

مقاله علمی-پژوهشی

## ارزیابی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در استان گلستان برای مصارف کشاورزی و آبیاری

منیره فغانی<sup>۱\*</sup>، محمد نوری<sup>۲</sup>، فاطمه زهرا فغانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۳

### چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به ویژه برای آبیاری محصولات کشاورزی به دلیل کاهش میزان استحصال آب از منابع محدود متعارف، مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این تحقیق به مطالعه کمی و کیفی پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بندرگز، بندرترکمن و کردکوی پرداخته شد. نمونه‌برداری به صورت هر دو ماه یکبار (به جز فلزات سنگین و سموم کشاورزی) و برای فلزات سنگین نیز به صورت فصلی در طی سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ انجام شد. نتایج حاکی از وجود برخی از فلزات سنگین مانند جیوه و وانادیوم خارج از محدوده استاندارد در خروجی پساب هر ۳ تصفیه‌خانه بوده و اکسیژن محلول نیز در تمامی ایستگاه‌ها، بالاتر از حد مجاز قرار داشته است. در دو ایستگاه بندرترکمن و کردکوی به لحاظ پارامتر میکروبی، تراکم کلیفرم بالا بوده و غلظت کلراید و منیزیم در ایستگاه بندرترکمن در بازه نامطلوبی قرار داشته است. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در آبیاری محصولات کشاورزی، به تمهیداتی چون تصفیه تکمیلی و گندزدایی بیشتر پساب، پایش و نظارت مستمر و مدیریت و برنامه‌ریزی دقیقی نیاز دارد.

**واژه‌های کلیدی:** اکسیژن محلول، پساب، تصفیه‌خانه فاضلاب، فلزات سنگین، کیفیت آب

### مقدمه

آب‌های نامتعارف همانند پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، در جایی که آب با کیفیت مناسب در دسترس نیست، علاوه بر تأمین منابع آب برای کشاورزی، می‌تواند نیاز غذایی گیاهان را نیز مرتفع نماید (Elgallal et al, 2016). در پژوهش آقا بابائی (۱۳۹۹)، تعدادی از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب تفرش در بازه زمانی فروردین- شهریور، به صورت ماهانه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که میانگین پارامترهای کیفی پساب خروجی این تصفیه‌خانه در محدوده استاندارد استفاده در کشاورزی قرار دارد. در پژوهش صیادمنش و همکاران (۱۳۹۴)، با هشت سال آبیاری با پساب تصفیه شده شهرک صنعتی آمل، موفق شدند زمین‌های شور سدیمی منطقه را بدون هیچ تیمار دیگری به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل کنند. همچنین، آبیاری با فاضلاب صنعتی نتوانست غلظت عناصر سنگین در گیاهان منطقه را به مرز زیان‌آوری برساند. در پژوهش الباجی و عسگری (۱۳۹۶) با بررسی پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهرکرد نتیجه گرفتند که این پساب را می‌توان برای آبیاری گیاهان صنعتی و علوفه‌ای با رعایت ضوابط بهداشتی برای حفظ سلامت کارگران در معرض خطر آلودگی میکروبی مورد استفاده قرار داد. نتایج مطالعه مروری (Jaramillo

بحران کمی و کیفی منابع آب یکی از مسائل اساسی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و کشور ایران می‌باشد (انبیر و نوری، ۱۳۹۷). بدین منظوریکی از جنبه‌های مهم برنامه‌ریزی برای دستیابی به توسعه پایدار در مناطق کم‌بارش، اعمال مدیریت استفاده از منابع آب نامتعارف می‌باشد. در این راستا به کارگیری پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به عنوان یک منبع جایگزین آب در کشاورزی، تنش‌های کمی و کیفی وارده بر منابع آب زیرزمینی را به حداقل رسانده و پیامدهای ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب را نیز کاهش می‌دهد (Agrafioti and Diamadopoulos, 2012). استفاده از

- ۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آب - آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
  - ۲- دانش‌آموخته دکتری مهندسی عمران - مدیریت منابع آب، دانشگاه فردوسی مشهد، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران
  - ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی - هواشناسی کشاورزی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
- (\* - نویسنده مسئول: Email: Monir.faghani@yahoo.com)

فلزات سنگین و یا ترکیبات آلی و معدنی مضر دیگری می‌باشند، لذا استفاده از آن‌ها نیازمند برنامه‌ریزی و تمهیدات خاصی می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش ارزیابی کیفی پساب خروجی سه تصفیه‌خانه شهری (بندرگز، بندرترکمن و کردکوی) به صورت هم‌زمان، منسجم و در بازه زمانی یک‌ساله می‌باشد. این مقایسه بین منطقه‌ای امکان تحلیل دقیق‌تر تأثیر موقعیت جغرافیایی، ترکیب فاضلاب ورودی و عملکرد سیستم تصفیه را فراهم کرده که کمتر در مطالعات قبلی انجام شده است. برخلاف بسیاری از مطالعات که صرفاً به پارامترهای شیمیایی یا فیزیکی می‌پردازند، در این پژوهش بر روی پارامترهای حساس و خطرناک‌تر مانند کلیفرم‌ها، جیوه و وانادیوم تمرکز شده و تحلیل ریسک کاربرد آن‌ها در کشاورزی صورت گرفته است و این پژوهش در بخشی نوآورانه، تأثیر سناریوی عدم مداخله مدیریتی را بر روند تغییرات کیفیت پساب تحلیل کرده و عواملی مانند تغییرات اقلیمی، رشد جمعیت، و افزایش ترکیب فاضلاب‌های صنعتی را به‌عنوان متغیرهای کلیدی پیش‌بینی معرفی می‌کند. چنین آینده‌نگری در بسیاری از مطالعات مشابه مغفول مانده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

در این پروژه به منظور استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری استان گلستان در مصارف کشاورزی و آبیاری، ۳ تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بندرگز، بندرترکمن و کردکوی مورد پایش کمی و کیفی قرار داده شد. مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های مذکور به شرح جدول شماره ۱ می‌باشد. همچنین استخراج پارامترهای مورد نیاز از خروجی پساب سه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری طی سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ به صورت جداول ۲، ۳ و ۴ می‌باشد.

### استاندارد خروجی فاضلاب

این استاندارد به استناد ماده ۵ آئین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب و با توجه ماده سه همین آئین‌نامه و با همکاری وزارتخانه‌های بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، نیرو، صنایع، صنایع سنگین، معادن و فلزات کشور و کشاورزی توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست تهیه و تدوین گردیده است (جداول ۵ و ۶).

(and Restrepo, 2017) نشان داد که بیشتر تحقیقات انجام شده در خصوص استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی تا سال ۲۰۱۷ معطوف به تغییر بافت خاک بوده و تغییرات احتمالی ناشی از زیست میکروبی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. قاسمی و دانش (۱۳۹۰) با نمونه‌برداری از پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر مشهد اظهار داشتند که می‌توان از این پساب برای آبیاری اراضی کشاورزی استفاده نمود. فتح‌العلومی و همکاران (۱۳۹۱) اثر کاربرد پساب شهری اردبیل بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و حاصلخیزی خاک در شرایط گلخانه‌ای تحت کشت گندم را بررسی نمودند. پس از گذشت چهار ماه، گندم برداشت و خصوصیات مختلف خاک و گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد پساب موجب افزایش معنی‌دار EC، غلظت فسفر، پتاسیم، سدیم و کلسیم و کاهش معنی‌دار PH خاک می‌گردد و تغییرات مشاهده شده در کربنات کلسیم معادل و کربن آلی خاک ناچیز بود. (Assouline and Narkis, 2011) در پژوهش اثر ۱۵ سال آبیاری با فاضلاب بر ویژگی‌های هیدرولیکی یک خاک رسی در عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در هر سه عمق، شدت نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی در خاک تحت آبیاری با فاضلاب در مقایسه آبیاری با آب معمولی کمتر است. پژوهش (Singh et al, 2012) نشان داد که کاربرد فاضلاب شهری در یک خاک رسی موجب بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی و میزان مواد غذایی فسفر، نیتروژن و پتاسیم خاک می‌گردد و بر شوری، قلیائیت و اسیدیته خاک اثر معنی‌داری ندارد. (Singh and Agrawal, 2012) اظهار داشتند که استفاده از فاضلاب برای آبیاری در طی یک فصل می‌تواند میزان فسفر قابل جذب خاک را بین ۲۱ تا ۸۸ درصد، غلظت کاتیون‌های قابل تبادل خاک را بین دو تا سه برابر افزایش دهد. استفاده از پساب‌ها (فاضلاب‌های تصفیه شده) در کشاورزی مزایای متعددی را به همراه دارد که مهمترین آن‌ها عبارتند از: فراهم نمودن یک منبع آب ارزان و دائمی، کاهش هزینه‌های تصفیه، آزادسازی بخشی از منابع آب با کیفیت خوب برای سایر مصارف، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و اثرات زیست‌محیطی و کاهش اثرات زیست‌محیطی دفع پساب به منابع آبی می‌باشد (Shelef, 1990). با در نظر گرفتن تمامی موارد مذکور، به کارگیری پساب در بخش کشاورزی هر چند با مزایای زیادی توأم است اما به دلیل اینکه اینگونه آب‌ها حاوی موادی مانند املاح، سدیم، کلر، بر، میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا و در برخی شرایط

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی

ردیف	تصفیه‌خانه	کد ایستگاه	X	Y	ظرفیت تصفیه‌خانه (m <sup>3</sup> /day)	دبی بهره برداری (m <sup>3</sup> /day)
۱	بندرگز	P1	۷۶۶۲۵۳/۷۵	۴۰۷۴۲۸۴/۱۳	۶۴۰۰	۴۰۰۰
۲	بندرترکمن	P2	۳۳۹۲۷۶/۷۴	۴۰۹۱۷۷۹/۳۹	۷۸۰۰	۱۰۰۰۰
۳	کردکوی	P3	۲۴۱۰۵۴/۷۷	۴۰۷۸۵۷۴/۲۲	۵۲۰۰	۳۷۰۰

جدول ۲- نمونه‌برداری در ایستگاه بندرگز در سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳

ردیف	پارامتر	واحد	۱۴۰۲	۱۴۰۳	ردیف	پارامتر	واحد	۱۴۰۲	۱۴۰۳
۱	دمای آب	C°	۱۸/۱	۲۷/۳	۲۲	NH3	ppm	۰/۰۲	۰/۸
۲	T.D.S	ppm	۸۴۳	۹۷۶	۲۳	TN	ppm	۳/۹	۷/۵
۳	EC	µmho/cm	۱۷۲۰	۱۶۹۰	۲۴	PO <sup>-3</sup> <sub>4</sub>	ppm	۶/۶	۵/۱
۴	PH	-	۷/۹۶	۷/۸۳	۲۵	TP	ppm	۶/۶	۵/۳
۵	اکسیژن محلول	ppm	۲/۹۶	۲/۳۱	۲۶	CaCo3	ppm	۵۶۸/۰۳	۵۳۶
۶	درصد اشباع محلول	ppm	۳۱/۴	۲۴/۵	۲۷	سیلیس	ppm	۱/۳	۰/۹
۷	BOD5	ppm	۳۴	۳۲	۲۸	سختی کل	ppm	۵۳۳/۵	۴۸۰/۵
۸	COD	ppm	۶۳	۵۷	۲۹	دترجنت	ppm	۳/۳	۲/۱
۹	TOC	ppm	۱۹	۱۶	۳۰	Hg	ppb	۲۲/۷۸	۳۵/۸۱
۱۰	کدورت	NTU	۱۱/۹	۱۱/۳	۳۱	Zn	ppb	۸۱۹/۷۵	<۱
۱۱	TSS	ppm	۴۱	۵۵	۳۲	Pb	ppb	۲۵/۹۴	<۱
۱۲	بی‌کربنات	ppm	۶۹۳	۵۸۲/۴	۳۳	CU	ppb	۶/۳۸	<۱
۱۳	کربنات	ppm	۰	۰	۳۴	Cd	ppb	۵/۹۹	<۱
۱۴	سولفات	pcu	۱۰۳/۶	۹۳/۲	۳۵	NI	ppb	۴۰/۱	<۱
۱۵	کلراید	ppm	۱۲۸/۴	۱۱۳/۴	۳۶	V	ppb	۱۱۳/۷۸	<۱
۱۶	Na+	ppm	۱۴۰/۱	۱۳۳/۴	۳۷	Mn	ppb	۴۹۳/۷	۶۵/۳۸
۱۷	K+	ppm	۱۱/۴	۱۸/۱	۳۸	Na	%	۳۵/۷۵	۳۵/۷۵
۱۸	Ca2	ppm	۸۶/۹	۷۷/۶	۳۹	SAR	-	۲/۶۴	۲/۶۵
۱۹	Mg2	ppm	۶۱/۲	۶۹/۷	۴۰	کلیفرم کل	MPN/100mL	۷	۱۵۰
۲۰	NO3	ppm	۳/۹	۷/۳	۴۱	کلیفرم گوآرشی	MPN/100mL	<۳	۷۵
۲۱	NO2	ppm	۰/۰۵	۰/۰۳					

جدول ۳- نمونه‌برداری در ایستگاه بندرتراکمن در سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳

ردیف	پارامتر	واحد	۱۴۰۲	۱۴۰۳	ردیف	پارامتر	واحد	۱۴۰۲	۱۴۰۳
۱	دمای آب	C°	۱۶/۹	۲۷/۳	۲۲	NH3	ppm	۰/۰۱	۰/۵۱
۲	T.D.S	ppm	۷۰۵۰	۶۹۲۰	۲۳	TN	ppm	۵/۱	۹
۳	EC	µmho/cm	۱۱۳۶۰	۹۸۴۰	۲۴	PO <sup>-3</sup> <sub>4</sub>	ppm	۱/۸	۲/۲
۴	PH	-	۸/۱۱	۸/۰۹	۲۵	TP	ppm	۱/۸	۲/۵
۵	اکسیژن محلول	ppm	۶/۵۷	۵/۲۳	۲۶	CaCo3	ppm	۱۷۷/۳	۲۹۹
۶	درصد اشباع محلول	ppm	۶۹/۷	۵۵/۵	۲۷	سیلیس	ppm	۱/۱	۰/۸
۷	BOD5	ppm	۱۸	۱۳	۲۸	سختی کل	ppm	۲۵۶۶/۵	۲۰۱۵/۵
۸	COD	ppm	۳۳	۲۷	۲۹	دترجنت	ppm	۱/۸	۲/۶
۹	TOC	ppm	۱۱	۸	۳۰	Hg	ppb	۲۲/۳۸	۴۱/۴۲
۱۰	کدورت	NTU	۱۷/۴	۸/۴	۳۱	Zn	ppb	۴/۲۸	۳/۷۹
۱۱	TSS	ppm	۴۶	۳۵	۳۲	Pb	ppb	۶/۱۸	۱۷.74
۱۲	بی‌کربنات	ppm	۲۱۶/۴	۱۷۹/۴	۳۳	CU	ppb	۲/۲	<۱
۱۳	کربنات	ppm	۰	۰	۳۴	Cd	ppb	۱/۵۳	۶/۶۳
۱۴	سولفات	pcu	۱۴۸۰	۱۲۹۰	۳۵	NI	ppb	<۱	۲۲/۴۳
۱۵	کلراید	ppm	۳۳۱۰	۲۸۸۰	۳۶	V	ppb	۲۶/۵۵	۵۲/۶
۱۶	Na+	ppm	۱۷۹۰	۱۵۶۰	۳۷	Mn	ppb	۲۷/۲۲	۳۷۶/۳
۱۷	K+	ppm	۴۸/۱	۴۳/۹	۳۸	Na	%	۵۹/۶۷	۶۲/۰۶
۱۸	Ca2	ppm	۲۴۹	۲۲۱/۱	۳۹	SAR	-	۱۵/۳۵	۱۵/۱
۱۹	Mg2	ppm	۴۷۳	۳۵۵/۹	۴۰	کلیفرم کل	MPN/100mL	>۱۱۰۰	۹
۲۰	NO3	ppm	۵/۱	۸/۸	۴۱	کلیفرم گوآرشی	MPN/100mL	۲۰	۴
۲۱	NO2	ppm	۰/۰۲	۰/۰۱					

جدول ۴- نمونه برداری در ایستگاه کردکوی در سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳

ردیف	پارامتر	واحد	۱۴۰۲	۱۴۰۳	ردیف	پارامتر	واحد	۱۴۰۲	۱۴۰۳
۱	دمای آب	C°	۱۷/۴	۲۷/۵	۲۲	NH3	ppm	۰/۰۴	۰/۴۸
۲	T.D.S	ppm	۱۳۶۰	۱۲۹۰	۲۳	TN	ppm	۶۳/۲۵	۴۴
۳	EC	µmho/cm	۲۱۶۰	۱۹۶۰	۲۴	PO <sup>۳-</sup> <sub>4</sub>	ppm	۳/۱۴	۳/۰۲
۴	PH	-	۷/۹۳	۷/۶۶	۲۵	TP	ppm	۳/۱۴	۳/۰
۵	اکسیژن محلول	ppm	۳/۴۳	۲/۸۸	۲۶	CaCo3	ppm	۹۷/۳	۱۶۳/۸
۶	درصد اشباع محلول	ppm	۳۶/۴	۳۰/۵۵	۲۷	سیلیس	ppm	۱/۸	۱/۲
۷	BOD5	ppm	۱۳/۴	۱۱	۲۸	سختی کل	ppm	۵۷۶/۲	۵۹۰/۲
۸	COD	ppm	۲۵	۲۳	۲۹	دترجنت	ppm	۲/۱	۳/۴
۹	TOC	ppm	۷/۸	۶/۷	۳۰	Hg	ppb	۲۶/۷	۱۹/۳
۱۰	کدورت	NTU	۱۳/۹	۱۶/۵	۳۱	Zn	ppb	۱۱/۳۶	<۱
۱۱	TSS	ppm	۴۱	۵۸	۳۲	Pb	ppb	۶/۳۶	۲/۱۴
۱۲	بی کربنات	ppm	۱۱۸/۷	۹۸/۳	۳۳	CU	ppb	۲/۰۶	<۱
۱۳	کربنات	ppm	۰	۰	۳۴	Cd	ppb	۲/۳۵	۱/۸۶
۱۴	سولفات	pcu	۳۲۶/۶	۳۱۸/۴	۳۵	NI	ppb	۱۱/۶۹	<۱
۱۵	کلراید	ppm	۳۲۶/۹	۳۸۸/۴	۳۶	V	ppb	۲۹/۲۲	۱۸/۲۹
۱۶	Na+	ppm	۱۷۰/۶	۱۴۷/۲	۳۷	Mn	ppb	۱۶/۲۶	۱۸/۳
۱۷	K+	ppm	۱۴/۹	۱۹/۷	۳۸	Na	%	۳۸/۴	۳۴/۲
۱۸	Ca2	ppm	۱۲۸/۷	۱۲۶/۱	۳۹	SAR	-	۳/۰۹	۲/۶۳
۱۹	Mg2	ppm	۶۱/۹	۶۶/۹	۴۰	کلیفرم کل	MPN/100mL	>۱۱۰۰	۲۴۰
۲۰	NO3	ppm	۶۳	۴۹	۴۱	کلیفرم گوآرشه	MPN/100mL	<۳	<۳
۲۱	NO2	ppm	۰/۲۵	۰/۱۱					

با توجه به ملاحظات کلی در این استاندارد: تخلیه فاضلاب‌ها می‌بایست بر اساس استانداردهایی باشد که به صورت حداکثر غلظت آلوده‌کننده‌ها بیان می‌شود که رعایت این استانداردها تحت نظارت سازمان حفاظت محیط‌زیست ضروری می‌باشد. مسئولین منابع آلوده-کننده باید فاضلاب‌های تولید را با بررسی‌های مهندسی و استفاده از تکنولوژی مناسب و اقتصادی تا حد استانداردهای خروجی تصفیه نمایند. همچنین تأسیسات تصفیه فاضلاب بایستی به گونه‌ای طراحی، احداث و بهره‌برداری گردد تا پیش‌بینی‌های لازم جهت به حداقل رسانیدن آلودگی در مواقع اضطراری از قبیل شرایط آب و هوایی نامناسب، قطع برق، نارسائی تجهیزات مکانیکی و غیره فراهم گردد. آن دسته از فاضلاب‌های صنعتی که آلودگی آن‌ها بیش از این استانداردها نباشد، می‌تواند فاضلاب خود را با کسب موافقت سازمان بدون تصفیه دفع نماید (شاعری و رحمتی، ۱۳۹۱).

## نتایج و بحث

### نتایج آزمون پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه بندرگز (P1)

با توجه به جدول شماره ۷، نتایج حاصل از آزمون‌های انجام‌شده

بر روی خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری ایستگاه بندرگز (P1) نشان می‌دهد که غلظت جیوه (Hg) و اکسیژن محلول (DO) از حدود مجاز استانداردهای تخلیه فاضلاب به منابع پذیرنده تجاوز کرده‌اند. طبق استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، حداکثر غلظت مجاز جیوه در پساب خروجی ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر لیتر است؛ درحالی‌که در ایستگاه P1، این مقدار برابر با ۰/۰۲۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده که نشان‌دهنده آلودگی قابل توجه به فلزات سنگین و احتمال وجود منابع آلاینده صنعتی یا بیمارستانی در ورودی سیستم تصفیه است. در خصوص اکسیژن محلول (DO)، مقدار بیش از حد نرمال می‌تواند بیانگر هوادهی بیش از حد در فرآیند تصفیه یا ورود جریان‌های سطحی باشد. در حالت طبیعی، DO در خروجی پساب می‌بایست حدود ۲ میلی‌گرم بر لیتر قرار گیرد. مقدار اندازه‌گیری شده در ایستگاه P1 معادل ۲/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده که نیاز به بازنگری در فرآیند هوادهی یا بررسی تأثیرات فصلی و اقلیمی بر عملکرد سیستم تصفیه را نشان می‌دهد. بقیه مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه مذکور در بازه مناسب و مطلوب قرار داشته است که حاکی از عملکرد نسبتاً مناسب سیستم در حذف آلاینده‌های آلی و جامدات معلق می‌باشد.

جدول ۵- استاندارد خروجی فاضلاب (شاعری و رحمتی، ۱۳۹۱)

ردیف	مواد آلوده کننده	تخلیه به آب های سطحی (mg/l)	تخلیه به چاه جاذب (mg/l)	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/l)
۱	نقره Ag	۱	۰/۱	۰/۱
۲	آلومینیوم Al	۵	۵	۵
۳	آرسنیک As	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۴	برم B	۲	۱	۱
۵	باریم Ba	۵	۱	۱
۶	بریلیوم Be	۰/۱	۱	۰/۵
۷	کلسیم Ca	۷۵	-	-
۸	کادمیوم Cd	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵
۹	کلر آزاد Cl	۱	۱	۰/۲
۱۰	کلراید Cl <sup>-</sup>	(تبصره ۱) ۶۰۰	(تبصره ۲) ۶۰۰	۶۰۰
۱۱	فرم آلدئید CH <sub>2</sub> O	۱	۱	۱
۱۲	فنل C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	۱	ناچیز	۱
۱۳	سیانور CN	۰/۵	۰/۱	۱
۱۴	کبالت Co	۱	۱	۰/۰۵
۱۵	کروم Cr <sub>6+</sub>	۰/۵	۱	۱
۱۶	کروم Cr <sub>3</sub>	۲	۲	۲
۱۷	مس Cu	۱	۱	۰/۲
۱۸	فلوراید F	۲/۵	۲	۲
۱۹	آهن Fe	۳	۳	۳
۲۰	جیوه Hg	ناچیز	ناچیز	ناچیز
۲۱	لیتیوم Li	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۲۲	منیزیم Mg	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۲۳	منگنز Mn	۱	۱	۱
۲۴	مولیبدن Mo	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۲۵	نیکل Ni	۲	۲	۲
۲۶	آمونیم NH <sub>4</sub>	۲/۵	۱	-
۲۷	نیتريت NO <sub>2</sub>	۱۰	۱۰	-

**تبصره ۱-** تخلیه با غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز خواهد بود که پساب خروجی غلظت کلراید، سولفات و مواد محلول منبع پذیرنده را در شعاع ۲۰۰ متری بیش از ده درصد افزایش ندهد.

**تبصره ۲-** تخلیه بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز خواهد بود که افزایش کلراید، سولفات و مواد محلول پساب خروجی نسبت به آب مصرفی بیش از ۱۰ درصد نباشد.

### نتایج آزمون پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه بندر ترکمن (P<sub>2</sub>)

با توجه به جدول شماره ۸، بررسی نتایج پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری ایستگاه بندر ترکمن (P<sub>2</sub>) نشان می‌دهد که مقادیر برخی پارامترهای کلیدی از جمله کلراید، جیوه، وانادیوم، منیزیم، اکسیژن محلول و کل کلیفرم از حدود مجاز استانداردهای

تخلیه فاضلاب فراتر رفته‌اند. این مسئله می‌تواند بیانگر عملکرد نامطلوب در واحدهای حذف فلزات سنگین، مواد معدنی و گندزدایی باشد. به‌ویژه افزایش بار میکروبی (کلیفرم) و فلزات سمی مانند جیوه، احتمال ورود فاضلاب‌های غیرخانگی یا عدم کفایت مراحل گندزدایی و تصفیه پیشرفته را تقویت می‌کند. بهبود عملکرد در این بخش‌ها برای جلوگیری از مخاطرات زیست‌محیطی ضروری است.

جدول ۶- استاندارد خروجی فاضلاب (شاعری و رحمتی، ۱۳۹۱)

ردیف	مواد آلوده کننده	تخلیه به آب های سطحی (mg/l)	تخلیه به چاه جاذب (mg/l)	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/l)
۱	نیترات	۵۰	۱۰	-
۲	فسفات بر حسب فسفر	۶	۶	-
۳	سرب	۱	۱	۱
۴	سلنیوم	۱	۰/۱	۰/۱
۵	سولفید	۳	۳	۳
۶	سولفیت	۱	۱	۱
۷	سولفات	(تبصره ۱) ۴۰۰	(تبصره ۲) ۴۰۰	۴۰۰
۸	وانادیوم	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۹	روی	۲	۲	۲
۱۰	چربی روغن	۱۰	۱۰	۱۰
۱۱	دترجنت	۱/۵	۰/۵	۰/۵
۱۲	بی.اودی- (تبصره ۳)	(لحظه ای ۵۰) ۳۰	(لحظه ای ۵۰) ۳۰	۱۰۰
۱۳	سی. او. دی- (تبصره ۳)	(لحظه ای ۱۰۰) ۶۰	(لحظه ای ۱۰۰) ۶۰	۲۰۰
۱۴	اکسیژن محلول (حداقل)	۲	-	۲
۱۵	مجموع مواد جامد محلول	(تبصره ۱)	(تبصره ۲)	-
۱۶	مجموع مواد جامد معلق	(لحظه ای ۶۰) ۴۰	-	۱۰۰
۱۷	مواد قابل ته نشین	۰	۹	۰
۱۸	پ-هاش	۶/۵-۸/۵	۹-May	۶-۸/۵
۱۹	مواد رادیواکتیو	۰	۰	۰
۲۰	کدورت	۵۰	-	۵۰
۲۱	رنگ	۷۵	۷۵	۷۵
۲۲	درجه حرارت	(تبصره ۴)	-	-
۲۳	کل کلیفرم گوآرشی در ۱۰۰ میلی لیتر	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
۲۴	کل کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۲۵	تخم انگل	-	-	(تبصره ۵)

تبصره ۳- صنایع موجود مجاز خواهند بود BOD5 و COD را حداقل ۹۰ درصد کاهش دهند.

تبصره ۴- درجه حرارت باید به میزانی باشد که بیش از ۳ درجه سانتی گراد در شعاع ۲۰۰ متری محل ورود آن درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش یا کاهش ندهد.

تبصره ۵- تعداد تخم انگل (نماتد) در فاضلاب تصفیه شده شهری در صورت استفاده از آن جهت آبیاری محصولاتی که به صورت خام مورد مصرف قرار می گیرند نباید بیش از یک عدد در لیتر باشد.

### نتایج آزمون پارامترهای اندازه گیری شده در ایستگاه

#### کردکوی (P3)

با توجه به جدول شماره ۹، نتایج حاصل از آزمون های کیفی پساب خروجی تصفیه خانه ایستگاه کردکوی (P3) حاکی از آن است که غلظت فلزات سنگین جیوه (Hg) و وانادیوم (V)، پارامتر اکسیژن محلول (DO) و شاخص میکروبی کل کلیفرم، فراتر از حدود مجاز استانداردهای تخلیه فاضلاب می باشد. این وضعیت می تواند ناشی از ناکارآمدی در فرآیند حذف فلزات سنگین، تهویه نامناسب یا اختلال در مراحل گندزدایی نهایی باشد. به ویژه، وجود مقادیر بالای کلیفرم نشان دهنده ناکافی بودن فرآیند گندزدایی و احتمال ورود آلودگی های مدفوعی به محیط پذیرنده است که نیازمند بازبینی و بهینه سازی

عملکرد واحدهای تصفیه می باشد.

در ادامه مقادیر عناصر جیوه، وانادیوم و اکسیژن محلول در نمودار مقایسه ای شماره ۱ در ۳ ایستگاه مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفتند و از آنجایی که مقدار استاندارد جیوه با توجه به جدول ۹ ناچیز بوده است، در نمودار مقایسه ای نیز درج نگردید. با توجه به نمودار مذکور، فلز جیوه در ایستگاه کردکوی و فلز وانادیوم در ایستگاه بندرگز مقادیر بیشتری را نسبت به جیوه و وانادیوم در دو ایستگاه دیگر و مقادیر استاندارد داشته اند. همچنین پارامتر اکسیژن محلول (DO) در دو ایستگاه بندرترکمن و کردکوی مقدار یکسانی را به خود اختصاص داده و نسبت به اکسیژن محلول (DO) در ایستگاه کردکوی و مقادیر استاندارد، مقدار بیشتری را در بر داشته اند.

جدول ۷- مقایسه نتایج آزمون با استاندارد خروجی فاضلاب در ایستگاه بندرگز (P1)

ردیف	مواد آلوده کننده	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/l)	نتیجه آزمون (mg/l)	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/l)
۱	کادمیوم Cd	۰/۰۵	۰/۰۰۲	√
۲	کلراید Cl <sup>-</sup>	۶۰۰	۳۲۷	√
۳	مس Cu	۰/۲	۰/۰۰۲	√
۴	جیوه Hg	ناچیز	۰/۰۲۷	x
۵	منیزیم Mg	۱۰۰	۶۲	√
۶	منگنز Mn	۱	۰/۰۱۶	√
۷	نیکل Ni	۲	۰/۰۱۲	√
۸	سرب Pb	۱	۰/۰۰۶	√
۹	سولفات SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	۵۰۰	۳۳۴	√
۱۰	وانادیوم V	۰/۱	۰/۰۲۹	x
۱۱	روی Zn	۲	۰/۰۱۱	√
۱۲	بی‌اودی (تبصره ۳) BOD <sub>5</sub>	۱۰۰	۱۳/۴	√
۱۳	سی. او. دی (تبصره ۳) COD	۲۰۰	۲۵	√
۱۴	اکسیژن محلول (حداقل) DO	۲	۶/۵۷	x
۱۵	مجموع مواد جامد معلق TSS	۱۰۰	۴۱	√
۱۶	پ- هاش PH	۶-۸/۵	۷/۹۳	√
۱۷	کدورت -	۵۰	۱۳/۹	√
۱۸	کل کلیفرم گوارشی در ۱۰۰ میلی لیتر MPN	۴۰۰	>۳	√
۱۹	کل کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر MPN	۱۰۰۰	>۱۱۰۰	x

### نتیجه گیری

وانادیوم، اکسیژن محلول (DO) و کل کلیفرم در پساب خروجی ایستگاه کردکوی بیش از حد مجاز استاندارد بوده است. این موضوع نشان‌دهنده ضعف در حذف فلزات سنگین، تهویه نامناسب و ناکارآمدی در مراحل گندزدایی است که نیازمند بهینه‌سازی فرآیند تصفیه برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است. با در نظر گرفتن این موارد، استفاده از پساب در آبیاری کشاورزی در این منطقه اگر بدون برنامه‌ریزی و اصلاحات صورت گیرد، در بلندمدت منجر به آسیب‌های جدی به خاک، محصولات زراعی، منابع آب زیرزمینی و سلامت مصرف‌کنندگان خواهد شد. از جمله اثرات احتمالی می‌توان به افزایش تجمع فلزات سنگین در خاک، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی، گسترش آلودگی‌های میکروبی و تهدید سلامت انسان اشاره کرد. در صورت عدم اجرای مدیریت مؤثر بر کیفیت پساب، پیش‌بینی می‌شود که بسیاری از پارامترهای کیفی در سال‌های آتی روندی فزاینده و نامطلوب به خود بگیرند. مقادیر فلزات سنگین نظیر جیوه و وانادیوم به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری در خاک و عدم تجزیه پذیری، احتمالاً در محصولات زراعی و منابع زیرزمینی انباشته شده و به مرور از سطح آستانه‌های زیان‌آور عبور خواهند کرد. بار میکروبی، خصوصاً کلیفرم، نیز تحت تأثیر عواملی همچون افزایش

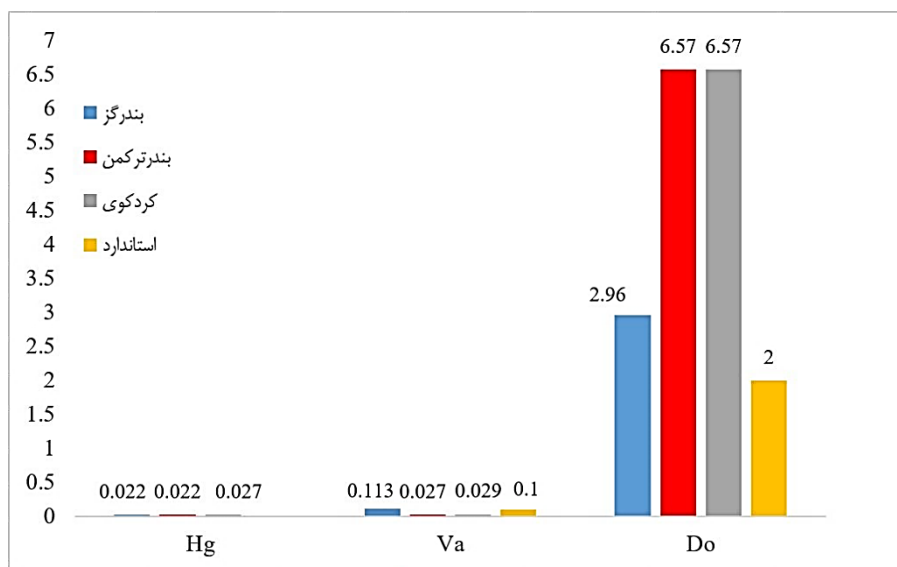
در این پروژه به منظور استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری استان گلستان در مصارف کشاورزی و آبیاری، ۳ تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بندرگز، بندرترکمن و کردکوی مورد پایش کمی و کیفی قرار داده شد. در ایستگاه بندرگز، غلظت جیوه و اکسیژن محلول به ترتیب ۰/۰۲۲ و ۲/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر در خروجی پساب از حدود مجاز استاندارد فراتر رفته‌اند که احتمالاً ناشی از ورود منابع آلاینده صنعتی و عملکرد نامتعادل در فرآیند هوادهی است. سایر پارامترها در محدوده مطلوب قرار داشته و عملکرد کلی تصفیه‌خانه در حذف آلاینده‌های آلی و جامدات معلق قابل قبول ارزیابی می‌شود. در ایستگاه بندرترکمن، مقادیر کلراید، جیوه، وانادیوم، منیزیم، اکسیژن محلول و کل کلیفرم در خروجی پساب از حدود مجاز استاندارد فراتر رفته‌اند. این موضوع نشان‌دهنده ضعف در حذف مؤثر فلزات سنگین، ترکیبات معدنی و آلودگی میکروبی است و احتمال ورود فاضلاب‌های غیرخانگی یا ناکارآمدی در واحد گندزدایی را تقویت می‌کند. اصلاح عملکرد این بخش‌ها برای جلوگیری از مخاطرات زیست‌محیطی ضروری است. در ایستگاه کردکوی نیز غلظت فلزات سنگین جیوه و

صنعتی) ممکن است دچار نوسانات شدید شوند. این عوامل در کنار فقدان سیستم‌های پایش خودکار، سبب می‌شود که در بازه‌ای میان مدت (۵ تا ۱۰ سال آینده)، امکان استفاده ایمن از پساب برای کشاورزی به شدت کاهش یابد و خطرات زیست محیطی، انسانی و اقتصادی چشم‌گیری به دنبال داشته باشد.

دمای هوا (ناشی از تغییر اقلیم)، افزایش تراکم جمعیتی و ضعف در فرایندهای گندزدایی، در مسیر تشدید قرار خواهد گرفت. همچنین شاخص‌هایی مانند اکسیژن محلول (DO) و غلظت نمک‌ها (کلراید و منیزیم) نیز تحت تأثیر خشکسالی‌های دوره‌ای، نوسانات بارش، افت دبی ورودی و تغییر در نوع فاضلاب ورودی (افزایش سهم فاضلاب

جدول - مقایسه نتایج آزمون با استاندارد خروجی فاضلاب در ایستگاه بندرترکمن (P2)

ردیف	مواد آلوده کننده	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/l)	نتیجه آزمون (mg/l)	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/l)
۱	کادمیوم Cd	۰/۰۵	۰/۰۰۱	√
۲	کلراید Cl <sup>-</sup>	۶۰۰	۳۲۲۰	x
۳	مس Cu	۰/۲	۰/۰۰۲	√
۴	جیوه Hg	ناچیز	۰/۰۲۲	x
۵	منیزیم Mg	۱۰۰	۴۷۳	x
۶	منگنز Mn	۱	۰/۰۲۷	√
۷	نیکل Ni	۲	<۱	√
۸	سرب Pb	۱	۰/۰۰۶	√
۹	سولفات SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	۵۰۰	۱۴۸۰	√
۱۰	وانادیوم V	۰/۱	۰/۰۲۷	x
۱۱	روی Zn	۲	۰/۰۰۴	√
۱۲	بی.اودی (تبصره ۳) BOD5	۱۰۰	۱۸	√
۱۳	سی. او. دی (تبصره ۳) COD	۲۰۰	۳۳	√
۱۴	اکسیژن محلول (حداقل) DO	۲	۶/۵۷	x
۱۵	مجموع مواد جامد معلق TSS	۱۰۰	۴۶	√
۱۶	پ- هاش PH	۶-۸/۵	۸/۱۱	√
۱۷	کدورت -	۵	۱۷/۴	√
۱۸	کل کلیفرم گوارشی در ۱۰۰ میلی لیتر MPN	۴۰۰	۲۰	√
۱۹	کل کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر MPN	۱۰۰۰	>۱۱۰۰	x



نمودار ۱- مقایسه عناصر جیوه، وانادیوم و اکسیژن محلول در ۳ ایستگاه مطالعاتی و مقادیر استاندارد

جدول ۹- مقایسه نتایج آزمون با استاندارد خروجی فاضلاب در ایستگاه کردکوی (P3)

ردیف	مواد آلوده کننده	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/l)	نتیجه آزمون (mg/l)	مصارف کشاورزی و آبیاری (mg/l)
۱	کادمیوم Cd	۰/۰۵	۰/۰۰۲	√
۲	کلراید Cl <sup>-</sup>	۶۰۰	۳۲۷	√
۳	مس Cu	۰/۲	۰/۰۰۲	√
۴	جیوه Hg	ناچیز	۰/۰۲۷	x
۵	منیزیم Mg	۱۰۰	۶۲	√
۶	منگنز Mn	۱	۰/۰۱۶	√
۷	نیکل Ni	۲	۰/۰۱۲	√
۸	سرب Pb	۱	۰/۰۰۶	√
۹	سولفات SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	۵۰۰	۳۲۴	√
۱۰	وانادیوم V	۰/۱	۰/۰۲۹	x
۱۱	روی Zn	۲	۰/۰۱۱	√
۱۲	بی.اودی (تبصره ۳) BOD <sub>5</sub>	۱۰۰	۱۳/۴	√
۱۳	سی. اودی (تبصره ۳) COD	۲۰۰	۲۵	√
۱۴	اکسیژن محلول (حداقل) DO	۲	۶/۵۷	x
۱۵	مجموع مواد جامد معلق TSS	۱۰۰	۴۱	√
۱۶	پ- هاش PH	۶-۸/۵	۷/۹۳	√
۱۷	کدورت -	۵	۱۳/۹	√
۱۸	کل کلیفرم گوآرشی در ۱۰۰ میلی لیتر MPN	۴۰۰	>۳	√
۱۹	کل کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر MPN	۱۰۰۰	>۱۱۰۰	x

به طور کلی با مدنظر قرار دادن جميع موارد مذکور می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در آبیاری محصولات کشاورزی به مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق نیاز دارد، در غیر اینصورت استفاده از پساب این تصفیه‌خانه‌ها می‌تواند در طولانی مدت اثرات نامطلوبی را بر خاک و محصولات تحت آبیاری تحمیل نماید (قاسمی و دانش، ۱۳۹۰). در این پژوهش پیشنهاد می‌شود تحقیقاتی روی عناصر موجود در محصولات برداشت شده با پساب به صورت جامع و دقیق انجام و نتایج و تفسیر آن در اختیار بهره‌برداران و مسئولین قرار گیرد (مرادی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۹۵). در نهایت توصیه می‌گردد از سیستم مدیریت تلفیقی کنترل مانند: استفاده از استانداردها و رهنمودهای مناسب، به کارگیری روش‌های بهینه تصفیه پساب، کاربرد الگوهای کشت مناسب، به کارگیری روش‌های کاشت و آبیاری مناسب، اعمال روش‌های لازم به منظور محدودسازی تماس و در معرض قرار گرفتن کارگران و عموم و تدوین دستورالعمل‌های لازم اجرایی کاربران نیز استفاده گردد.

#### منابع

الباجی، م. و عسگری، ع. ۱۳۹۶. بررسی امکان استفاده از پساب در کشاورزی (مطالعه موردی: پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری

به منظور استفاده ایمن و پایدار از این منبع آبی، اقدامات ذیل توصیه می‌شود:

- اجرای تصفیه تکمیلی به‌ویژه برای حذف فلزات سنگین و کاهش بار میکروبی (استفاده از فیلترهای پیشرفته و ازن‌زنی)،
  - پایش مستمر کیفیت پساب و تطابق آن با استانداردهای به‌روز محیط زیستی،
  - جداسازی فاضلاب‌های صنعتی از سیستم شهری،
  - انتخاب گونه‌های زراعی مقاوم به شوری و فلزات،
  - و آموزش بهره‌برداران و تدوین دستورالعمل‌های اجرایی برای استفاده از پساب در کشاورزی.
- در این پژوهش پیشنهاد می‌شود تحقیقاتی روی عناصر موجود در محصولات برداشت شده با پساب به صورت جامع و دقیق انجام و نتایج و تفسیر آن در اختیار بهره‌برداران و مسئولین قرار گیرد (مرادی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۹۵) و مطالعات آتی با تمرکز بر تحلیل عناصر تجمع‌یافته در محصولات آبیاری شده با پساب، مدل‌سازی پویایی کیفیت پساب در سناریوهای اقلیمی مختلف و ارزیابی اقتصادی بهره‌برداری از این منابع انجام گیرد. تنها در صورت مدیریت تلفیقی، استفاده از پساب می‌تواند به‌عنوان یک منبع پایدار و ایمن برای کشاورزی در مناطق کم‌آب تلقی شود.

- خاک. مرادی نژاد، ا.، ابراهیمی، ن.ق. ۱۳۹۵. کاربرد فاضلاب شهر اراک در اراضی زراعی، نشریه مدیریت اراضی، ۴(۲)، ۱۷۶-۱۸۹.
- Assouline, S. and Narkis, K. 2011. Effects of long-term irrigation with treated wastewater on the hydraulic properties of a clayey soil, *Water Resources Research*. 47(8): 1-12.
- Agrafioti, E. and Diamadopoulou, E. A. 2012. Strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete, *Agricultural Water Management*. 105:57-64.
- Elgallal, M., Fletcher, L. and Evans, B. 2016. Assessment of potential risks associated with chemicals in wastewater used for irrigation in arid and semiarid zones: a review, *Agricultural Water Management*. 177: 419-431.
- FAO. 2003. Users manual for irrigation with treated wastewater. FAO Regional Office for the Near East, Cairo.
- Jaramillo, M.F. and Restrepo, I. 2017. Wastewater reuse in agriculture: a review about its limitations and benefits, *Sustainability*. 9(10): 1734.
- Singh, P.K., Deshbhratar, P.B. and Ramteke, D.S. 2012. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment, *Agricultural Water Management*. 103: 100-104.
- Singh, A. and Agrawal, M. 2012. Effects of waste water irrigation on physical and biochemical characteristics of soil and metal partitioning in beta vulgaris L, *Agricultural Research*. 1(4): 379-391.
- Shelef, G. 1990. The Role of Wastewater Reuse in Water Resources Management in Israel, *Water Science and Technology*. 23, 2081-2089.
- شهرکرد. (مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۴(۲): ۳۰۳-۳۰۸. doi: 10.22069/jwfst.2017.11825.2632.۳۰۸
- انبیر، ل. و نوری، ز. ۱۳۹۷. بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اکباتان جهت کاربرد در اراضی کشاورزی و فضای سبز. مدیریت اراضی. ۶(۱): ۹۵-۱۰۲.
- آقابائی، ن. ۱۳۹۸. امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تفرش در کشاورزی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۱۳(۶): ۱۷۷۴-۱۷۸۲.
- شاعری، ع.م.، رحمتی، ع.ر. ۱۳۹۱. قوانین، مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط‌زیست انسانی. ۳۳۶ ص.
- صیادم‌نمنش شیاده، س.م.، قاجارستانلو، م. و بهمنیار، م.ع. ۱۳۹۴. بررسی میزان برخی عناصر سنگین در خاک و گیاه کلزا در مزارع تحت آبیاری با پساب شهرک صنعتی آمل، نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹(۲): ۱۴۱-۱۵۵.
- عسگری، ع.، الباجی، م. ۱۳۹۶. بررسی امکان استفاده از پساب در کشاورزی (مطالعه موردی: پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرکرد)، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۴(۲): ۳۰۳-۳۰۸.
- فتح‌العلومی، س.، گلی کلانیا، ا.، و اصغری، ش.ا. ۱۳۹۱. اثر آبیاری با پساب فاضلاب شهری اردبیل بر برخی ویژگی‌های خاک و گیاه گندم، مجموعه مقالات ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط‌زیست.
- قاسمی، س.ع.، و دانش، ش. ۱۳۹۰. کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در کشاورزی و ارزیابی پتانسیل آثار آن بر خاک و گیاهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و

## Evaluation of Wastewater from Urban Wastewater Treatment Plants in Golestan Province for Agricultural and Irrigation Purposes

M. Faghani<sup>1\*</sup>, M. Nouri<sup>2</sup>, F.Z. Faghani<sup>3</sup>

Received: Apr.24, 2025

Accepted: Jul.04, 2025

### Abstract

In recent years, the use of wastewater from urban wastewater treatment plants, especially for irrigation of agricultural crops, has received attention due to the reduction in the amount of water extraction from limited conventional resources. Therefore, in this research, a quantitative and qualitative study of the effluent from the urban wastewater treatment plants of Bandar Gaz, Bandar Turkman and Kordkoy was conducted. Sampling was conducted every two months (except for heavy metals and agricultural pesticides) and for heavy metals, seasonally during the 1402-1403 crop year. The results indicate that some heavy metals such as mercury and vanadium are outside the standard range in the effluent of all three treatment plants, and dissolved oxygen is also higher than the permissible limit in all stations. In terms of microbial parameters, coliform density is high in the two stations of Bandar Turkman and Kordkoy, and chloride and magnesium concentrations are in an undesirable range in the Bandar Turkman station. In general, it can be concluded that the use of wastewater from urban wastewater treatment plants in irrigation of agricultural crops requires measures such as additional treatment and further disinfection of wastewater, continuous monitoring and supervision, and careful management and planning.

**Keywords:** Dissolved Oxygen, Heavy Metals, Water Quality, Wastewater, Wastewater Treatment Plant

1- PhD graduate in Water Science and Engineering-Irrigation and Drainage, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- PhD graduate in Civil Engineering (Water Resources Management), Ferdowsi University of Mashhad, Golestan Regional Water Company, Gorgan, Iran

3- Master's degree in Agricultural Engineering - Agricultural Meteorology, Semnan University, Semnan, Iran

(\*-Corresponding Author Email: monir.faghani@yahoo.com)