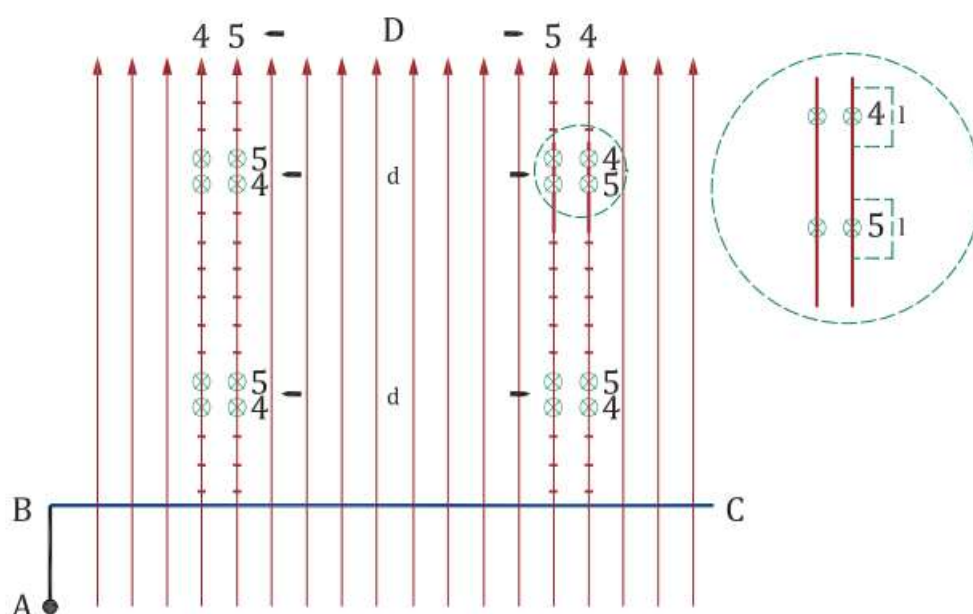
- برکه؛

- فاضلاب تصفیه‌شده (TWW)؛

- سایر موارد:

این دستورالعمل‌ها برای سامانه‌های قطره‌چکان یکپارچه و برخط مناسب هستند. هنگام گرفتن نمونه با استفاده از قطره‌چکان‌های برخط، قطره‌چکان‌ها را با نمونه لوله ۳۰ cm همان‌طور که در مورد ت شرح داده شده، ارسال کنید.

- ت- برای گرفتن یک نمونه قطره‌چکان از خطوط قطره‌چکان، مراحل زیر انجام دهید (مطابق با شکل ت-۱):
- از ابتدا و انتهای لوله جانبی شروع کنید، یک نمونه ۳۰ cm (۱۵ cm روی هر طرف از سوراخ قطره‌چکان‌ها) از قطره‌چکان‌های نزدیک شاخه چهارم و پنجم برش دهید؛
 - ۱۶ نمونه را محکم با کاغذ مرطوب بسته‌بندی کرده و داخل یک کیسه پلاستیکی قرار دهید؛
 - نمونه‌ها را برای آنالیز ارسال کنید؛
 - لوله‌ها را در مزرعه تعمیر کنید.



راه نما:

- A نقطه شروع کنترل
- A تا B لوله اصلی
- B تا C لوله فرعی
- D خطوط قطره‌چکان
- d قطره‌چکان‌ها

4 و 5 نمونه‌برداری از قطره‌چکان‌ها در نزدیکی شاخه چهارم و پنجم از ابتدا / انتهای خطوط قطره‌چکان
 ۱ برش یک نمونه ۳۰ cm (۱۵ cm روی هر طرف از سوراخ قطره‌چکان‌ها) از قطره‌چکان‌های نزدیک شاخه چهارم و پنجم

شکل ت-۱- نمونه‌برداری از خطوط قطره‌چکان‌ها

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

مواد شیمیایی مجاز

ث-۱ کلیات

قبل از استفاده از هرگونه مواد شیمیایی، بهتر است اطلاعاتی در مورد کیفیت مواد شیمیایی، خلوص آن و مقدار توصیه‌شده را از تولیدکننده آن به‌دست آورید.

بهتر است غشاء یا لایه سطحی چربی را که پس از آماده‌سازی کود تشکیل شده، حذف کنید. مواد شیمیایی زیر (مایع یا بسیار محلول) برای تزریق در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای مجاز هستند.

ث-۲ نیتروژن (N)

– اوره؛

– نیترات آمونیوم؛

– نیتریک اسید.

ث-۳ فسفر (P)

– فسفریک اسید؛

– مونوآمونیوم فسفات (MAP)^۱ (با حلالیت بالا)؛

– آمونیوم فسفات.

ث-۴ پتاسیم (K)

– پتاسیم نیترات؛

– پتاسیم کلرید.

ث-۵ ترکیبات جزئی

– کی‌لیت‌ها؛

- اتیلن دی آمین تتراستیک اسید (EDTA)^۱؛
- پنتتیک اسید یا دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید (DTPA)^۲؛
- اتیلن دی آمین -N,N'- بیس (۲- هیدروکسی فنیل استیک اسید (EDDHA)^۳؛
- هیدروکسی اتیلن دی آمینو تری استات (HEDTA)^۴؛
- اتیلن دی آمین دی (۵- کربوکسی -۲- هیدروکسی فنیل استیک) اسید (EDDCHA)^۵؛
- اتیلن دی آمین دی (۲- هیدروکسی -۵- سولفوفنیل استیک) اسید (EDDHSA)^۶؛
- ADDHMA؛
- بوریک اسید.

1- Ethylenediaminetetraacetic acid
2- Diethylenetriaminepentaacetic acid
3- Ethylenediamine-N,N'-bis(2-hydroxyphenylacetic acid)
4- Hydroxyethylethylenediaminotriacetate
5- Ethylenediaminedi(5-carboxy-2-hydroxyphenylacetic) acid
6- ethylenediaminedi(2-hydroxy-5-sulfohenylacetic) acid

پیوست ج

(آگاهی‌دهنده)

شستشوی لوله‌های آبیاری قطره‌ای

ج-۱ شستشوی خطوط اصلی، فرعی و توزیع

ج-۱-۱ کلیات

شستشوی خطوط اصلی، فرعی و توزیع یک عملیات مهم است که اغلب مورد توجه کافی قرار نمی‌گیرد. حتی با یک فیلتر اصلی در ایستگاه نقطه شروع کنترل، ذرات کوچک می‌توانند از سامانه لوله‌کشی عبور کنند و بهتر است به صورت فیزیکی از سامانه لوله‌کشی خارج شوند.

شستشوی خطوط اصلی، فرعی و توزیع به‌طور قابل‌توجهی تجمع مواد آلی و معدنی در سامانه را کاهش می‌دهد. این امر مانع از رسیدن این مواد به قطره‌چکان‌ها و در نهایت گرفتگی آنها می‌شود، بنابراین مقدار شیمیایی موردنیاز برای حفظ سامانه را به حداقل می‌رساند. شستشوی منظم خطوط اصلی، فرعی و توزیع منجر به صرفه‌جویی قابل‌توجهی در زمان کار و مواد شیمیایی می‌شود.

توصیه می‌شود خطوط اصلی، فرعی و توزیع در سامانه به ترتیب شستشو شوند. بهتر است برای هر یک از آنها حداقل به مدت ۲ min یا تا زمانی که آب خروجی شفاف شود، شستشو ادامه پیدا کند.

احتیاط: بهتر است لوله‌ها در فواصل زمانی منظم شسته شوند. تواتر شستشو عمدتاً به کیفیت آب و برنامه نگهداری (حداقل: یکبار در فصل رشد) بستگی دارد.

شستشو تنها زمانی موثر است که نرخ جریان در خطوط اصلی، فرعی یا توزیع کافی باشد تا سرعت مناسب شستشو در سامانه را تأمین کند.

ج-۱-۲ شستشوی دستی خطوط اصلی، فرعی و توزیع

شستشو می‌تواند خودکار یا دستی باشد.

توصیه می‌شود شستشوی دستی خطوط اصلی، فرعی و توزیع به شرح زیر انجام شود:

- لوله‌ها را به این ترتیب شستشو دهید: خطوط اصلی، خطوط فرعی، خطوط توزیع؛
- شیرهای شستشوی هر یک از آنها را به نوبت در حالی که تحت فشار هستند باز کنید.

ج-۱-۳ امواج شستشو

فرایند شستشوی خطوط اصلی، فرعی و توزیع از دو موج برای هر یک تشکیل شده است.

توصیه می‌شود مراحل زیر انجام شود:

- موج اول آلاینده‌های جمع شده در انتهای لوله را از بین می‌برد؛
- موج دوم آلاینده‌ها را از لوله حذف می‌کند.
- رنگ موج دوم به اندازه موج اول تیره نیست، اما این فرایند زمان بیشتری می‌برد.
- بهتر است شستشو تا زمانی که آب از نظر چشمی شفاف شود، ادامه یابد.

ج-۱-۴ دستیابی به سرعت جریان آب در لوله‌ها

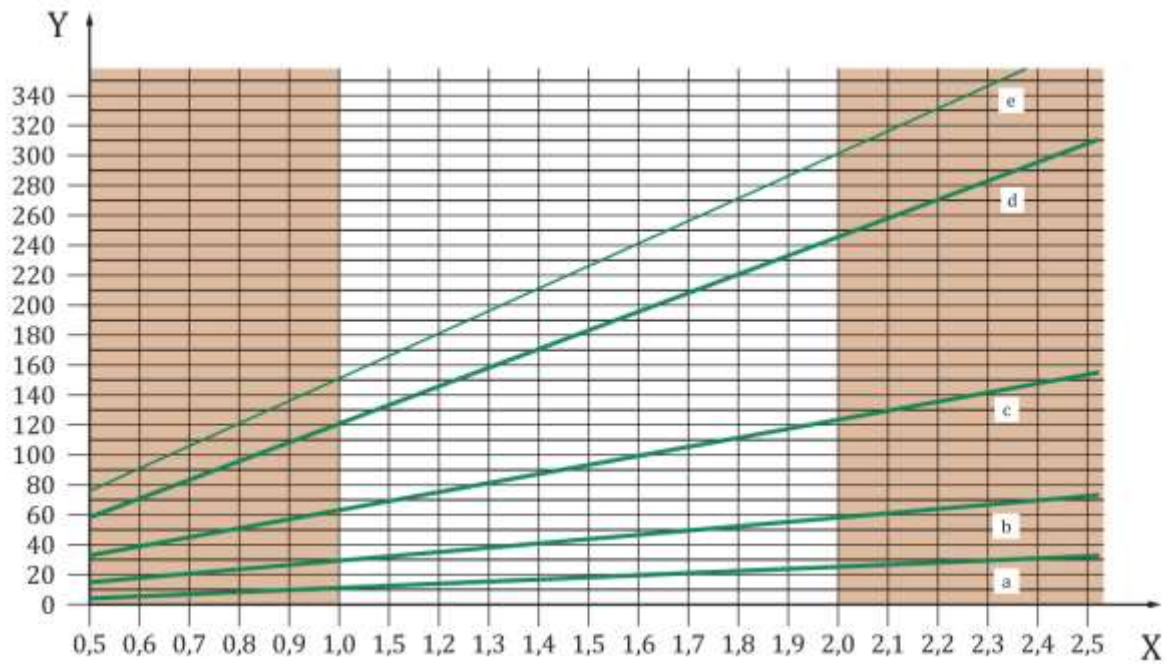
سرعت آب در لوله به نرخ جریان و قطر داخلی لوله بستگی دارد.

- با استفاده از جدول ج-۱، قطر هر بخش لوله را که به‌طور جداگانه شستشو داده می‌شود، شناسایی کنید، (که رایج‌ترین قطر لوله‌های مورد استفاده برای خطوط اصلی، فرعی و توزیع را ارائه می‌دهد):

جدول ج-۱- رایج‌ترین قطر لوله‌های مورد استفاده برای خطوط اصلی، فرعی و توزیع برای شستشو

قطر اسمی لوله، اینچ (mm)	۳ (۷۵)	۴ (۱۱۰)	۶ (۱۶۰)	۸ (۲۲۵)	۱۰ (۲۵۰)
قطر داخلی واقعی لوله (mm)	۶۷٫۸	۱۰۱٫۶	۱۴۷٫۶	۲۰۷٫۸	۲۳۰٫۸

- نرخ جریان را در هر بخش لوله بررسی کنید تا به‌طور جداگانه با نزدیکترین کنترلر آب نصب شده در بالادست آن شستشو داده شود؛
- با دانستن قطر لوله و نرخ جریان، از شکل ج-۱ برای بدست آوردن سرعت هر بخش لوله برای شستشو استفاده کنید. شستشوی توصیه شده ۵/۵ m/s (5ft/s) است. گستره سرعت مجاز برای شستشو ۱ m/s تا ۲ m/s (3.36 ft/s to 6.6 ft/s) است.



راهنما:

X	سرعت (v) , m/s
Y	نرخ جریان، (Q) , m ³ /h
a	قطر لوله 3"
b	قطر لوله 4"
c	قطر لوله 6"
d	قطر لوله 8"
e	قطر لوله 10"

شکل ج-۱- سرعت در لوله‌های با قطرهای مختلف با نرخ‌های جریان متفاوت

اگر لوله مورد استفاده در خطوط اصلی، فرعی یا توزیع سامانه در نمودار و جدول ج-۱ مشاهده نشد، قطر داخلی واقعی مستند شده لوله را پیدا کرده و سرعت جریان را با استفاده از فرمول‌های مناسب محاسبه کنید.

ج-۲ شستشوی خطوط قطره‌چکان‌ها

خطوط قطره‌چکان در هر دو سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI)^۱ و سطحی نیاز به شستشوی دوره‌ای دارند تا مواد زائد ته‌نشین شده آلی یا معدنی و باقیمانده مواد شیمیایی تزریق شده به سامانه تخلیه شوند.

در سامانه‌های SDI، شستشوی خطوط قطره‌چکان اولویت بالایی دارد زیرا تعویض مکرر خطوط قطره‌چکان غیرعملی است و انتظار می‌رود زمان استفاده از خطوط قطره‌چکان تا ۲۰ سال یا حتی بیشتر باشد. حتی برای استفاده کوتاه مدت از خطوط قطره‌چکان، شستشو برای حفظ یکنواختی آبیاری مهم است.

برای تمیز نگه داشتن خطوط قطره‌چکان، بهتر است شستشو به دفعات مورد نیاز انجام شود. این امر، به کیفیت آب فصلی و اثربخشی فیلتر سامانه بستگی دارد.

1- Sub-surface Drip Irrigation

بهتر است تمام خطوط قطره‌چکان در یک قطعه به ترتیب در هر بار شستشو، شسته شوند.

بهتر است خطوط قطره‌چکان‌ها تا زمانی که آب خروجی شفاف شود، شستشو ادامه پیدا کند.

توصیه می‌شود آب خروجی به نحو صحیح دفع شود تا از بدتر شدن کیفیت آب ورودی سامانه و/یا کیفیت محیط اطراف محل، جلوگیری گردد.

احتیاط: شستشو به‌طور موقت الزامات جریان سامانه را افزایش می‌دهد، که به نوبه خود موجب کاهش فشار سامانه می‌شود. در برخی موارد، به‌منظور تأمین نرخ جریان موردنیاز برای شستشو، از یک پمپ اضافی در نقطه شروع سامانه استفاده می‌شود. پمپ اضافی فقط در حین شستشو فعال می‌شود تا کاهش نرخ جریان را جبران کند.

طول خطوط قطره‌چکان بر مدت زمان شستشوی موردنیاز تأثیر می‌گذارد. خطوط قطره‌چکان طولانی‌تر به مدت زمان شستشوی بیشتر نیاز دارند.

پیوست چ

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد ملی نسبت به استاندارد منبع

بخش‌های اضافه‌شده

- بند ۱ هدف و دامنه کاربرد، یادآوری‌های ۱ و ۲ اضافه شده است.

- منابع [۱]، [۲] و [۳] به کتاب‌نامه اضافه شده است.

کتابنامه

- [۱] قانون حفاظت از خاک مصوبه مجلس شورای اسلامی مورخ ۱۳۹۸/۰۳/۰۴
- [۲] حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده های ورودی به آن برای کاربری های مختلف خاک و راهنماهای آن (براساس قانون حفاظت از خاک)، سازمان حفاظت محیط زیست
- [۳] استانداردهای خروجی فاضلاب (به استناد ماده ۵ آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب)
- [4] ISO 5667-1, Water quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۱۱: سال ۱۴۰۱، کیفیت آب - نمونه برداری - قسمت ۱: طراحی برنامه ها و تکنیک های نمونه برداری - راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-1: 2023 تدوین شده است.
- [5] ISO 5667-4, Water quality — Sampling — Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۱۱-۴: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب - نمونه برداری - قسمت ۴: نمونه برداری از دریاچه های طبیعی و مصنوعی - راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-4: 2016 تدوین شده است.
- [6] ISO 5667-6, Water quality — Sampling — Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۶۲-۶: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب - نمونه برداری - آئین کار نمونه برداری از رودخانه ها و نهرها، با استفاده از استاندارد ISO 5667-6: 2005 تدوین شده است.
- [7] ISO 5667-10, Water quality — Sampling — Part 10: Guidance on sampling of waste waters.
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۱۱-۱۰: سال ۱۴۰۰، کیفیت آب - نمونه برداری - قسمت ۱۰: نمونه برداری از فاضلاب - راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-10: 2020 تدوین شده است.
- [8] ISO 5667-11, Water quality — Sampling — Part 11: Guidance on sampling of groundwaters.
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۱۱-۱۱: سال ۱۳۸۹، کیفیت آب - نمونه برداری - قسمت ۱۱: راهنمای نمونه برداری از آب های زیرزمینی، با استفاده از استاندارد ISO 5667-11: 2009 تدوین شده است.
- [9] ISO 5667-20, Water quality — Sampling — Part 20: Guidance on the use of sampling data for decision making — Compliance with thresholds and classification systems
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۸۴: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب - نمونه برداری - راهنمای استفاده از داده های نمونه برداری برای تصمیم گیری - انطباق با آستانه ها و سیستم های طبقه بندی، با استفاده از استاندارد ISO 5667-20: 2008 تدوین شده است.
- [10] ISO 9912-1, Agricultural irrigation equipment — Filters for micro-irrigation — Part 1: Terms, definitions and classification
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۸۹۹۰-۱: سال ۱۳۸۵، ماشین های کشاورزی - تجهیزات آبیاری - صافی های آبیاری خرد - قسمت ۱: اصطلاحات، تعاریف و طبقه بندی، با استفاده از استاندارد ISO 9912-1: 2004 تدوین شده است.

[11] ISO 9912-2, Agricultural irrigation equipment — Filters for microirrigation — Part 2: Strainer-type filters and disc filters

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۸۹۹۰: سال ۱۳۹۴، تجهیزات آبیاری کشاورزی - صافی‌های آبیاری خرد - قسمت ۲: صافی‌های (فیلتر) نوع توری و دیسکی، با استفاده از استاندارد ISO 9912- 2: 2013 تدوین شده است.

[12] ISO 9912-3, Agricultural irrigation equipment — Filters for microirrigation — Part 3: Automatic flushing strainer-type filters and disc filters

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳-۸۹۹۰: سال ۱۳۹۳، ماشین‌های کشاورزی - تجهیزات آبیاری - صافی‌های خردآبیاری - قسمت ۳: صافی‌های نوع دیسکی و توری خود شوینده، با استفاده از استاندارد ISO 9912- 3:2013 تدوین شده است.



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۸۷۶-۴

چاپ اول

۱۴۰۲

INSO
21876-4
1st Edition
2024

Modification of
ISO 16075-4: 2021

استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای
پروژه های آبیاری -
قسمت ۴: پایش - راهنما

Treated wastewater use for irrigation
projects —
Part 4: Monitoring — Guideline

ICS: 13.060.01; 13.060.30

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: <http://www.inso.gov.ir>

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: <http://www.inso.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، بهروزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس خوراکی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای پروژه های آبیاری - قسمت ۴: پایش - راهنما»

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس:

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات فناوری های محیط زیست
پژوهشکده علوم پایه پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت الله
(دکتری بهداشت محیط)

دبیر:

کارشناس هماهنگی امور تدوین اداره کل استاندارد استان خوزستان

شیرالی، لیلا
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

انتظاری، صابر
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)

کارشناس شرکت آزمون سنجش بینا

اکبر زاده، ثریا
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

کارشناس گروه آب های سطحی دفتر حفاظت و مدیریت
زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور

بابائی، نادیا
(دکتری مهندسی عمران - مهندسی و مدیریت منابع آب)

کارشناس مسئول پایش آب شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی

برغمندی، مرتضی
(کارشناسی مهندسی بهداشت محیط)

ریاست مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی دانشگاه علوم پزشکی
جندی شاپور اهواز

تکدستان، افشین
(دکتری مهندسی محیط زیست)

رئیس کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 282 و مدیر گروه محیط
زیست و آب های غیرمتعارف شرکت مدیریت منابع آب ایران

جهانی بهنمیری، اصغر
(دکتری مهندسی محیط زیست)

سرپرست و مدیر فنی ایزو ۱۷۰۲۵ شرکت فجر انرژی خلیج فارس

جوادی، مریم
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

رئیس گروه ارزیابی طرح های توسعه و ساماندهی منابع آب سازمان آب و
برق استان خوزستان

جامعی، نازنین
(کارشناسی ارشد علوم محیط زیست)

کارشناس گروه بهداشت آب و فاضلاب وزارت بهداشت، درمان و آموزش
پزشکی

حسن زاده، ناهید
(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب)

سمت و/یا محل اشتغال:

کارشناس مسئول بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب کشور	اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا) حسین‌زاده، وحید (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)
کارشناس مسئول آزمایشگاه محیط زیست اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان	خاشعی، مرجان (دکتری آلودگی محیط زیست)
سرپرست محیط زیست شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران	خاکپور، مائده (کارشناسی ارشد محیط زیست)
رئیس گروه بررسی زیست محیطی فاضلاب‌ها دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور	خاور، سیده لیلا (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)
عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور	رضایی، حامد (دکتری خاک‌شناسی- شیمی و حاصلخیزی خاک)
کارشناس دفتر مطالعات و بررسی‌های فنی شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی	رستمی ایرانق، علی (دکتری شیمی تجزیه)
کارشناس گروه خاک دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور	رحمانی ایوریق، بهنام (کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی)
معاون فنی و پردازش سازمان مدیریت پسماند شهرداری اهواز	سعادت، سجاد (دکتری مهندسی محیط زیست- ارزیابی و آمایش سرزمین)
عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی	سپهری صادقیان، سالومه (دکتری آبیاری- آبیاری و زهکشی)
دبیر کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 224	شیخ الاسلامی، زهرا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست)
دبیر کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 147 و کارشناس پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی	شیجونی فومنی، ندا (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)
رئیس گروه آب و فاضلاب مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی	شقاقی، غلامرضا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست)
کارشناس مکانیک خاک دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی	طیبی، نجمه (کارشناسی ارشد شیمی حاصلخیزی خاک)
مسئول فنی شرکت پارس لیان اروند شعبه خرمشهر	عباس اصل حیزانی، آسیه (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و/یا محل اشتغال:

عباس اصل حیزانی، زینب (دکتری مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	کارشناس آزمایشگاه شرکت آزما زیست کیمیای اروند
فدعمی، سمیه (کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	رئیس گروه کنترل کیفیت فاضلاب شرکت آب و فاضلاب استان خوزستان
کریمی نژاد، ژاله (دکتری مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست- آلودگی محیط زیست)	رئیس گروه توسعه پایدار و امور فناوری سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان
گوشه، محی‌الدین (دکتری خاک‌شناسی- شیمی و حاصلخیزی خاک)	رئیس بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان
گلستانی عراقی، سعید (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی- طراحی سازمان‌های دولتی)	کارشناس دفتر تدوین استانداردهای ملی سازمان ملی استاندارد ایران
لویمی، لیلا (کارشناسی ارشد محیط زیست)	سرپرست تصفیه پساب صنعتی شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی
مرادی، شهرام (دکتری مهندسی علوم آب- مهندسی منابع آب)	مدیر مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آبفای استان خوزستان
میرزاوند، جهانبخش (دکتری علوم خاک)	مدیر کل دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی
نظیف، سارا (دکتری مهندسی عمران- مهندسی آب و فاضلاب)	نائب رئیس کمیته فنی متناظر INSO/ISO/TC 224
ویسی، شادمان (دکتری آبیاری و زهکشی)	عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
یوسفی، مریم (دکتری مهندسی کشاورزی- آبیاری و زهکشی)	نماینده دفتر توسعه نظام‌های فنی، بهره‌برداری و دیسپاچینگ برقابی شرکت مدیریت منابع آب ایران
ویراستار:	
دایی، مینا (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	مسئول مطالعات تطبیقی و مشارکت در تدوین استانداردهای بین‌المللی اداره کل استاندارد استان خوزستان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها
۲	۱-۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۲-۳ کوتاه‌نوشت‌ها
۳	۴ پایش کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری
۳	۱-۴ کلیات
۴	۲-۴ روش نمونه‌برداری
۷	۳-۴ طرح پایش فاضلاب تصفیه‌شده
۱۰	۴-۴ روش‌های آنالیز فاضلاب تصفیه‌شده
۱۰	۵ پایش محصولات آبیاری شده
۱۰	۱-۵ کلیات
۱۰	۲-۵ تواتر پایش
۱۱	۶ پایش خاک با توجه به شوری
۱۱	۱-۶ نمونه‌برداری از خاک
۱۱	۲-۶ تواتر نمونه‌برداری از خاک
۱۲	۳-۶ روش نمونه‌برداری
۱۳	۴-۶ آماده‌سازی نمونه
۱۳	۵-۶ روش‌های آزمون خاک
۱۳	۷ پایش محیط پذیرنده
۱۳	۱-۷ کلیات
۱۴	۲-۷ هدف برنامه پایش
۱۴	۳-۷ نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی
۱۵	۴-۷ نمونه‌برداری از آب‌های سطحی
۱۵	۸ تضمین کیفیت و کنترل کیفیت (QA/QC)
۱۷	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد ملی نسبت به استاندارد منبع
۱۸	کتابنامه

پیش‌گفتار

استاندارد «استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری - قسمت ۴: پایش - راهنما» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در یک‌صد و نود و ششمین اجلاس کمیته ملی استاندارد آب و آبفا مورخ ۱۴۰۲/۱۲/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ISO 16075-4: 2021, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects— Part 4: Monitoring

مقدمه

تلاش‌های فزاینده برای کنترل کمبود و آلودگی آب در بسیاری از کشورها، فاضلاب شهری و صنعتی تصفیه‌شده را به گزینه‌ای مناسب برای تقویت منابع تأمین آب موجود، تبدیل کرده است، به‌ویژه وقتی که با جایگزین‌هایی مانند نمک‌زدایی یا توسعه منابع آبی جدید با استفاده از سدها و مخازن مقایسه می‌شود. استفاده از پساب، باعث می‌شود که با تولید «آب جدید» از فاضلاب شهری و کاهش تخلیه فاضلاب به محیط‌زیست، بسته‌شدن چرخه آب در نقطه‌ای نزدیک‌تر به شهرها را ممکن سازد.

یک مفهوم جدید و مهم در استفاده از پساب، رویکرد «متناسب با هدف» است، که مستلزم تولید آب با کیفیت بازیافتی است که نیازهای کاربران نهایی موردنظر را برآورده می‌کند. در شرایطی که آب بازیافتی برای آبیاری استفاده شود، کیفیت آب بازیافتی ایجاب می‌کند که گیاه متناظر و سازگار با آن انتخاب شوند. بنابراین حسب نوع کاربری استفاده از پساب، درجه موردنیاز تصفیه فاضلاب و از طرفی، اطمینان‌پذیری فرایندها و بهره‌برداری تعیین می‌شوند.

فاضلاب تصفیه‌شده (پساب)، می‌تواند برای مقاصد مختلف غیرقابل شرب استفاده شود. کاربردهای غالب برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده (که به آن آب بازیافتی یا آب بازچرخانی نیز گفته می‌شود)، شامل آبیاری کشاورزی، آبیاری مناظر طبیعی، استفاده پساب در مصارف صنعتی و تغذیه آب زیرزمینی است. کاربردهای جدیدتر و به سرعت در حال رشد برای مصارف مختلف شهری، مصارف تفریحی و محیط‌زیستی و استفاده مستقیم و غیرمستقیم پساب برای شرب است.

آبیاری کشاورزی به احتمال زیاد بزرگ‌ترین مصرف‌کننده پساب با فواید و سهم شناخته‌شده در امنیت غذایی بوده، هست و خواهد ماند. مشخصه بارز بازچرخانی آب شهری، به‌ویژه آبیاری مناظر طبیعی، توسعه سریع بوده و نقش مهمی برای پایداری شهرها در آینده، از جمله کاهش ردپای^۱ انرژی، رفاه انسان و احیای محیط‌زیست، خواهد داشت.

مطلوبیت استفاده از پساب برای یک نوع کاربری خاص، به تناسب و انطباق بین حجم پساب در دسترس، میزان آب مورد نیاز آبیاری در طی سال و همچنین به کیفیت آب و الزامات خاص نحوه استفاده از آن بستگی دارد. استفاده از پساب برای آبیاری بسته به کیفیت آب، روش کاربرد پساب برای آبیاری، مشخصات خاک، شرایط اقلیمی و اقدامات زراعی می‌تواند ریسک‌هایی را برای سلامت و محیط‌زیست به‌همراه داشته باشد. در نتیجه، سلامت عمومی و اثرات نامطلوب زراعی و محیط‌زیستی بالقوه به‌عنوان موارد اولویت‌دار در توسعه موفقیت‌آمیز پروژه‌های استفاده از پساب برای آبیاری در نظر گرفته می‌شوند. برای جلوگیری از چنین اثرات نامطلوب بالقوه‌ای، توسعه و به‌کارگیری مجموعه راهنما و دستورالعمل برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده ضروری است.

عوامل اصلی کیفیت آب که مطلوبیت فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری را تعیین می‌کنند شامل میزان عوامل بیماری‌زا^۲، شوری، سدیمی‌بودن^۳، سمیت یونی خاص، غلظت فلزات سنگین، سایر عناصر شیمیایی و مواد

1- Footprint
2- Pathogen
3- Sodicity

مغذی هستند. مقامات صلاحیت‌دار سلامت محلی مسئول ایجاد مقادیر آستانه کیفیت آب، بسته به مصارف مجاز هستند و همچنین مسئول تعریف اقدامات برای اطمینان از سلامت و حفاظت محیط‌زیستی با در نظر گرفتن ویژگی‌های محلی هستند.

از نقطه‌نظر زراعی، محدودیت اصلی در استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری، از کیفیت آن ناشی می‌شود. فاضلاب تصفیه‌شده، برخلاف آبی که برای مصارف خانگی و صنعتی تامین می‌شود، حاوی غلظت‌های بالاتری از مواد معدنی معلق و محلول (کل نمک‌های محلول، سدیم، کلرید، بور، فلزات سنگین) است که می‌تواند به خاک و محصولات آبیاری‌شده آسیب برساند. نمک‌های محلول به‌وسیله فناوری‌های متداول تصفیه فاضلاب حذف نمی‌شوند و مدیریت مناسب، اقدامات زراعی و آبیاری برای جلوگیری یا به حداقل رساندن اثرات منفی بالقوه مدنظر هستند.

حضور مواد مغذی (نیترژن، فسفر و پتاسیم) به دلیل صرفه‌جویی احتمالی در کودها می‌تواند به یک مزیت تبدیل شود. با این حال، مقدار مواد مغذی تأمین‌شده به‌وسیله فاضلاب تصفیه‌شده در طی دوره آبیاری لزوماً با نیازهای محصول هماهنگ نیست و قابلیت دسترسی مواد مغذی به حالت‌های شیمیایی بستگی دارد.

این استاندارد، راهنمایی‌های لازم درخصوص بهره‌برداری، پایش و نگهداری مطلوب پروژه‌های استفاده از پساب در آبیاری نامحدود و محدود محصولات کشاورزی، باغ‌ها و فضای سبز که از فاضلاب تصفیه‌شده استفاده می‌کنند، را از جنبه‌های بهداشتی، آب‌شناختی^۱ و محیط‌زیستی ارائه می‌کند. بهتر است کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده برای عرضه منعکس‌کننده مصارف احتمالی با توجه به حساسیت محصول (از نظر سلامت و کشاورزی)، منابع آب (حساسیت آب‌شناختی منطقه پروژه)، خاک و شرایط اقلیمی باشد.

این استاندارد به عوامل دست‌اندرکار در پروژه‌های استفاده از پساب برای آبیاری صرف‌نظر از اندازه، مکان و پیچیدگی اشاره دارد و برای مصارف موردنظر از فاضلاب تصفیه‌شده در یک پروژه مشخص قابل اجرا است، حتی اگر چنین مصارفی در نتیجه تغییرات در خود پروژه یا در قوانین قابل اجرا در طی عمر پروژه، تغییر کنند.

عوامل کلیدی در تضمین سلامت، محیط‌زیست و ایمنی پروژه‌های استفاده از پساب در آبیاری به شرح زیر می‌باشند:

- پایش کافی کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده (TWW)^۲ برای اطمینان از سامانه همان طور که برنامه‌ریزی و طراحی شده است؛
- دستورالعمل‌های طراحی و نگهداشت سامانه‌های آبیاری برای اطمینان از بهره‌برداری مناسب آن‌ها در بلندمدت؛
- سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده، روش توزیع، خاک و محصولات موردنظر برای اطمینان از استفاده مناسب از خاک و رشد محصول سالم؛

1- Hydrological
2- Treated WasteWater

– سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه شده و استفاده از آن برای جلوگیری یا به حداقل رساندن آلودگی احتمالی منابع آب زیرزمینی یا سطحی.

طرح ریزی این استاندارد، برای جلوگیری از ایجاد استانداردها یا راهنمای خاص سازگار با هر یک از مناطق، کشورها یا سازمان ها نبوده است. در صورت انتشار چنین استانداردهایی، توصیه می شود برای اطمینان از یکنواختی بین استفاده کنندگان از فاضلاب تصفیه شده، به این استاندارد مراجعه کنید.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۲۱۸۷۶ است. سایر قسمت های این استاندارد عبارت است از:

– قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما

– قسمت ۲: توسعه پروژه- راهنما

– قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری- راهنما

– Part 5: Treated wastewater disinfection and equivalent treatments

– Part 6: Fertilization

استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای پروژه های آبیاری - قسمت ۴: پایش - راهنما

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنما و پیشنهادات مرتبط با موارد زیر است:

- پایش کیفیت فاضلاب تصفیه شده (TWW) برای آبیاری؛

- پایش گیاهان آبیاری شده؛

- پایش شوری خاک؛

- پایش منابع آب طبیعی در محیط های مجاور؛

- پایش کیفیت آب در مخازن ذخیره سازی.

این قسمت از استاندارد به روش های نمونه برداری و تواتر^۱ آنها تاکید دارد و در خصوص روش های آنالیز به روش های استاندارد یا در صورت عدم دسترسی، به سایر منابع کتاب نامه اشاره می نماید.

یادآوری ۱- در صورتی که از قبل، یک طرح پایشی وجود داشته باشد، می توان توصیه های مذکور را در این طرح ادغام کرد. این مورد به ویژه برای زمانی اجرا می شود که رویکرد گسترده تری از مدیریت ریسک مثل طرح های ایمنی آب (که به عنوان مدلی برای طرح های ایمنی بهداشتی استفاده می شود) توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO)^۲ [23] ارائه شود.

یادآوری ۲- هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای پروژه های آبیاری با رعایت قوانین بالادستی مرتبط از جمله، قانون حفاظت از خاک، حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده های ورودی به آن برای کاربردهای مختلف خاک توسط مراجع ذی صلاح قانونی تعیین شده است [۳] و [۴].

یادآوری ۳- به منظور لحاظ کردن تمامی جوانب مرتبط با موضوع استفاده از فاضلاب تصفیه شده در مصارف مختلف، استانداردهای خروجی فاضلاب در راستای حفاظت از منابع آب و خاک ملاک عمل قرار می گیرد [۵].

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه های بعدی برای این استاندارد الزام آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 20670, Water reuse — Vocabulary

1- Frequency

2- World Health Organization

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، استفاده از پساب- واژه‌نامه، با استفاده از استاندارد ISO 20670:2018 تدوین شده است.

2-2 ISO 16075-1, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects— Part 1: The basis of a reuse project for irrigation

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۱۸۷۶: سال ۱۴۰۱، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 16075-1:2020 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ISO 20670 و ISO 16075-1 به کار می‌رود:^۱

۲-۳ کوتاه‌نوشت‌ها

عنوان انگلیسی	عنوان فارسی	کوتاه‌نوشت
Biochemical Oxygen Demand	اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی	BOD
Colony Forming Units	واحدهای شکل‌گیری کلنی	CFU
Chemical Oxygen Demand	اکسیژن‌خواهی شیمیایی	COD
Dissolved Oxygen	اکسیژن محلول	DO
High-Density PolyEthylene	پلی‌اتیلن با چگالی بالا	HDPE
Polypropylene	پلی‌پروپیلن	PP
Quality Assurance	تضمین کیفیت	QA
Quality Control	کنترل کیفیت	QC
Sodium Adsorption Ratio	نسبت جذب سدیم	SAR
Suspended Solids	مواد جامد معلق	SS
Total Kjeldahl Nitrogen	نیتروژن کل کج‌لدال	TKN
Total Phosphorus	فسفر کل	TP
Total Suspended Solids	کل مواد جامد معلق	TSS
Volatile Organic Compounds	ترکیبات آلی فرار	VOC
WasteWater	فاضلاب	WW
Wastewater Treatment Plant	تصفیه‌خانه فاضلاب	WWTP

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org/ قابل‌دسترس است.

۴ پایش کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری

۴-۱ کلیات

تدوین و اجرای یک راهبرد پایش مناسب گامی اساسی برای ایمن سازی مسائل بهداشتی و محیط زیستی پروژه های استفاده از پساب است که معمولاً این پایش سازگاری^۱ در خروجی تصفیه خانه فاضلاب انجام می شود. پایش را می توان برای اهداف متعددی انجام داد و پارامترهای مختلفی را برای هر هدف خاصی انتخاب کرد. به عنوان مثال، پایش کیفیت آب را می توان برای اهداف زیر انجام داد:

الف - محافظت از سلامت انسان: برنامه های پایش شامل شاخص های میکروبی منتخب در غلظت هایی است که به ریسک سلامت (مانند ریسک تماس مستقیم، ریسک مرتبط با نوع محصول) و همچنین پارامترهای دیگر بستگی دارد که بیانگر اطمینان پذیری از عملیات تصفیه فاضلاب است (مانند کدورت، مواد جامد معلق، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، کلر باقیمانده)؛

ب - پیشگیری از اثرات جانبی بر محصولات: پارامترهای پایش شده (که پارامترهای زراعی نیز نامیده می شود) شامل مواد مغذی، نمک های محلول، سدیم، عناصر کمیاب است؛

پ - پیشگیری از اثرات جانبی بر محیط زیست (منابع آب طبیعی و خاک)؛

ت - پیشگیری از گرفتگی سامانه آبیاری، به عنوان مثال، آبیاری قطره ای و بارانی.

انتخاب نقاط نمونه برداری برای کنترل کیفیت آب و عملکرد تصفیه که «نقاط کنترل عملکرد» نامیده می شود بهتر است تابع نوع کاربرد و سطح ریسک های سلامت و محیط زیست باشد.

بهتر است نقطه کلیدی کنترل کیفیت آب در خروجی تصفیه خانه بازیافت فاضلاب قرار گیرد و نمونه برداری در خروجی تصفیه خانه مطابق با استاندارد ISO 5667-4 [6] باشد. بهتر است فاضلاب تصفیه شده بسته به پارامترهای پایش شده، از طریق نمونه برداری ساده یا نمونه برداری مرکب، (به پاراگراف زیر مراجعه شود) مورد پایش قرار گیرد.

نمونه های مرکب (به عنوان یک قاعده برای نگهداری ۲۴ h نمونه در دمای یخچال) برای پایش مربوط به پارامترهای فیزیکی - شیمیایی بسیار مهم هستند؛ زیرا بیانگر میانگین کیفیت فاضلاب تصفیه شده است. در مدت زمان جریان حداکثر روزانه، بهتر است پارامترهای میکروبیولوژیکی، اکسیژن محلول، pH و دما در نمونه های ساده در محل، پایش شوند.

به همین نحو، تواتر نمونه برداری از سایر پارامترهای مربوط به پیشگیری از اثرات نامطلوب بر محصولات، خاک ها و محیط زیست بهتر است مطابق با ریسک های مرتبط با محصولات حساس و/یا محیط زیست حساس (مانند آبخوان های کم عمقی که برای تامین آب آشامیدنی به کار می روند) و/یا تجهیزات برای آبیاری باشد.

تصمیم گیری در مورد نمونه برداری (مرکب یا ساده) برای این پارامترها نیز با توجه به تغییرات روزانه در فاضلاب خام انجام شود.

۴-۲ روش نمونه برداری

۴-۲-۱ کلیات

بسته به نوع پارامترهای پایش شده، برخی از قواعد نمونه برداری اصلی وجود دارد که در روش‌های استاندارد و استانداردهای بین‌المللی برای آنالیز آب یا برخی روش‌های آنالیز خاص توصیف شده توسط آزمایشگاه‌های معتبر، توضیح داده شده است.

بهتر است نمونه برداری از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری مطابق با موارد زیر باشد:

- نمونه برداری توسط شخص ماهر انجام شود؛
- نوع نمونه‌ها می‌تواند ساده یا مرکب باشد که بسته به اهداف نهایی برای پایش کیفیت آب، مورد استفاده قرار گیرد؛
- تمامی نمونه‌ها به خوبی برچسب گذاری شوند و نمایانگر نوع آب، موقعیت مکانی، تاریخ، زمان و سایر داده‌های مرتبط باشند؛
- تواتر نمونه برداری با توجه به مجوز نوع استفاده از پساب مشخص شود؛
- برای برنامه ریزی و مدیریت بهتر طرح آبیاری، نمونه‌های فصلی بسته به فصول در منطقه مرتبط گرفته شوند تا داده‌های معرف در مورد تغییرات کیفیت آب، به ویژه نیتروژن و شوری به دست آید؛
- پایش وضعیت پایه^۱ برای محافظت از سلامت انسان با نمونه برداری در خروجی تاسیسات تصفیه انجام شود (به جدول ۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۱۸۷۶ مراجعه شود [۱]).
- برای بررسی اطمینان پذیری از بهره برداری فرایندهای تصفیه، در صورت لزوم می‌توان نقاط نمونه برداری تکمیلی را مخصوصاً در موارد عدم انطباق، اضافه کرد.
- برای تصدیق آلودگی یا رشد مجدد احتمالی در مخازن ذخیره سازی و/یا شبکه توزیع، می‌توان نقاط کنترل اضافی برای نمونه برداری به عنوان تابعی از استفاده نهایی، موقعیت مکانی و روش آبیاری در نظر گرفت، تا آلودگی یا رشد مجدد احتمالی در مخازن ذخیره سازی و/یا شبکه توزیع، تصدیق شود؛
- بهتر است نوع بطری با توجه به پارامترهای مورد آزمون تعیین شود. شایان ذکر است که برخی از انواع بطری‌های شیشه‌ای، بور را به نمونه‌ها منتقل می‌کنند و برای جلوگیری از این وضعیت می‌توان از بطری‌های پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE) یا پلی پروپیلن (PP) با درپوش دوتایی یا درپوش‌های خود-چسب استفاده کرد.
- از آنجا که مقدار نمونه به نوع آنالیز مورد نظر بستگی دارد، ۱ لیتر (یک لیتر) نمونه می‌تواند برای آنالیز ویژگی‌های اساسی آب و آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی کافی باشد؛

- برای جلوگیری از انتقال بیماری، نمونه‌برداری و جابجایی با احتیاط مناسب و با استفاده از دستکش‌های پلاستیکی یا سایر محافظ‌ها انجام شود.

بهتر است نمونه‌های کنترل کیفیت به‌عنوان قسمتی از برنامه نمونه‌برداری روزانه جمع‌آوری شود. توصیه می‌شود نمونه‌برداری و جابجایی فاضلاب خام و تصفیه‌شده مطابق با جدول ۱ باشد.

جدول ۱- توصیه‌هایی برای آماده‌سازی و نگهداری نمونه

پارامتر	نوع بطری	افزودن مواد شیمیایی	نگهداری	توضیحات
آنیون‌ها و کاتیون‌ها (کلرید، سولفات) و همچنین پارامترهای فیزیکی- شیمیایی عمومی، pH، مواد جامد معلق، هدایت الکتریکی، کدورت)	بطری های ۱ l پلی اتیلنی با چگالی بالا یا پلی پروپیلنی با درپوش‌های دوتایی یا درپوش‌های خود-چسب، با یا بدون هوا	بدون افزودنی	تیره در دمای ۴°C	دما، pH و اکسیژن محلول در محل اندازه‌گیری شود.
فسفر و نیتروژن کج‌دال	بطری های ۱ l پلی اتیلنی با چگالی بالا یا پلی پروپیلنی با درپوش‌های دوتایی یا درپوش‌های خود-چسب، با یا بدون هوا	H ₂ SO ₄ تا pH = 2	تیره در دمای ۴°C	
بور	بطری‌های ۱۰۰ ml پلی اتیلنی با چگالی بالا یا پلی پروپیلنی با درپوش‌های دوتایی یا درپوش‌های خود-چسب	HNO ₃ تا pH = 2	تیره در دمای ۴°C	
COD	بطری‌های ۱۰۰ ml پلی اتیلنی با چگالی بالا یا پلی پروپیلنی با درپوش‌های دوتایی یا درپوش‌های خود-چسب، بدون هوا	H ₂ SO ₄ تا pH = 2	تیره در دمای ۴°C	اگر نمونه‌ها در مدت ۴۸ h آنالیز شوند هیچ ماده افزودنی موردنیاز نمی‌باشد.
BOD	بطری‌های ۵۰۰ ml پلی اتیلنی با چگالی بالا یا پلی پروپیلنی با درپوش‌های دوتایی یا درپوش‌های خود-چسب، بدون هوا	بدون افزودنی	تیره در دمای ۴°C	چنانچه نمونه‌ها دارای کلر باقیمانده باشند، بهتر است از Na ₂ SO ₃ استفاده شود. بهتر است نمونه نگهداری شده و برای کلرزدن و کلرزدایی نمونه‌های فاضلاب به آن بذر اضافه شود.
عناصر کمیاب و فلزات سنگین	بطری‌های ۲۵۰ ml پلی اتیلنی با چگالی بالا یا پلی پروپیلنی با درپوش‌های دوتایی یا درپوش‌های خود-چسب، با یا بدون هوا	HNO ₃ تا pH = 2	تیره در دمای ۴°C	یک بطری خاص [به‌عنوان مثال پلی‌تترافلوئورواتیلن (PTFE)] و مواد افزودنی برای آنالیز جیوه (Hg)، لازم

پارامتر	نوع بطری	افزودن مواد شیمیایی	نگهداری	توضیحات
				هستند.
مواد آلی کمیاب و آفت کش ها	بطری شیشه ای تیره ۱ l یا بطری پلی تترا فلوئورواتیلن، بدون هوا و شسته شده با حلال های آلی	اسید اسکوربیک (1000 mg l^{-1}) در صورت وجود کلر باقیمانده	تیره در دمای 4°C	
پارامترهای میکروبیولوژیکی (کلیفرم های کل و مدفوعی، کرم های روده ای، ویروس ها یا سایر پارامترهای میکروبیولوژیکی اضافی)	بطری های استریل ۱ l تا ۵ l پلی اتیلنی با چگالی بالا یا پلی پروپیلنی با درپوش های دوتایی یا درپوش های خود-چسب، با هوا	بدون افزودنی	تیره در دمای 4°C	افزودن سدیم تیوسولفات با غلظت مشخص در صورت وجود کلر باقیمانده، الزامی است و در همه موارد توصیه می شود.

۴-۲-۲ نمونه برداری از سامانه آبیاری

بهتر است کیفیت آب بر اساس روش زیر توسط کاربر نهایی بررسی شود:

الف - سامانه آبیاری را روشن کنید تا با حداکثر فشار طراحی کار کند و اجازه دهید سامانه، محل مورد نظر را آبیاری کند تا لوله ها از تمام آب های راکد حاصل از آبیاری قبلی تخلیه شوند؛

ب - نمونه ای را از یک شیر آب واقع در ورودی سامانه آبیاری یا از روزه های آبیاری (آب پاش، ریزفواره (میکروجت)^۱ یا قطره چکان) جمع آوری کنید؛

پ - نمونه آب در بطری هایی که توسط آزمایشگاه یا روش آنالیز، ارائه یا توصیه شده و همچنین با توجه به پارامترهای مورد آزمون، جمع آوری شود (به جدول ۱ مراجعه شود). برای نمونه برداری باکتری بهتر است از بطری استریل استفاده کنید. تمام جزئیات لازم را روی برچسب چسبیده به بطری (مانند نام، آدرس، تاریخ، مکان) بنویسید و در آن را ببندید؛

ت - نمونه ها را بر اساس روش استاندارد آزمایشگاهی نگهداری کرده و آنها را در بازه زمانی توصیه شده برای آنالیز به آزمایشگاه منتقل کنید (به جدول ۱ مراجعه شود)؛

ث - در زمان کوددهی (کوددهی از طریق آبیاری)، از آب نمونه برداری نکنید.

برای اطلاعات بیشتر در مورد نمونه برداری از سامانه آبیاری، به استاندارد ISO 5667-10 [7] مراجعه شود.

۴-۲-۳ نمونه برداری از یک مخزن ذخیره سازی

برای ارزیابی تغییر بالقوه کیفیت فاضلاب تصفیه شده در طول ذخیره سازی، بهتر است یک نمونه از مخزن ذخیره سازی گرفته شود.

بهترین روش اندازه‌گیری کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده که در یک مخزن ذخیره شده است، نمونه‌برداری از فاضلاب تصفیه‌شده در نقطه نمونه‌برداری مناسبی واقع در خروجی ایستگاه پمپاژ مخزن است. در دوره‌های که آبیاری انجام نمی‌شود، بهتر است نمونه‌برداری مستقیماً از مخزن ذخیره‌سازی و مطابق با روش‌های زیر انجام شود:

الف - محل نمونه‌برداری را تا حد امکان به نقطه پمپاژ نزدیک کنید؛

ب - برای پیشگیری از تجمع مواد شناور (بقایای گیاه یا جلبک‌ها) که به وسیله امواج آب به سمت پایین دست مخزن ذخیره‌سازی منتقل می‌شوند، از نمونه‌برداری در جهت باد خودداری کنید؛

پ - یک بطری خالی را به میله نمونه‌برداری وصل کنید؛

ت - بطری را پایین بیاورید تا دهانه آن در مخزن ذخیره‌سازی تا عمق حدود ۱۰ cm غوطه‌ور شود و سپس آن را پر کنید؛

ث - بطری را از مخزن ذخیره‌سازی خارج کرده، آن را درزگیری کنید و برچسب آن را بچسبانید؛

ج - در صورت نیاز نمونه را نگهدارید یا برای اینکه مشخص شود آیا و چه ماده نگهدارنده‌ای مورد نیاز است به جدول ۱ مراجعه کنید. نمونه‌ها را ذخیره کنید و آنها را در بازه زمانی توصیه شده توسط آزمایشگاه یا روش آنالیز به آزمایشگاه منتقل کنید (به جدول ۱ مراجعه شود).

برای اطلاعات بیشتر در مورد نمونه‌برداری از یک مخزن ذخیره‌سازی، به استاندارد ISO 5667-4 [6] مراجعه شود.

۴-۲-۴ نمونه مرکب

برای تشخیص ویژگی‌های فاضلاب تصفیه‌شده در خروجی تصفیه‌خانه و جهت بررسی نوسانات کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده بهتر است یک نمونه‌برداری مرکب انجام شود.

بهتر است نمونه‌برداری مرکب در مدت زمان ۲۴ h انجام شود.

بهتر است از نمونه‌بردار خودکار مجهز به یخچال استفاده شود.

۴-۲-۵ جابه‌جایی نمونه

بهتر است نمونه‌ها در ظرف عایق حرارتی نگهداری شده و بلافاصله به آزمایشگاه تحویل داده شوند. اگر نمونه‌ها را نمی‌توان فوراً تحویل داد، بهتر است به طور موقت در دمای 4°C در یخچال نگهداری شوند.

برای اطلاعات بیشتر در مورد جابه‌جایی نمونه، به استاندارد ISO 5667-1 [8] مراجعه شود.

۴-۳ طرح پایش فاضلاب تصفیه‌شده

از طرح‌های ارائه‌شده در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ به عنوان نمونه‌هایی از تواترهای پایش برای توصیف فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری استفاده می‌شود. این جدول‌ها شامل پارامترهای مورد آزمون و تواتر نمونه‌برداری فاضلاب تصفیه‌شده‌ای است که به مخازن وارد شده، مستقیماً برای آبیاری

استفاده یا از خروجی مخزن برای آبیاری استفاده می‌شود. بهتر است طرح پایش مطابق با شرایط محلی هر منطقه باشد.

جدول ۲- مثال‌هایی از تواتر پایش در خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب (پارامترهای مرتبط با سلامت)

تواتر پایش بر اساس طبقه‌بندی کیفیت ^a					پارامترهای پایش شده
طبقه E	طبقه D	طبقه C	طبقه B	طبقه A	
غیرمرتبط	غیرمرتبط	دو بار در ماه یا ماهیانه	هفتگی تا دو بار در ماه	روزانه تا هفتگی	کلیفرم‌های گرم‌پای (به استاندارد ISO 16075-2 مراجعه شود)
تواتر طبق تعداد تخم‌های کرم در فاضلاب تعیین می‌شود	تواتر طبق تعداد تخم‌های کرم در فاضلاب تعیین می‌شود	تواتر طبق تعداد تخم‌های کرم در فاضلاب تعیین می‌شود	غیرمرتبط	غیرمرتبط	نماتدهای روده‌ای (تخم‌های کرم ^b) [17]
ماهیانه تا هر دو ماه یکبار	ماهیانه تا هر دو ماه یکبار	ماهیانه تا هر دو ماه یکبار	هفتگی	هفتگی	TSS ^c
غیرمرتبط	غیرمرتبط	غیرمرتبط	مداوم یا روزانه	مداوم یا روزانه	کلر باقیمانده
غیرمرتبط	غیرمرتبط	غیرمرتبط	غیرمرتبط	مداوم	کدورت
ماهیانه تا هر دو ماه یکبار	ماهیانه تا هر دو ماه یکبار	ماهیانه تا هر دو ماه یکبار	هفتگی تا دو بار در ماه	هفتگی تا دو بار در ماه	BOD
^a تواتر پایش را طبق شرایط محلی مانند؛ محصولات آبیاری شده، اقلیم، خاک و روش آبیاری، می‌توان افزایش یا کاهش داد. اگر تواتر افزایش یا کاهش داده شود نوساناتی که در کیفیت آب در WWTP رخ می‌دهد را بهتر است مدنظر قرار داد.					
^b اگرچه تخم‌های کرم با توجه به فاضلاب تصفیه شده مورد مصرف برای محصولات کشاورزی و غلظت آنها در فاضلاب تصفیه شده که در بسیاری از کشورها تنظیم می‌شود مورد توجه است، اما توافق اندکی در بین محققان، تنظیم‌کنندگان و متخصصان درباره قابل اطمینان‌ترین روش برای اندازه‌گیری آنها در نمونه‌های آب وجود دارد. حجم‌های بزرگ نمونه نیاز به فیلتر دارند تا تخم‌ها جمع شوند و گرفتن تخم‌ها از فیلتر معمولاً دارای کارایی ضعیفی است و تخم‌های کرم از لحاظ شکل و اندازه متفاوت هستند و بنابراین فقط به وسیله افراد آموزش‌دیده مناسب قابل شناسایی می‌باشند. علاوه بر این، تخم‌هایی که حتی در فاضلاب تصفیه نشده وجود دارند همیشه زنده نیستند. برای تصدیق زنده بودن تخم‌ها، بهتر است آنها را به مدت یک ماه در دما و سطح رطوبت معین کشت داد تا مشخص شود که آیا آنها به شغیره تبدیل می‌شوند یا خیر. ترکیبی از روش‌های آنالیزی دشوار و غیردقیق و زمان طولانی ضروری برای انجام این کار، باعث می‌شود که تخم کرم به یک پارامتر پایشی نامطلوب تبدیل شود. اگر اثبات شود که تعداد تخم‌های کرم در فاضلاب تصفیه نشده همواره پایین تر از ۱۰ تخم در هر لیتر است نماتدهای روده‌ای (تخم‌های کرم) ممکن است به صورت منظم مورد پایش قرار نگیرند. به جدول ۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۱۸۷۶ مراجعه شود.					
^c در گلخانه‌ها زمانی که ریسک آفروسل‌ها وجود دارد ممکن است <i>لژیونلا</i> ، نیز مورد پایش قرار گیرد و بهتر است <i>لژیونلا</i> ، کمتر از 1000 CFU l^{-1} باشد.					

جدول ۳- نمونه‌هایی از تواتر پایش در خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب (پارامترهای زراعی)

پارامترهای پایش شده	واحدها	تواتر پایش بر فاضلاب تصفیه‌شده ^{a, b}
هدایت الکتریکی در آب (EC _w) ^c	dS m ⁻¹	تواتر متوسط (هر دو ماه تا شش ماه، یکبار) ^c
بور ^{d, f}	mg l ⁻¹	تواتر متوسط (هر دو ماه تا شش ماه، یکبار) ^c
مواد مغذی TKN (نیتروژن کل کج‌لدال) نیتروژن آمونیاکی نیتريت‌ها نیتروژن نیتراتی نیتروژن کل فسفر کل	mg l ⁻¹	تواتر متوسط (هر دو ماه تا شش ماه، یکبار)
املاح اصلی (Na, Ca, Mg, K, Cl, SO ₄ , HCO ₃ , CO ₃)	mg l ⁻¹	تواتر متوسط (هر دو ماه تا شش ماه، یکبار)
عناصر کمیاب (Al, As, Be, Cd, Cr, Co, Cu, F, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pd, Se, Sn, Ti, W, V, Zn) ^{e, f, g}	mg l ⁻¹	تواتر کم (هر یک سال تا پنج سال، یکبار)

^a بهتر است تواتر پایش طبق شرایط محلی مانند؛ محصولات آبیاری شده، اقلیم، خاک و روش آبیاری تنظیم شود.

^b تواتر پایش به نوسانات غلظت یک پارامتر بستگی دارد. اگر غلظت پارامتر پایدار باشد تواتر پایش را می‌توان کاهش داد. در ابتدای یک پروژه جدید، به تواتر بالای پایش نیاز است تا بتوان پارامترهای با تغییرپذیری بالا را شناسایی کرده و موارد مشکل‌ساز برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در شرایط محلی را تشخیص داد.

^c اگر بعد از کاهش تواتر، نوساناتی در هدایت الکتریکی، کلر یا سدیم مشاهده شود بهتر است تواتر پایش را بار دیگر افزایش داد.

^d بهتر است تواتر پایش بور را طبق نیازهای پروژه، تنظیم کرد.

^e بهتر است تواتر، بین یکبار در سال، تا هر پنج سال یکبار باشد. اگر از فاضلاب تصفیه‌شده صنعتی استفاده می‌شود بهتر است تواتر پایش را افزایش داد.

^f در صورت استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده از منبع حیوانی، بهتر است تواتر پایش، روی، پتاسیم و بور افزایش یابد.

^g بهتر است تواتر نمونه‌برداری برای عناصر کمیاب مطابق با منبع فاضلابی باشد که به داخل تصفیه‌خانه می‌ریزد. اگر فاضلاب صنعتی یا فاضلاب کشاورزی به داخل تصفیه‌خانه بریزد بهتر است تواتر نمونه‌برداری دو تا سه بار در سال باشد. اگر هیچ فاضلاب صنعتی یا فاضلاب کشاورزی به داخل تصفیه‌خانه جاری نشود پس همان‌طور که در جدول اشاره شده است تواتر نمونه‌برداری می‌تواند یکبار در سال تا هر پنج سال یکبار باشد.

جدول ۴- نمونه‌هایی از تواتر پایش فاضلاب تصفیه‌شده در خروجی مخزن در طی دوره آبیاری (پارامترهای مرتبط با سلامت)

تواتر پایش بر حسب طبقه‌بندی‌های کیفیت ^a					پارامترهای پایش شده
طبقه E	طبقه D	طبقه C	طبقه B	طبقه A	
غیرمرتبط	غیرمرتبط	ماه‌یانه تا هر دو ماه یکبار	ماه‌یانه تا هر دو ماه یکبار	ماه‌یانه	کلیفرم‌های گرم‌پای
غیرمرتبط	غیرمرتبط	غیرمرتبط	مداوم یا روزانه	مداوم یا روزانه	کلر باقیمانده ^b

^a بهتر است تواتر پایش طبق زمان ماند در مخزن تعدیل شود. زمان ماند هر چه طولانی‌تر باشد تواتر کمتر می‌شود.

^b پایش کلر باقیمانده فقط زمانی انجام شود که کلرزنی بیشتری در خروجی مخزن صورت می‌گیرد، با این هدف که از سلامت انسان محافظت کند و تجهیزات آبیاری نگهداری شوند (به استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۰۱ [۲] مراجعه شود).

۴-۴ روش‌های آنالیز فاضلاب تصفیه‌شده

در صورت نبودن استانداردهای ملی، می‌توان از استانداردهای بین‌المللی یا منطقه‌ای استفاده کرد یا اینکه به روش‌های آنالیزی شناخته شده مراجعه کرد [18].

۵ پایش محصولات آبیاری شده

۱-۵ کلیات

بهتر است قطعات آبیاری شده با فاضلاب تصفیه‌شده با استفاده از راهکارهای زیر از طریق محصول پایش شود:

الف- تشخیص چشمی کمبود یا مازاد عناصر در محصول؛ یا

ب- آنالیز و بررسی روی هر قسمت از یک محصول.

روش چشمی ممکن است برای تشخیص/جلوگیری از آسیب شوری یا سمیت به محصولات یا جلوگیری از کاهش بازده آنها کافی نباشد. همین وضعیت در مورد کمبود مواد مغذی نیز صدق می‌کند.

بهتر است آنالیز آزمایشگاهی روی نمونه برگ یا دم‌برگ انجام شود زیرا آنالیز می‌تواند غلظت یون سمی (کلرید، بور، سدیم) و همچنین غلظت مواد مغذی گیاه (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ریزمغذی‌ها) را مشخص کند. نتایج به دست آمده در فصل جاری برای محصولات چندساله برای مشخص کردن برنامه کوددهی برای فصل بعد قابل استفاده است.

بهتر است محصولات یکساله بلافاصله آزمون شوند، اما این امر مستلزم سازماندهی سریع و در دسترس بودن آزمایشگاه برای تعیین سریع نتایج مربوط به فصل جاری محصول می‌باشد.

۲-۵ تواتر پایش

۱-۲-۵ محصولات زراعی و سبزیجات

بهتر است تواتر پایش محصولات زراعی و سبزیجات با توجه به محصول و مناسب بودن محصولات بر پایه منحنی‌های مرجع که ارتباط‌دهنده مرحله فنولوژیکی^۱ محصول و غلظت مورد انتظار در برگ‌ها یا سایر قسمت‌های گیاه هستند، متفاوت باشد. بنابراین، می‌توان نمونه‌برداری را در زمان‌های مختلف در طی فصل رشد انجام داد. بهتر است تواتر نیز بسته به محصول و توانایی استفاده از داده‌ها برای اصلاح مدیریت آبیاری و کوددهی، بلافاصله در طی فصل جاری رشد، متفاوت باشد.

۲-۲-۵ محصولات چندساله

بهتر است غلظت عناصر در برگ‌ها از طریق نمونه‌برداری در زمانی از سال مشخص شود که داده‌های مرجع در مورد غلظت بهینه مورد انتظار برای محصول وجود دارد. هر محصول دارای دوره نمونه‌برداری و آنالیزی توصیه‌شده خاص خود است. به‌طور کلی بهتر است این دوره نزدیک به زمان برداشت میوه باشد.

گاهی اوقات، آنالیز مقایسه‌ای بین برگ‌های آسیب‌دیده و سالم را می‌توان در هر زمانی از فصل که نشانه چشمی برای آسیب برگ وجود دارد و تأیید علت آسیب دشوار است، انجام داد. به این ترتیب به راحتی می‌توان منبع آسیب را تشخیص داد. به دلیل عدم وجود معیاری برای غلظت نرمال عناصر در برگ‌های گیاهان در یک دوره خارج از زمان توصیه‌شده برای نمونه‌برداری، بهتر است از این روش استفاده کرد. روش نمونه‌برداری از برگ‌ها و تکنیک‌های روش‌های آنالیزی در دامنه کاربرد این استاندارد نیست، به همین دلیل بهتر است کاربران روش مناسبی را برای هر محصول در سوابق مرتبط بررسی کنند.

۶ پایش خاک با توجه به شوری

۶-۱ نمونه‌برداری از خاک

آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند منجر به تجمع بیشتر نمک در ناحیه ریشه شود و گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. پس برای جلوگیری از آسیب به محصول و مدیریت بهینه آبیاری، بهتر است خاک را از نظر شوری پایش کرد.

۶-۲ تواتر نمونه‌برداری از خاک

تمام آب‌های آبیاری دارای نمک هستند. غلظت نمک‌های محلول در فاضلاب تصفیه‌شده معمولاً بیشتر از آب شیرین است. نمک‌ها در هر بار آبیاری به خاک اضافه می‌شوند و در ناحیه ریشه تجمع می‌کنند. محصول مقدار زیادی از آب مصرفی را از دست می‌دهد تا نیاز تبخیر و تعرق خود را مرتفع سازد. در طی فصل آبیاری، شوری خاک بیشتر می‌شود که به عوامل مختلفی مانند غلظت نمک در آب آبیاری، بافت خاک و مشخصه‌های هیدرولیکی، اقلیم (تبخیر و تعرق و دما)، روش آبیاری و رژیم آبیاری^۱ بستگی دارد.

محصولات کشاورزی به‌طور چشمگیری از نظر تحمل غلظت نمک‌های محلول در خاک در اطراف منطقه ریشه با هم فرق دارند. شوری خاک تا زمانی که از آستانه معینی از مقدار شوری (تحمل گیاه) بیشتر نشود، به محصول آسیبی نمی‌رساند (به استاندارد ISO 16075-1 مراجعه شود).

به‌منظور مدیریت شوری خاک، در صورت نیاز (بیش از تبخیر و تعرق) توصیه می‌شود از آب بیشتری استفاده کرد تا اطمینان حاصل شود که نمک به اندازه کافی آبشویی شده است. پایش شوری خاک با نمونه‌برداری از خاک حاصل می‌شود.

بهتر است نخستین نمونه‌برداری در فصل آبیاری در ابتدای هر فصل آبیاری باشد. پس از آن، نمونه‌برداری از خاک در ناحیه ریشه با تواتر با توجه به کیفیت آب، مشخصه‌های خاک، رژیم آبیاری و تحمل محصول به شوری صورت گیرد. به‌طور کلی زمانی که غلظت نمک بیشتری در فاضلاب تصفیه‌شده وجود دارد، خاک دارای میزان رس بیشتر است و حجم زیادی از آبیاری استفاده می‌شود، یا زمانی که محصول تحمل کمتری نسبت به نمک دارد، نمونه‌برداری با تواتر بیشتر انجام شود.

نمونه‌برداری از خاک برای عناصر کمیاب (فلزات سنگین، آلاینده‌های نوظهور و مواد شیمیایی آلی پایدار)، بهتر است بیانگر ریسک شناسایی شده در دوره طراحی پروژه باشد (به‌عنوان مثال، مشخصه‌های خاک اولیه و فاضلاب

تصفیه شده). از آنجا که فرایند پایش، پرهزینه است، توصیه می شود برنامه پایشی برای ارائه اطلاعات صحیح با هزینه مقرون به صرفه طراحی شود.

یکی از بهترین روش های آنالیز عناصر کمیاب از عصاره های خاک، طیف سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS)^۱، [20][19] است.

رایج ترین فاصله زمانی نمونه برداری توصیه شده برای پایش خاک ۱۰ سال است. در صورت تشخیص ریسک های قابل توجهی از تجمع یک یا چند عنصر کمیاب، می توان تواتر بالاتری اتخاذ کرد. تجمع عناصر کمیاب در خاک در رابطه با جذب توسط گیاهان به اشکال شیمیایی عناصر و برهم کنش آنها با اجزای خاک (به عنوان مثال، اشکال تبادلی یا قابل تعویض، جذبی، پیوند آلی، کربناته و سولفات) بستگی دارد. جذب و تجمع آنها توسط گیاهان نیز بستگی به خاک تامین کننده این عناصر برای ریشه گیاه، محیط ریزوسفر و مشخصه های سامانه ریشه گیاه دارد.

تحقیقات حاکی از آن است که pH خاک تأثیر قابل توجهی بر جذب عناصر کمیاب توسط گیاهان دارد زیرا بر حلالیت عناصر کمیاب در خاک تأثیر می گذارد. اثر pH به طور چشمگیری سازگارتر از سایر متغیرهای خاک مانند محتوای مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و بافت خاک است. سمیت عناصر کمیاب برای گیاهان بیشتر در خاک های اسیدی مشاهده می شود. سایر اجزای خاک نیز می توانند برای جلوگیری از حرکت عناصر کمیاب مانند رس، مواد آلی، آهن و اکسیدهای منگنز آبدار، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه، اسیدهای هیومیک و فولویک^۲ واکنش نشان دهند.

۳-۶ روش نمونه برداری

۱-۳-۶ آبیاری قطره ای

بهتر است نمونه برداری از خاک در امتداد لوله های جانبی قطره ای، در فاصله حدوداً ۱۰ cm از قطره چکان، در عمق های ۰ (صفر) تا ۳۰ cm، ۳۰ cm تا ۶۰ cm و ۶۰ cm تا ۹۰ cm یا با توجه به عمق ناحیه ریشه محصول انجام شود. توصیه می شود نمونه های ۳ cm تا ۵ cm بالای سطح خاک دور ریخته شوند.

برای موارد عمومی بدون ریسک بالای شوری (کیفیت آب)، نمونه برداری از خاک محدود به ناحیه ریشه می تواند انجام گیرد. در صورت ریسک شوری بسیار زیاد، توصیه می شود نمونه برداری دقیق تری از خاک انجام شود. برای داشتن نمونه مرکب نماینده و تصادفی بهتر است حدود ۲۰ نمونه با توزیع تصادفی از یک قطعه برداشت کرد. بهتر است هر نمونه مرکب با عمق معین در کیسه ای جداگانه قرار گیرد.

۲-۳-۶ آبیاری ریزفواره و بارانی

بهتر است نمونه برداری از خاک در فاصله حدود ۷۰ cm تا ۱۰۰ cm از ریزفواره و در فاصله حدود ۱۰۰ cm تا ۱۲۰ cm از آب پاش کوچک انجام شود. بهتر است فاصله نمونه برداری در گستره دبی و توزیع آب قطره چکان باشد.

1- Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

2- Humic and fulvic acids

۴-۶ آماده‌سازی نمونه

مراحل زیر نحوه آماده‌سازی نمونه را قبل از تحویل به آزمایشگاه خاک نشان می‌دهند:

الف- بهتر است هر نمونه مرکب از عمق معین به‌خوبی مخلوط شده و نمونه‌های گرفته‌شده از عمق یکسان در نقاط مختلف نمونه‌برداری در یک قطعه، در یک ظرف (به‌عنوان مثال یک سطل) انباشته شوند تا به خوبی مخلوط‌شده و نمونه مرکب ارسالی به آزمایشگاه از آن استخراج شود؛

ب- حدود ۱ kg از نمونه مخلوط در کیسه‌ای قرار گیرد که تمام مشخصات (شامل نام، آدرس، قطعه، محصول، تاریخ نمونه‌برداری، عمق) در آن ثبت شده است؛

پ- نمونه‌ها در اسرع وقت به آزمایشگاه تحویل داده شوند.

۵-۶ روش‌های آزمون خاک

همان عمق و تعداد نمونه‌ها برای یک نمونه مرکب و نمونه تصادفی همان‌طور که برای آبیاری قطره‌ای مشخص شده است، گرفته شود.

توصیه می‌شود روش‌های آزمون خاک برای آنالیز با مشخصه‌های خاک در هر منطقه سازگار باشد [19]، [20]، [21]، [22].

۷ پایش محیط پذیرنده

۱-۷ کلیات

منبع آب زمانی پایش شود که یک ریسک (مانند آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی) توسط یک متخصص واجد شرایط (مثل مهندس یا کارشناس هیدرولوژی) تشخیص داده شده باشد.

هرچند کاربردهای استفاده از پساب با اهداف آبیاری برای تامین نیازهای تبخیر و تعرق صورت می‌گیرد، اما استفاده بیش از حد فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند در جریان آب‌های زیرزمینی و/یا سطحی تداخل ایجاد کند. علاوه‌براین، فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند حاوی سطوح باقیمانده آلاینده‌ها شامل فلزات محلول، مواد آلی، معدنی و ریزاندامگان^۱ بیماری‌زا باشد که می‌تواند نگرانی را در پایین دست در صورت برداشت آب در معرض این آلاینده‌ها به وجود آورد.

در صورت تشخیص ریسک احتمالی، توصیه می‌شود یک برنامه پایش کیفیت منابع آب محیطی برای پایش اثر فاضلاب تصفیه‌شده بر کیفیت و پهنه آب سطحی و آب‌های زیرزمینی پایین‌دست تهیه شود تا وجود و سهم آلاینده‌های مرتبط با فاضلاب تصفیه‌شده را شناسایی کند.

یادآوری- طبق قوانین و مقررات بسیاری از کشورها، پایش ویژه پهنه‌های آبی برای مناطق حفاظت‌شده آب آشامیدنی و مناطق حساس موردنیاز است.

۲-۷ هدف برنامه پایش

به منظور اثربخش بودن و مناسب بودن برنامه پایشی، بهتر است یک سؤال یا فرضیه خاص در این برنامه مورد بررسی قرار گیرد.

توصیه می‌شود این برنامه پایشی مطابق با ریسک شناسایی شده بسته به کیفیت فاضلاب تصفیه شده، بافت هیدرولوژیکی و زمین شناسی طراحی شود و بین تأثیر کاربردهای فاضلاب تصفیه شده و سایر منابع (مثل غلظت آلاینده‌های اولیه به دلیل منابع آلوده کننده بالادست، سهم ژئوشیمیایی از ماتریس خاک و سهم منبع نقطه‌ای در منطقه) تفاوت قائل شود و تغییرات فصلی پیش بینی شده در غلظت آلاینده را در نظر بگیرد. بر اساس ویژگی‌های فاضلاب تصفیه شده (یعنی برای پروژه‌هایی با سطح ریسک بالاتر)، بهتر است برنامه‌های پایشی سختگیرانه‌تر و سازگار با شرایط محلی هر منطقه باشد.

۳-۷ نمونه برداری از آب‌های زیرزمینی

بهتر است پایش آب‌های زیرزمینی (شبکه پیزومترها^۱، تواتر نمونه برداری و مقادیر حدی^۲) در طرحی با ریسک شناسایی شده برای منابع آب زیرزمینی انجام شود. تعداد و مکان چاه‌های پایشی برای هر سایت^۳ است و بهتر است توسط یک متخصص واجد شرایط (مثل مهندس یا کارشناس هیدرولوژی) و با بررسی اهداف برنامه پایش و تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک تعیین شود.

بهتر است ایستگاه‌های نمونه برداری از آب‌های زیرزمینی در چاه‌های پایشی در منطقه آبیاری شده توسط فاضلاب تصفیه شده و همچنین در منطقه بالادست و پایین دست واقع شوند.

هدف از چاه‌های پایشی بالادست، ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی اولیه^۴ است. بهتر است تعداد کافی از چاه‌های با شیب جریان بالا برای ارزیابی درجه تغییرپذیری منطقه ایجاد شود.

هدف از چاه‌های پایشی واقع در منطقه آبیاری، ارزیابی شرایط کیفی آب در «بدترین حالت» است؛ زیرا این ایستگاه‌ها به احتمال بیشتری سهم آلاینده‌ها را قبل از اینکه بتوان آن اثرات را با رقیق سازی از طریق سایر منابع آب زیرزمینی پایین دست از بین برد از فاضلاب تصفیه شده شناسایی می‌کنند. چاه‌های پایشی در منطقه آبیاری نیز به عنوان یک شاخص هشدار اولیه در مورد اثرات احتمالی آب زیرزمینی پایین دست عمل می‌کنند. چاه‌های پایشی پایین دست، می‌تواند تأیید تأثیرات کلی کیفیت فاضلاب تصفیه شده بر استفاده‌های استخراج آب‌های زیرزمینی با پایین دست را ارائه نماید.

بهتر است پیزومترها در عمق حداقل ۱ m پایین تر از حداقل ارتفاع آب زیرزمینی موردنظر در آن مکان قرار گیرند به طوری که در کل بخش دست کم جداره پیزومتر بین حداقل و حداکثر سطح آب زیرزمینی محل سوراخ شده باشد.

بهتر است نمونه برداری با پمپاژ حجمی حداقل ۱۰ برابر حجم آب موجود در پیزومتر یا زمانی که هدایت هیدرولیکی تثبیت می‌شود (یعنی نمونه برداری فعال است نه غیرفعال) صورت گیرد.

1- Piezometers
2- Trigger values
3- Site-specific
4- Background groundwater

بهتر است پارامترها، تواتر و مقادیر حدی توسط یک متخصص واجد شرایط بر اساس تاثیر بالقوه فاضلاب تصفیه شده تعریف شوند.

در صورت تشخیص اثرات منفی بر روی آبهای زیرزمینی پایین دست، بهتر است یک بررسی دقیق آب‌شناختی برای شناسایی منبع آلودگی انجام گیرد. توصیه می‌شود اقدامات اصلاحی برای جلوگیری از آلودگی بیشتر انجام و در صورت توجیه، آبیاری قطع شود.

در صورتی که نتایج پایش عدم تاثیر را بعد از یک روش نمونه‌برداری سه ساله نشان دهد، می‌توان طرح‌های پایشی را بازنگری کرده و تواتر نمونه‌برداری را کمتر کرد.

۴-۷ نمونه‌برداری از آب‌های سطحی

بهتر است ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب سطحی در پایین دست سامانه آب‌شناختی بالایی تاسیس شوند. تعداد، مکان نقاط نمونه‌برداری و برنامه پایشی، برای هر سایت است و بهتر است توسط یک متخصص واجد شرایط (مثل مهندس یا کارشناس هیدرولوژی) تعیین شود.

در صورت تشخیص اثرات منفی بر آب سطحی ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه شده، بهتر است یک بررسی دقیق آب‌شناختی برای شناسایی منبع آلودگی انجام گیرد. توصیه می‌شود اقدامات اصلاحی برای جلوگیری از آلودگی بیشتر انجام و در صورت توجیه، آبیاری قطع شود.

در صورتی که نتایج پایش عدم تاثیر را بعد از یک روش نمونه‌برداری سه ساله نشان دهد، می‌توان طرح‌های پایشی را بازنگری کرده و دفعات نمونه‌برداری را کمتر کرد.

بهتر است آنالیز نمونه شامل همه پارامترهای ارائه شده در استاندارد کیفیت فاضلاب تصفیه شده باشد (به استاندارد ISO 16075-2 مراجعه شود).

برای اطلاعات بیشتر درباره نمونه‌برداری از آب سطحی، به استاندارد ISO 5667-6 [10] و استاندارد ISO 5667-11 [11]، مراجعه شود.

۸ تضمین کیفیت و کنترل کیفیت (QA/QC)^۱

خطای نمونه‌برداری و آنالیزی و همچنین نگهداری و کالیبراسیون آنالیزکننده‌های برخط در هنگام ارائه برنامه تضمین کیفیت و کنترل کیفیت در نظر گرفته شود.

با این که آزمایشگاه‌های آنالیزی معمولاً یک برنامه داخلی دقیق کنترل و تضمین کیفیت را اجرا می‌کنند اما بهتر است این برنامه جایگزین برنامه کنترل و تضمین کیفیت مبتنی بر پایش و عملیات نشود که می‌تواند در ارزیابی دقت و درستی شیوه‌نامه آزمایشگاهی مفید باشد. باید اذعان داشت که فاضلاب تصفیه شده معمولاً حاوی سطوح آلاینده بسیار کمی است و غالباً نزدیک به حدود تشخیص آنالیزی است. تحت این شرایط، پتانسیل خطاهای نمونه‌برداری و آنالیزی زیاد است و بهتر است یک کنترل و تضمین کیفیت دقیق انجام شود.

توصیه می‌شود استفاده از دو یا چند آزمایشگاه به صورت دوره‌ای در طول برنامه پایش برای انجام آنالیزهای تکراری به عنوان وسیله‌ای برای ارزیابی اریبی آزمایشگاهی نسبت به مقادیر درست، مورد توجه قرار گیرد. برای

اطمینان از اینکه مکان نمونه معرف کل منطقه است و روش‌های به‌کاررفته برای نمونه‌فرعی خطایی ایجاد نمی‌کند، توصیه می‌شود تمام ملاحظات به دقت در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال، هم‌زدن ناکافی نمونه جمع‌آوری‌شده در طول نمونه‌برداری فرعی^۱ می‌تواند منجر به تخمین کمتر آلاینده‌های مرتبط با ذرات در نمونه فرعی شود.

بهتر است آزمایشگاه‌های مورد تایید موجود در منطقه در اولویت باشند زیرا صلاحیت آن آزمایشگاه‌ها توسط یک نهاد تاییدکننده تضمین شده است. در صورت عدم دسترسی به چنین آزمایشگاهی، استفاده از دو یا چند آزمایشگاه به صورت دوره‌ای مدنظر قرار گیرد.

توصیه می‌شود برنامه کنترل و تضمین کیفیت شامل نمونه‌های شاهد میدانی/ حمل و نقل، تکراری، تقسیمی، جایگزین و اسپایک باشد. بطری‌های نمونه به‌گونه‌ای برچسب‌گذاری شوند که آزمایشگاه را از نظر منبع نمونه یا شناسایی نمونه‌های تکراری «مجهول» نگه دارد. برنامه نمونه‌برداری بهتر است به همراه جزییات آن توسط شخص ثالث متخصص و با تکرار حداقل هر پنج سال یکبار ارزیابی شود.

بهتر است ابزارهای میدانی به‌طور مکرر با تبعیت از دستورالعمل‌های سازنده و بازخورد عملیاتی بررسی شوند و در صورت نیاز، ابزار مجدداً کالیبره شود. بهتر است برای تعیین رانش^۲ کالیبراسیون یک بررسی کالیبراسیونی انجام شود. چنانچه رانش کالیبراسیون از معیارهای سازنده یا کنترل و تضمین کیفیت فراتر باشد، توصیه می‌شود مقدار رانش ثبت شود و خوانش‌های حاصل از آخرین بررسی کالیبراسیون دارای شرایط لازم باشد و ابزار نیز مجدداً کالیبره شود. به همین ترتیب، بهتر است بررسی‌های کالیبراسیون در ابزارهای برخط با استفاده از ابزارهای میدانی کالیبره‌شده و/یا آنالیزهای نمونه کالیبراسیون انجام شود. اگر رانش کالیبراسیون از معیارهای سازنده یا برنامه کنترل و تضمین کیفیت فراتر رود، در صورت لزوم خوانش‌های برخط ابزار، تنظیم یا مجدداً کالیبره شود. بهتر است برنامه پایش حاوی یک برنامه رسمی کنترل و تضمین کیفیت سالانه باشد تا اطمینان حاصل شود که هر مرحله از فرایند نمونه‌برداری و پس از نمونه‌برداری، از پروتکل‌های مستند پیروی می‌کند و شیوه‌های پیشگیرانه بهبود روش، اجرا می‌شوند. نیاز است مامور QA همه ابعاد برنامه نمونه‌برداری را به‌طور منظم بررسی کرده و گزارش‌های کتبی کنترل و تضمین کیفیت را سالانه به‌طور منظم صادر نماید. بهتر است برنامه نمونه-برداری به‌طور مفصل توسط یک طرف خارجی (خارج از سازمان)^۳ حداقل هر پنج سال یکبار ارزیابی شود. توصیه می‌شود ابزار و تجهیزات میدانی مورد استفاده به‌طور منظم نگهداری و کالیبره شوند و سوابق مربوط به آن نگهداری شود.

بهتر است برنامه‌های اصلی نمونه‌برداری همچنین شامل یک کتابچه راهنمای رسمی کنترل و تضمین کیفیت نیز باشند تا تمام منابع، خط‌مشی‌ها و رویه‌های مربوط به آن برنامه نمونه‌برداری را مستند کند. بهتر است کتابچه راهنمای کنترل و تضمین کیفیت حاوی توضیحات مفصلی درباره موضوعات مشخص‌شده در این بند باشد و مسئولیت‌های کنترل و تضمین کیفیت مدیریت، کارکنان نظارتی و نمونه‌برداران میدانی را به وضوح تعریف کند.

1- Sub-sampling

2- Drift

3- Outside party

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اعمال‌شده در این استاندارد ملی نسبت به استاندارد منبع

بخش‌های اضافه‌شده

- بند ۱ هدف و دامنه کاربرد، یادآوری‌های ۲ و ۳ اضافه شده است.

- منابع [۳]، [۴] و [۵] به کتاب‌نامه اضافه شده است.

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۱۸۷۶: سال ۱۴۰۱، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری - قسمت ۲: توسعه پروژه - راهنما
- [۲] استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۰۱: سال ۱۳۹۹، استفاده از پساب در آبیاری - انطباق سامانه‌ها و روش‌های آبیاری با پساب - راهنما
- [۳] قانون حفاظت از خاک مصوبه مجلس شورای اسلامی مورخ ۱۳۹۸/۰۳/۰۴
- [۴] حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده‌های ورودی به آن برای کاربری‌های مختلف خاک و راهنماهای آن (براساس قانون حفاظت از خاک)، سازمان حفاظت محیط زیست
- [۵] استانداردهای خروجی فاضلاب (به استناد ماده ۵ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب)
- [6] ISO 5667-4, Water quality— Sampling— Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب - نمونه برداری - قسمت ۴: نمونه برداری از دریاچه‌های طبیعی و مصنوعی - راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-4: 2016 تدوین شده است.
- [7] ISO 5667-10, Water quality — Sampling— Part 10: Guidance on sampling of waste waters
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۱۱۶۱۱: سال ۱۴۰۰، کیفیت آب - نمونه برداری - قسمت ۱۰: نمونه برداری از فاضلاب - راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-10: 2020 تدوین شده است.
- [8] ISO 5667-1, Water quality— Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۱۱: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب - نمونه برداری - راهنمای طراحی برنامه‌های نمونه برداری، با استفاده از استاندارد ISO 5667-1: 1980 تدوین شده است.
- [9] ISO 15175, Soil quality— Characterization of contaminated soil related to groundwater protection
- [10] ISO 5667-6, Water quality— Sampling— Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۲۲۶۲: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب - نمونه برداری - آئین کار نمونه برداری از رودخانه‌ها و نه‌رها، با استفاده از استاندارد ISO 5667-6: 2005 تدوین شده است.
- [11] ISO 5667-11, Water quality — Sampling — Part 11: Guidance on sampling of groundwaters
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۱-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۸۹، کیفیت آب - نمونه برداری - قسمت ۱۱: راهنمای نمونه برداری از آب‌های زیرزمینی، با استفاده از استاندارد ISO 5667-11: 2009 تدوین شده است.
- [12] ISO 16075-3, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 3: Components of a reuse project for irrigation
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۱۸۷۶: سال ۱۴۰۲، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری - قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری - راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 16075-3: 2021 تدوین شده است.

- [13] ISO 5667-20, Water quality — Sampling — Part 20: Guidance on the use of sampling data for decision making — Compliance with thresholds and classification systems

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۳۸۴: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه‌برداری - استفاده از داده‌های نمونه‌برداری برای تصمیم‌گیری- انطباق با آستانه‌ها و سیستم‌های طبقه‌بندی، با استفاده از استاندارد ISO 5667-20:2008 تدوین شده است.

- [14] ISO 5667-22, Water quality — Sampling — Part 22: Guidance on the design and installation of groundwater monitoring points

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۱۱-۲۲: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب- نمونه‌برداری- قسمت ۲۲: طراحی و نصب ایستگاه‌های پایش کیفیت آب زیرزمینی- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-22: 2010 تدوین شده است.

- [15] ISO 5667-23, Water quality — Sampling — Part 23: Guidance on passive sampling in surface waters

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۱۱-۲۲: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب- نمونه‌برداری- قسمت ۲۳: نمونه‌برداری غیر فعال از آب های سطحی- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-23: 2011 تدوین شده است.

- [16] Drechsler P., Scott C.A., Raschid-Sally L., Redwood M., Bahri A. Wastewater Irrigation and Health. International Water Management Institute (IWMI), 2010

- [17] Bruschi F. Helminth Infections and their Impact on Global Public Health. Springer, 2014

- [18] Rice E.W., Baird R.B., Eaton A.D., Clesceri L.S. eds. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 2012

- [19] Page A.L. ed. Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America Book Series 5, 1982

- [20] Sparks D.L. ed. Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. Second Edition. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America Book Series 5, 1996

- [21] Klute A. ed. Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America Book Series 5, 1986

- [22] Bottomley P.S., Angle J.S., Weaver R.W. eds. Methods of Soil Analysis, Part 2: Microbiological and Biochemical Properties. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America Book Series 5, 1994

- [23] WHO. Guideline for the safe use of wastewater excreta and Greywater (all volumes), 2006