

بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان در کشاورزی

فرزانه صفا، محمد ملکوتیان^{۱*} و فردوس کرد مصطفی پور

دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست (آب و فاضلاب)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.

Safafarzane@gmail.com

استاد مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط و گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان.

m.malakootian@yahoo.com

استادیار عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان.

ferdos_66@yahoo.com

چکیده

با توجه به اهمیت آب و کمبود منابع آب در ایران، استفاده از آب‌های نامتعارف در مناطقی نظیر استان کرمان می‌تواند یک اقدام اساسی در حفاظت از منابع آبی کشور به حساب آید. به منظور امکان استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان در کشاورزی به مدت شش ماه از فاضلاب ورودی و پساب تصفیه‌خانه فاضلاب نمونه‌برداری شد و پارامترهای، TDS، TSS، COD، BOD، pH، قلیائیت، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی، تخم انگل، کاتیون‌ها، آنیون‌ها، فنل، فرمالدئید، فلئوئور، دترجنت و فلزات سنگین در آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت، شاخص هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد و نسبت جذب سدیم و درصد سدیم محلول محاسبه شد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها بر روی فاضلاب خام نشان داد که میانگین مقادیر پارامترهای COD، BOD، TSS به ترتیب ۴۹۰، ۲۰۷، ۳۷۹ میلی‌گرم در لیتر و تعداد کلیفرم‌های کلی و مدفوعی نیز به ترتیب $13/3 \times 10^9$ و $2/5 \times 10^8$ در صد میلی‌لیتر شمارش شد و در پساب تصفیه‌خانه پارامترهای فوق به ترتیب $64/4$ ، $39/8$ ، $74/5$ میلی‌گرم در لیتر و تعداد کلیفرم‌های کلی و مدفوعی به ترتیب 48×10^5 ، 3×10^6 در صد میلی‌لیتر بود. مقادیر هدایت الکتریکی پساب تصفیه‌خانه $2/86$ دسی‌زیمنس بر متر و SAR آن $7/04$ محاسبه شد. براساس نتایج آزمایش و با توجه به مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده در پساب با استانداردهای محیط زیست، معیارهای ارائه شده به وسیله سازمان جهانی بهداشت و دستورالعمل FAO پساب تصفیه‌خانه شهر کرمان می‌تواند برای کشاورزی و کشت گیاهان صنعتی و علوفه‌ای مقاوم به شوری و مقاوم به غلظت متوسط یونهای سدیم، کلرور، بور و بی‌کربنات مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، آب مصرف شده لجن فعال.

۱ - آدرس نویسنده مسئول: کرمان، ابتدای بزرگراه هفت باغ علوی، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان، گروه بهداشت محیط

دانشکده بهداشت. کد پستی: ۷۶۱۶۹۱۳۵۵۵

* دریافت: بهمن ۱۳۹۱ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۳

مقدمه

هر چند آب یکی از منابع تجدید شونده به شمار می‌رود، اما مقدار آن محدود می‌باشد. عواملی نظیر رشد جمعیت، نیاز غذای بیشتر، ضرورت ارتقای سطح بهداشت و رفاه اجتماعی، توسعه صنعتی و حفاظت اکوسیستم‌ها تقاضای آب را روز به روز بیشتر می‌کند (زنگنه مدار و همکاران، ۱۳۸۸). هم اکنون، حدود ۹۴/۲۵ درصد از کل مصارف آب سالیانه در کشور مربوط به بخش کشاورزی، ۴/۷۵ درصد مربوط به مصارف خانگی و یک درصد مربوط به مصارف صنعتی است (مصدافی نیا و احمدی مقدم، ۱۳۸۷).

از این رو، با توجه به میزان بالای مصرف آب در بخش کشاورزی، استفاده از پساب فاضلاب تصفیه شده خصوصا در مناطق خشک و کم آبی چون استان کرمان، می‌تواند بحران آب را در این بخش تعدیل نماید. ضمن این که باروری خاک نیز افزایش یافته و بازدهی برداشت گیاهان آبیاری شده با این آب به نسبت آب خام به مراتب بیش‌تر خواهد شد.

کلاپ و همکاران (۱۹۸۷) اثر کاربرد پساب فاضلاب شهری را در چند ایالت مختلف آمریکا بر عملکرد گیاه ذرت و نیز تعدادی از گیاهان علوفه ای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد، تأثیر پساب در تامین عملکرد گیاه نسبت به کاربرد کود شیمیایی آمونیم کاملا قابل مقایسه بوده است. در پژوهشی که به منظور اثرات پخش فاضلاب تصفیه شده بر روی اراضی کشاورزی در کالیفرنیا توسط پتی گرو و آسانو (۱۹۸۷) انجام شده است پخش پساب هیچ اثر سوئی چه از نظر کشاورزی و چه از نظر بهداشتی بر آب‌های زیر زمینی منطقه و یا محصولات زراعی ندارد.

با توجه به پژوهش انجام گرفته در لندن استفاده از پساب تصفیه شده برای آبیاری مزارع گندم، باقلا، برنج، سیب زمینی و پنبه در مقایسه با آب شیرین برای آبیاری، عملکرد بیشتری داشته است (شند، ۱۹۸۸). در آزمایشاتی که بر روی فاضلاب شهر نائین توسط نصری و همکاران

(۱۳۸۵) انجام شده است، مقادیر بعضی از مشخصه‌ها در پساب نظیر شوری، هدایت الکتریکی و TDS¹ در مقایسه با استانداردها دارای محدودیت زیاد و درصد آلودگی میکروبی آن بسیار بالا گزارش شده است به طوری که کاربرد آن در فضای سبز با انتقال شدید عوامل بیماریزا در محیط همراه خواهد بود. بررسی‌ها همچنین نشان داده است پساب تصفیه خانه شهر مرودشت در ارزیابی با رهنمود FAO، از نظر SAR² و کلراید دارای محدودیت متوسط و از نظر ازت و فسفر دارای محدودیت پائین می‌باشد (حسن لی و همکاران، ۱۳۸۴).

مولوی و میرزائی (۱۳۸۹) با بررسی امکان استفاده از پساب صنعتی تصفیه شده در کشاورزی و فضای سبز شهر قزوین نتیجه گرفتند، پساب حاصل در بیشتر پارامترها به جز سولفات، بروماید و منیزیم با استاندارد محیط زیست ایران مطابقت ندارد و در ارزیابی با دستورالعمل FAO، پساب تصفیه خانه از نظر کلرور و نیترات دارای محدودیت شدید می‌باشد، همچنین، پساب حاصل از نظر نمودار ویل کوکس در رده آب‌های غیر قابل توصیه در آبیاری قرار گرفت.

مطالعات متعددی در نقاط مختلف کشور و جهان در رابطه با فاضلاب تصفیه شده و استفاده آن در کشاورزی انجام شده است و این نشان می‌دهد بحران آب مساله‌ای بسیار جدی است و استفاده از پساب‌ها طبق استانداردهای لازم می‌تواند تا حدودی مشکل را تعدیل نماید.

در این پژوهش پساب تصفیه خانه شهر کرمان از نظر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی با استاندارد سازمان محیط زیست و دستورالعمل‌های FAO و WHO مقایسه شد و امکان استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمان برای مصارف کشاورزی و فضای سبز مورد بررسی قرار گرفت.

1-Total Dissolved Solid.
2- Sodium Absorption Ratio.

مواد و روش‌ها

کرمان با ارتفاع ۱۷۶۰ متر از سطح دریا در ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی و ۵۷ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته و از نظر آب و هوایی در منطقه خشک و نیمه معتدل قرار دارد. تصفیه خانه فاضلاب با ظرفیت ۵۰۳۰۰۰ نفر در شروع طرح و ظرفیت ۸۷۵۰۰۰ نفر در سال افق طرح (سال ۱۴۰۵) با فرآیند لجن فعال از نوع هوادهی متعارف با دبی متوسط ۱۰۵۴۰۸ مترمکعب در روز و میزان پساب ۳۸/۵ میلیون مترمکعب در سال طراحی و درزمینی به مساحت تقریبی ۴۲ هکتاردرفاصله حدود شش کیلومتری نسبت به آخرین محدوده تاسیسات شهری واقع شده است. هم اکنون یک مدول تصفیه خانه فعال بوده و جمعیتی معادل ۳۵۰۰۰ نفر را تحت پوشش دارد.

این پژوهش به مدت شش ماه از فروردین تا شهریور ماه ۹۰ بر روی پساب تصفیه خانه شهر کرمان انجام شد. به منظور تعیین راندمان تصفیه خانه در حذف آلاینده‌های مختلف میکروبی، فیزیکی و شیمیایی و همچنین امکان استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب برای آبیاری اراضی کشاورزی و فضای سبز از ورودی فاضلاب خام به تصفیه خانه در محل پمپاژ بعد از آشغالگیر اول و پساب خروجی به صورت ماهیانه نمونه برداری شد. نمونه برداری بصورت لحظه‌ای بوده و نمونه‌ها در ساعت پیک مصرف با رعایت شرایط استاندارد برای انجام آزمایش‌های لازم به آزمایشگاه انتقال یافت.

در طول این دوره جمعا ۱۰۹ نمونه تهیه و پارامترهای TSS، TDS، pH، COD، BOD، کلردت، هدایت الکتریکی، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلرور، بی‌کربنات، کربنات، سولفات، فسفات، نیتريت و نیترات، قلیائیت به مدت شش ماه و پارامترهای تخم انگل (نماتدروده‌ای)، بور، فنل، فرمالدئید، فلئوئور، دترجنت، لیتیم، نقره، آلومینیم، جیوه،

باریم، کروم، نیکل، سرب، مس، روی، آهن، منگنز، آرسنیک به مدت دو ماه در فاضلاب ورودی و پساب اندازه‌گیری شد. در طول تحقیق جمعا ۵۶۵ مورد آزمایش، صورت گرفت و پارامترهای شوری، سمیت ویژه یون سدیم، نفوذپذیری خاک و نسبت جذب سدیم که در ارزیابی آب آبیاری مهم می باشند محاسبه شدند (گلاوی، ۱۳۹۰، غلامعلی زاده آهنگر، ۱۳۸۶).

به منظور تعیین امکان استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب برای کشاورزی از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۱۳۹۲) رهنمودسازمان جهانی بهداشت (۲۰۰۶) و رهنمود سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (آپرز و وسکات، ۱۹۸۵) استفاده شد. نمونه برداری‌ها و آزمایش‌ها بر اساس دستورالعمل کتاب روش‌های استاندارد آب و فاضلاب صورت گرفت (۲۰۰۵).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ماهیانه کیفیت میکروبی، فیزیکی، شیمیایی فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی، میانگین و همچنین راندمان حذف آن‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری ماهیانه غلظت فلزات سنگین در فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب و میانگین و همچنین راندمان حذف آن‌ها در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج حاصل از تعیین کیفیت پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمان از نظر نسبت جذب سدیم، درصد سدیم محلول در جدول (۳) آمده است.

3- Total Suspansion Solid

4- Biochemical oxygen demand

جدول ۱- غلظت ماهیانه، میانگین و درصد حذف پارامترهای کیفی فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی تصفیه‌خانه

پارامتر/ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین	راندمان حذف درصد
BOD (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۱۶۹	۱۸۳	۱۴۹	۲۶۶	۲۵۹	۲۰۷	۸۰/۷۶
	پساب	۲۴/۳	۲۹/۶	۴۴/۹	۴۷/۳	۴۰/۱	۳۹/۸	
COD (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۳۵۰	۳۱۶	۲۹۵	۴۷۰	۴۶۲	۳۷۹	۸۰/۳۷
	پساب	۵۵/۰	۵۱/۶	۸۲/۲	۸۰/۳	۸۱/۱	۷۴/۵	
pH	ورودی	۷/۵۲	۷/۵۵	۷/۵۶	۷/۵۵	۷/۴۶	۷/۴۲	۱/۰۷
	پساب	۷/۵۶	۷/۴۵	۷/۶۰	۷/۷۴	۷/۴۶	۷/۵۰	
نیتريت (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۳/۰۷	۱/۱۲	۱/۵۳	۱/۰۵	۲/۳۰	۲/۳۰	۱۸/۲۶
	پساب	۲/۴۰	۰/۸۸	۱/۲۰	-/۸۲	۱/۸۰	۱/۸۸	
نیترات (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۷/۸۳	۵/۸۰	۹/۰۸	۵/۴۳	۱۱/۰۰	۸/۴۶	۱۹/
	پساب	۶/۲۷	۴/۶۴	۷/۲۷	۴/۳۵	۸/۸۰	۶/۷۷	
سدیم (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۴۰۲	۴۱۶	۴۲۰	۴۰۶	۴۱۴	۴۱۱	۱۴/۱۸
	پساب	۳۴۵	۳۵۸	۳۶۰	۳۴۷	۳۴۵	۳۵۳	
کلسیم (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۸۰/۱	۸۷/۳	۸۷/۹	۸۰/۸	۸۵/۶	۸۴/۰	۱۰/۰۱
	پساب	۷۲/۱	۷۷/۸	۷۹/۲	۷۳/۵	۷۶/۳	۷۵/۷	
پتاسیم (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۲۳/۰	۲۱/۵	۱۹/۲	۲۵/۰	۳۴/۱	۲۷/۷	۱۳/۲۸
	پساب	۱۹/	۱۷/۲	۱۸/۸	۲۱/۲	۲۹/۲	۲۳/۹	
منیزیم (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۱۵۵	۱۰۱	۱۳۵	۹۷/۱	۶۱/۵	۹۹/۶	۳۰/۲۳
	پساب	۱۱۹	۷۹/۴	۱۰۶	۶۵/۰	۳۶/۰	۶۹/۵	
کلرور (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۳۵۵	۳۱۳	۳۱۲	۳۳۴	۳۵۴	۳۳۶	۴/۵۹
	پساب	۳۳۳	۳۰۶	۳۰۸	۳۲۱	۳۳۶	۳۲۱	
فسفات (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۴/۷۰	۴/۳۴	۲/۴۴	۳/۹۷	۳/۳۴	۳/۶۶	۳۲/۲۴
	پساب	۲/۵۰	۲/۷۵	۱/۷۸	۲/۶۸	۲/۳۸	۲/۴۸	
سولفات (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۳۲۹	۲۶۴	۲۳۴	۳۱۵	۳۱۲	۲۹۲	۱۸/۶۰
	پساب	۲۸۰	۲۲۵	۱۸۵	۲۳۳	۲۵۰	۲۳۸	
کربنات (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-
	پساب	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
بی کربنات (میلی گرم درلیتر)	ورودی	۷۶۸	۸۳۷	۸۴۵	۷۷۷	۷۹۰	۸۰۷	۵۲/۶۰
	پساب	۴۵۱	۴۴۲	۴۰۵	۳۸۵	۳۲۹	۳۸۲	
EC (دسی زیمنس برمتر)	ورودی	۳/۵۵	۳/۹۲	۳/۴۰	۳/۷۰	۳/۸۰	۳/۷۲	۲۲/۷۰

	۲/۸۶	۳/۴۰	۲/۷۹	۲/۶۰	۲/۴۷	۳/۴۰	۲/۵۲	پساب	
۸۶/۸۶	۴۹۰	۵۴۲	۵۲۳	۵۹۷	۳۵۰	۳۵۶	۵۷۳	ورودی	TSS (میلی گرم درلیتر)
	۶۴/۴	۷۶/۸	۱۰۱	۶۴/۲	۴۶/۲	۵۳/۹	۴۳/۴	پساب	
۳۱/۹۵	۲۰۶۰	۲۳۵۵	۲۰۵۵	۱۹۶۲	۱۷۶۵	۲۳۵۵	۱۸۷۲	ورودی	TDS (میلی گرم درلیتر)
	۱۴۰۲	۱۷۰۰	۱۳۹۵	۱۳۰۲	۱۱۰۵	۱۷۰۰	۱۲۱۲	پساب	
۹۵/۱۵	۲۲۲	۲۲۵	۲۲۳	۲۲۲	۲۲۱	۲۲۱	۲۲۲	ورودی	کدورت (نفلومتری)
	۱۰/۵	۱۳/۰	۱۱/۴	۱۱/۰	۹/۴۰	۹/۴۰	۹/۱۰	پساب	
۵۲/۳۴	۶۶۱	۶۸۴	۶۶۹	۶۹۳	۶۵۳	۶۳۰	۶۳۸	ورودی	قلیائیت (میلی گرم درلیتر کربنات کلسیم)
	۳۱۵	۲۷۰	۲۹۶	۳۳۲	۳۹۴	۳۷۰	۲۳۱	پساب	
۳۷	۱/۳	۱/۳	-	-	-	-	۱/۳	ورودی	بور (میلی گرم درلیتر)
	۰/۸۰	۰/۷۹	-	-	-	-	۰/۸۲	پساب	
-	<۰/۱	<۰/۱	-	-	-	-	<۰/۱	ورودی	فنل (میلی گرم درلیتر)
	<۰/۱	<۰/۱	-	-	-	-	<۰/۱	پساب	
-	<۰/۱	<۰/۱	-	-	-	-	<۰/۱	ورودی	فرمالدئید (میلی گرم درلیتر)
	<۰/۱	<۰/۱	-	-	-	-	<۰/۱	پساب	
-	<۰/۱	<۰/۱	-	-	-	-	<۰/۱	ورودی	فلوئور (میلی گرم درلیتر)
	<۰/۱	<۰/۱	-	-	-	-	<۰/۱	پساب	
۹۷	>۳	>۳	-	-	-	-	>۳	ورودی	دترجنت (میلی گرم درلیتر)
	۰/۹	۰/۰۹	-	-	-	-	۰/۰۹	پساب	
۹۹/۹۶	13×10^9	24×10^9	15×10^9	18×10^9	11×10^9	12×10^9	13×10^9	ورودی	کلیفرم کل (تعداد در صد میلی لیتر)
	48×10^5	79×10^5	6×10^6	36×10^5	28×10^5	68×10^5	17×10^5	پساب	
۹۷/۸۰	$2/5 \times 10^4$	5×10^4	4×10^4	4×10^4	1×10^4	1×10^4	34×10^5	ورودی	کلیفرم مدفوعی (تعداد در صد میلی لیتر)
	3×10^6	49×10^5	5×10^6	1×10^6	16×10^5	44×10^5	11×10^5	پساب	
-	.	.	-	-	.	-	.	پساب	تخم انگل (نماتدروده ای) (تعداد در لیتر)

جدول ۲- غلظت ماهیانه، میانگین و درصد حذف فلزات سنگین در فاضلاب ورودی و پساب خروجی تصفیه‌خانه (میلی گرم در لیتر)

پارامتر/ماه	فروردین	شهریور	میانگین	درصد حذف	پارامتر/ماه	فروردین	شهریور	میانگین	درصد حذف
ورودی	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸۷	۸/۵	Ba	ورودی	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸۷
خروجی	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰	خروجی	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰
ورودی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰	Cr	ورودی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
خروجی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰	خروجی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰
ورودی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰	Cu	ورودی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
خروجی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰	خروجی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰
ورودی	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰	NI	ورودی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
خروجی	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰	خروجی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰
ورودی	۲/۳	۲/۷	۲/۶	۶۸	AS	ورودی	<۰/۰۰۶	<۰/۰۰۶	<۰/۰۰۶
خروجی	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰	خروجی	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۹	۰
ورودی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۹۹/۴۶	Al	ورودی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
خروجی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰	خروجی	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۰
					Ag	ورودی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
					خروجی	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰

جدول ۳- کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان

شاخص	محاسبه در پساب
نسبت جذب سدیم	۷/۰۴
درصد سدیم محلول	۶۰/۱

شد. باقری اردبیلیان و همکاران (۱۳۸۷) راندمان تصفیه خانه فاضلاب شهر زنجان را در حذف شاخص‌های کیفی BOD و COD به ترتیب ۸۷/۲۵ و ۸۷/۲۹ درصد گزارش نمودند که دارای راندمان حذف پائین‌تری نسبت به نتایج این پژوهش می‌باشد.

گلاوی (۱۳۹۰) در تحقیقی بر روی تصفیه‌خانه دانشگاه سیستان و بلوچستان راندمان تصفیه خانه را در حذف پارامترهای BOD، COD و TSS به ترتیب ۸۸/۵۷، ۸۳/۸۳ و ۶۱/۱۸ درصد گزارش کرد که حاکی از بالاتر بودن راندمان حذف در مقایسه با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. مقایسه کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان با استانداردهای محیط زیست ایران بر اساس آزمون آماری T-test در جدول (۴) نشان داده شده است.

راندمان تصفیه‌خانه در حذف کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی به ترتیب ۹۹/۹۶، ۹۸/۸ درصد می‌باشد. همچنین راندمان سیستم در حذف کل جامدات معلق ۸۶/۸۶ اکسیژن مورد نیاز شیمیایی ۸۰/۳۷ و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی ۸۰/۷۶ درصد می‌باشد. این اعداد نشان می‌دهد تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان به جز در مورد تعداد کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی از کارآئی لازم برای حذف مواد آلی و آلاینده‌ها در حد استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران برخوردار است.

احمدی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی بر روی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمانشاه، راندمان تصفیه خانه را در حذف BOD، COD و TSS به ترتیب ۸۵، ۸۵ و ۷۴ درصد گزارش کردند که میزان این سه پارامتر در پژوهش حاضر به ترتیب ۸۶/۸۶، ۸۰/۷۶ و ۸۰/۳۷ درصد تعیین

جدول ۴- مقایسه کیفی پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمان با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران

P-Value	مصارف آبیاری و کشاورزی	میانگین میزان پارامتر در پساب	پارامتر	نقره
۰/۰۲۵	۰/۱	<۰/۱	(Mg/L)	نقره
<۰/۰۰۵	۵	۰/۰۰۰۲۵	(Mg/L)	آلومینیوم
<۰/۰۰۵	۰/۱	۰/۰۰۱۹	(Mg/L)	ارسنیک
<۰/۰۰۵	۱	۰/۸۲	(Mg/L)	بور
<۰/۰۰۵	۱	۰/۰۸	(Mg/L)	باریم
۰/۳	۰/۲	<۰/۱	(Mg/L)	مس
<۰/۰۰۵	۳	۰/۱۳	(Mg/L)	آهن
-	-	۰/۰۰۱	(Mg/L)	جیوه
<۰/۰۰۵	۲/۵	<۰/۱	(Mg/L)	لیتیم
۰/۱۵	۱	<۰/۱	(Mg/L)	منگنز
۰/۰۰۱	۲	<۰/۱	(Mg/L)	نیکل
۰/۱۵	۱	<۰/۱	(Mg/L)	سرب
۰/۰۰۱	۲	<۰/۱	(Mg/L)	روی
-	-	۷۵/۶	(Mg/L)	کلسیم
-	۰/۲	۰	(Mg/L)	کلرآزاد
<۰/۰۰۵	۶۰۰	۳۲۱	(Mg/L)	کلراید
۰/۱۵	۱	<۰/۱	(Mg/L)	فرم آلدئید
۰/۱۵	۱	<۰/۱	(Mg/L)	فل
۰/۰۰۱	۲	<۰/۱	(Mg/L)	فلوراید
۰/۱۲	۱۰۰	۶۹/۵	(Mg/L)	منیزیم
-	--	۶/۷۷	(Mg/L)	نیتريت برحسب NO ₂
-	--	۱/۸۸	(Mg/L)	نیترات برحسب NO ₃
-	-	۲/۴۸	(Mg/L)	فسفات برحسب P
<۰/۰۰۵	۵۰۰	۲۳۸	(Mg/L)	سولفات
<۰/۰۰۵	۱۰۰	۳۹/۹	(Mg/L)	BOD
<۰/۰۰۵	۲۰۰	۷۴/۵	(Mg/L)	COD
<۰/۰۰۵	۰/۵	۰/۰۹	(Mg/L)	دترجنت
-	-	۱۴۰۲	(Mg/L)	TDS
۰/۰۱	۱۰۰	۶۴/۴	(Mg/L)	TSS
۰/۰۰۱	۶-۸/۵	۷/۵	--	pH
<۰/۰۰۵	۵۰	۱۰/۵۵	(NTU)	کدورت
۰/۱۳	۴۰۰	۳×۱۰ ^۶	(N/100mL)	کلیفرم گوارشی
۰/۰۰۵	۱۰۰۰	۴۸×۱۰ ^۵	(N/100mL)	کلیفرم کل
-	<۱	۰	(N/L)	تخم انگل (نماتودهای)

زیست ایران مطابقت دارد جدول (۴). اما در مورد، کل کلیفرمها و کلیفرمهای مدفوعی میانگین غلظت‌ها بیش از استاندارد است که این مهم با مدیریت صحیح سیستم و

گرچه میانگین میزان اکثریت پارامترهای فیزیکی، شیمیائی و فلزات سنگین در پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط

سدیم در طبقه S_1C_4 قرارداد و می‌تواند برای آبیاری گونه‌های گیاهی بسیار مقاوم به شوری تحت شرایط خاص استفاده شود. نتایج آزمایش‌ها همچنین نشان داد پساب موجود از نظر برخی پارامترهای بررسی شده، از حد بهینه ارائه شده با استفاده از رهنمود FAO نظیر کلرور، سدیم، بی‌کربنات و بور، دارای محدودیت کاربرد کم تا متوسط و از نظر شوری دارای محدودیت شدید می‌باشد که در این حالت برای کشت گیاهان بسیار مقاوم به شوری و گیاهانی که آستانه تحمل آن‌ها بیش از غلظت عناصر کلرور، سدیم، بی‌کربنات و بور در پساب است مناسب می‌باشد.

پساب در حالت شوری بسیار بالا برای آبیاری تحت شرایط معمولی مناسب نیست اما در شرایط بسیار خاص ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. خاک در این حالت باید نفوذ پذیر باشد و زهکش مناسب داشته باشد، پساب باید به مقدار زیادی برای رسیدن به آبشویی مطلوب بکار رود و می‌تواند برای کشت گیاهان بسیار مقاوم به شوری و گیاهانی که آستانه تحمل آن‌ها بیش از غلظت عناصر کلرور، سدیم، بی‌کربنات و بور در پساب است مناسب باشد. (غلامعلی زاده آهنگر، ۱۳۸۶)

نتیجه گیری

در مجموع، با توجه به رهنمود سازمان جهانی بهداشت، رهنمود سازمان خواربار و کشاورزی، استاندارد محیط زیست ایران و طبقه بندی ویل کوکس به نظر می‌رسد پساب تصفیه خانه شهر کرمان در صورت اصلاح سیستم کلرزی، می‌تواند برای کشاورزی و کشت گیاهان صنعتی و علوفه‌ای مقاوم به شوری و مقاوم به غلظت متوسط یونهای سدیم، کلرور، بور و بی‌کربنات مناسب باشد.

کلرزی پساب قابل رفع می‌باشد. شکوهی (۱۳۸۷) در تحقیقی بر روی تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان، تعداد کلیفرم‌ها را بیش‌تر از استاندارد محیط زیست گزارش نمود که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

نجفی (۱۳۸۴) تعداد کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی را در فاضلاب تصفیه شده شهر خوراسگان اصفهان گلای (۱۳۹۰) تعداد کلیفرم‌ها را در فاضلاب دانشگاه سیستان و بلوچستان بیش‌تر از استاندارد محیط زیست گزارش نمودند که با نتایج این بررسی در ارتباط با این دو پارامتر مطابقت دارد.

احمدی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی بر روی تصفیه خانه فاضلاب کرمانشاه میانگین پارامترهای TSS، BOD و COD را در محدوده استانداردهای محیط زیست و تعداد کلیفرم‌ها را بیش‌تر از استاندارد گزارش نمودند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. در تحقیقی که بر روی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهر بافق توسط قانعیان و همکاران (۱۳۸۲) انجام شد میانگین پارامترهای BOD، pH و COD را مطابق با استاندارد و تعداد کلیفرم‌ها را بیش‌تر از استاندارد محیط زیست تعیین نمودند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

با توجه به مقایسه نتیجه این پژوهش با موارد ذکر شده، این نتیجه حاصل است که در اغلب تصفیه خانه‌ها، پساب‌های خروجی از نظر میکروبی مشکل دارند که علت آن عدم دقت و کنترل در مرحله ضد عفونی و کلرزی است.

پساب از نظر بهداشتی با توجه به طبقه بندی سازمان جهانی بهداشت در طبقه B قرار دارد. براین اساس می‌توان از آن برای آبیاری گیاهان صنعتی، گیاهان علوفه‌ای، مرتعی و همچنین آبیاری درختان غیرمثمر استفاده نمود. البته استفاده از وسایل حفاظتی و رعایت بهداشت فردی برای حفظ سلامتی کارگران مزارع که در معرض خطر آلودگی قرار دارند ضرورت دارد. پساب تصفیه خانه طبق نمودار ویل کوکس (غلامعلی زاده آهنگر، ۱۳۸۶) و با توجه به پارامترهای هدایت الکتریکی و نسبت جذب

تشکر و قدردانی

هموار نمودند، کمال تشکر و قدر دانی را به عمل می آورند.

نویسندگان از همکاری مسئولین تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمان که راه را برای انجام این پژوهش

فهرست منابع

۱. احمدی، ا. ص. معروفی، سبزی پرور. ۱۳۸۷. بررسی پساب تصفیه خانه فاضلاب کرمانشاه و امکان استفاده مجدد از آن برای مقاصد کشاورزی. پایگاه مقالات علمی. قابل دسترسی در سایت http://www.civilica.com/Paper-WRM03-WRM03_467
۲. باقری اردبیلیان. پ. ح. صادقی، ا. نبئی و م. باقری اردبیلیان. ۱۳۸۷. بررسی تاثیرات تصفیه خانه. مطالعه موردی شهر زنجان. مجله بهداشت اردبیل. ش ۳. ص ۷۵-۶۷.
۳. حسن لی، ع. م. و م. جوان. ۱۳۸۴. ارزیابی پساب تصفیه شده شهری و کاربرد آن در آبیاری فضای سبز مطالعه موردی تصفیه خانه فاضلاب شهر مرودشت. مجله محیط شناسی. ش ۳۸. ص ۳۰-۲۳.
۴. زنگنه مدار، ز. ف. کاظمی. ۱۳۸۸. تصفیه فاضلاب و نقش آن در کاهش مصرف آب. مجله علمی عمران شریف. ش ۲۸. ص ۱۱-۲۳.
۵. سازمان حفاظت محیط زیست ایران. ۱۳۹۲. ضوابط و استانداردهای محیط زیست. پایگاه اطلاع رسانی <http://www.doe.ir>
۶. شکوهی، ر. ۱۳۸۷. کیفیت بهداشتی پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب های بیمارستانی استان هرمزگان برای ارائه مدل کاربردی منطقه. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی همدان. ش ۳. ص ۲۲-۱۰.
۷. غلامعلی زاده آهنگر، ا. ۱۳۸۶. کیفیت و ارزیابی کیفی آب آبیاری. جلد اول. چاپ دوم. انتشارات علوم کشاورزی. تهران. ۱۱۴ صفحه.
۸. قانعیان، م. ت. م. ح. احرامپوش، م. ح. کارگر. ۱۳۸۲. بررسی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان حضرت ولی عصر (عج) بافق و امکان استفاده مجدد از پساب جهت کشاورزی. پایگاه مقالات علمی. قابل دسترسی در سایت http://www.civilica.com/Paper-NCEH06-NCEH06_077
۹. گلاوی، م. ۱۳۹۰. امکانسنجی استفاده مجدد فاضلاب تصفیه خانه دانشگاه شهید چمران زاهدان در فضای سبز و کشاورزی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی بندرعباس.
۱۰. مصداقی نیا، ع. م. احمدی مقدم. ۱۳۸۷. ضرورت استفاده مجدد از فاضلابها. پایگاه مقالات علمی. قابل دسترسی در سایت http://www.civilica.com/Paper-NCEH06-NCEH06_077
۱۱. مولوی، ح. ف. میرزائی. ۱۳۸۹. امکان سنجی استفاده از پساب صنعتی تصفیه شده در کشاورزی و فضای سبز مطالعه موردی: شهرک صنعتی البرز استان قزوین. پایگاه مقالات علمی. قابل دسترسی در سایت http://www.civilica.com/Paper-SARVAB02-SARVAB02_011
۱۲. نجفی، پ. ۱۳۸۴. بررسی آلودگی میکروبی ناشی از آبیاری چمن با فاضلاب تصفیه شده شهری. مجله محیط شناسی. ش ۸۶. ص ۳۲-۲۷.
۱۳. نصری، م. ع. سلیمانی، م. آقاجانی. ۱۳۸۵. طرح استفاده از پساب فاضلاب برای فضای سبز شهر نائین. پایگاه مقالات علمی. قابل دسترسی در سایت http://www.civilica.com/Paper-SARVAB02-SARVAB02_102

14. APHA. AWWA. WPCF. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21th Edition. APHA, Washington D.C.
15. Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture, irrigation and drainage paper, No: 29, Rev.1. FAO, Rome.
16. Clapp, C. E., W. E. Larson, G. C. Marten, and D.R. Lindem. 1987. Uptake of nutrients by plants irrigated with municipal wastewater effluent. *Army crops of engineers*, 8: 395- 404.
17. Health guideline for the use of wastewater in agriculture. 2006. WHO [online]. available at: <http://www.who.in> [verified 2006].
18. Petty grove, G.S. and T. Asano. 1986. Irrigation with reclaimed municipal waste water a guidance manual. 1986. sciencedirect [online]. available at: <http://www.sciencedirect.com> [verified 16 Sep. 2011].
19. Shand, G.B. 1988. Agronomical aspects of wastewater irrigation. K.A. Biswas and A. Arar, Treatment and Reuse of wastewater. Butterworth, London.