

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۶۲، پاییز ۱۴۰۱، صص ۸۳-۹۷

بررسی عملکرد و کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند جهت مصارف کشاورزی

محمد حسین فتح آبادی^۱

محمد حسین احمدی شادمهری^۲

سید مسعود فیض^{۳*}

masoudf64@hotmail.com

سید علی بنی هاشمی^۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۰۲

چکیده

زمینه و هدف: امروزه اساسی‌ترین اقدام در جهت کنترل آلودگی‌های ناشی از فاضلاب‌ها و استفاده مجدد آن‌ها، احداث تصفیه‌خانه فاضلاب و نظارت دقیق بر عملکرد آن‌ها می‌باشد. تخلیه پساب‌های غیراستاندارد و استفاده از آن‌ها در کشاورزی و یا تخلیه آب‌های سطحی، مخاطرات بهداشتی و زیست‌محیطی زیادی را به دنبال خواهد داشت. از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی عملکرد زیست‌محیطی و کیفیت تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند جهت مصارف کشاورزی انجام شده است.

روش بررسی: این مطالعه در سال ۱۳۹۹ به روش بررسی مقطعی طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ بر روی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند انجام گرفته است.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که شاخص COD با میانگین ۲۲۵ بیشترین عدم تطبیق با استاندارد را در سال ۱۳۹۶ دارا بوده است. شاخص TSS با میانگین ۱۵۳ در جایگاه دوم، کلیفرم کل با میانگین ۱۳۰۰ در جایگاه سوم و کلیفرم گوآرشی با میانگین ۵۰۲/۵ نیز در جایگاه چهارم قرار گرفته‌اند. این شاخص‌ها در سال ۱۳۹۸ در وضعیت استاندارد و مطلوب قرار گرفته است.

۱- کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی، مشاور معاونت فنی و حسابرسی امور اقتصادی و زیربنایی دیوان محاسبات کشور

۲- کارشناسی ارشد حسابداری، مدیرگروه دوم هیئت حسابرسی، دیوان محاسبات خراسان رضوی

۳- کارشناسی ارشد حسابداری، حسابرس گروه چهارم هیئت حسابرسی، دیوان محاسبات خراسان رضوی (مسئول مکاتبات)

۴- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

نتایج: مقایسه نتایج مطالعه فعلی با استانداردهای فاضلاب خروجی نشان داد که استفاده از پساب این تصفیه خانه جهت مصارف کشاورزی به دلیل مطابقت با استانداردهای خروجی فاضلاب توصیه می‌شود. این روند در طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ وضعیت مطلوبی را نشان داده است.

واژگان کلیدی: اکسیژن خواهی شیمیایی، تصفیه‌خانه فاضلاب، جامدات معلق، کلیفرم گوآرشی، کیفیت پساب خروجی

Evaluation of Performance and Quality of Effluent in Birjand Wastewater Treatment Plant for Agricultural Purposes

Mohammad Hosein Fathabadi^۱

Mohammad Hosein Ahmadi Shadmehri^۲

Seyed Masoud Faiz^{۳*}

masoudf64@hotmail.com

Sayyid Ali Banihashemi^۴

Received: December 22, 2020

Accepted: March 6, 2021

Abstract

Basis and Goal: Today, the most basic action to control pollution from wastewater and their reuse is the construction of a wastewater treatment plant and strict monitoring of their operation. Disposal of non-standard effluents and their use in agriculture or surface water discharge will lead to many health and environmental risks. Therefore, the present study was conducted with the aim of auditing the environmental performance and quality of Birjand wastewater treatment plant for agricultural use.

Method of Studing: This study was conducted in 1399 using a cross-sectional study method from 1396 to 1398 on the wastewater treatment plant of Birjand.

Finding: The findings showed that the COD index with an average of 225 had the highest non-compliance with the standard in 1396. TSS index with an average of 153 is in the second place, total coliform with an average of 1300 in the third place and gastrointestinal coliform with an average of 502.5 are in the fourth place. In 1398, these indicators are in a standard and optimal condition.

Results: Comparison of the results of the current study with the effluent standards showed that the use of the effluent of this treatment plant for agricultural purposes is recommended due to compliance with the effluent standards. This trend has shown a favorable situation during the years 1396 to 1398.

Keywords: Chemical Oxygen Demand, Wastewater Treatment Plant, Total Suspended Solids, Gastrointestinal Coliform, Sewage Quality

۱- Master of Executive Management, Supreme Audit Court, Tehran, Iran

۲ -Master of Accounting, Supreme Audit Court, Razavi Khorasan Province, Iran

۳ -Master of Accounting, Supreme Audit Court, Razavi Khorasan Province, Iran

۴ -Department of Industrial Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

۱. مقدمه

که در امر ارزیابی، عملکرد، کنترل، تصمیم‌گیری و گزارشگری به مدیران کمک می‌کنند، در صورت استقرار نظام حسابداری محیط‌زیست در کشور، حسابداران می‌توانند بازوی قدرتمندی برای دولت در ارتباط با کنترل‌های اقتصادی و مالی باشند (۵۶). یکی از مسائل مهم در بحث اثرات زیست‌محیطی، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در شهرها است. استفاده از پساب تصفیه‌شده به عنوان یک منبع آب پایدار، بیش از پیش مورد توجه مدیران صنعت آب کشورها قرار گرفته است. کاربرد این پساب‌ها در کشاورزی و صنعت، مزایای متعددی از قبیل فراهم‌نمودن یک منبع آب ارزان و دائم، کاهش هزینه‌های تصفیه و آزادسازی بخشی از منابع آب با کیفیت خوب برای سایر مصارف دارد (۷).

فاضلاب آبی است که استفاده شده و شامل تمام مواد اضافه شده به آب در طول استفاده می‌باشد. به عبارت دیگر، فاضلاب آب مصرف شده‌ای است که خواص فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی آن به حدی تغییر کرده است که قابلیت مصرف در بهترین مورد خود را از دست داده است (۸). پساب به آبی اطلاق می‌گردد که پس از مراحل تصفیه از تصفیه‌خانه خارج شده و کیفیت آن نسبت به فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه تغییر کرده باشد. فاضلاب ممکن است شامل انواع آلاینده‌های معدنی، آلی و سمی مقاوم به تصفیه باشد که با ورود آن به محیط زیست و تماس با منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و خاک‌ها، آلودگی را به دنبال دارد و در صورت استفاده انسان از این منابع، خطر گسترش بیماری‌های مختلف افزایش خواهد یافت. این عوامل علاوه بر خطرهای مستقیمی که بر بهداشت عمومی دارند، نتایجی از قبیل ایجاد مناظر زشت، تولید بوهای ناخوشایند و افزایش جمعیت حشرات ناقل مانند پشه‌ها و مگس‌ها را نیز به همراه خواهند داشت. با استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، علاوه بر کاهش این خطرات می‌توان در مصرف آب شیرین نیز صرفه‌جویی کرد و همچنین مواد کودی موجود در پساب‌ها، باعث حاصل-خیزی زمین‌های کشاورزی می‌شود که در نهایت صرفه‌جویی اقتصادی را در پی دارد (۹). فاضلاب حاصل از مصرف آب در

حسابرسی عملکرد به ارزیابی سیستماتیک و عینی دستاوردها یا فرایندهای برنامه و فعالیت دولت با هدف تعیین اثربخشی، صرفه اقتصادی و کارایی در دستیابی به اهداف پروژه یا واحد سازمانی و واحد تجاری بطور کلی اطلاق می‌شود. به‌طور سنتی در حسابرسی عملکرد بر سه جنبه صرفه اقتصادی، کارایی و اثربخشی تأکید می‌شود. علاوه بر سه عامل فوق، عوامل دیگری از جمله رعایت اصول اخلاقی، مسائل زیست‌محیطی و نیز عدالت اجتماعی در نظر گرفته می‌شود (۱،۲). توسعه پایدار و حفاظت و بهسازی منابع محیطی، موضوعات اصلی هستند که در سراسر جهان بر چگونگی رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی تأثیر می‌گذارند. همگام با رشد اقتصادی، فشار بر سیستم‌های طبیعی و منابع کره زمین شدت می‌گیرد. واقعیت نگران‌کننده این است که به موازات رشد و گسترش اقتصاد، محیط زیست که بستری برای توسعه اقتصادی محسوب می‌گردد، رو به زوال می‌رود و شرایط زیست‌محیطی هر روز بدتر و بدتر می‌شود. از این‌رو ضرورت دارد توجه به حسابرسی‌های زیست‌محیطی و عملکرد آن‌ها در سیستم‌های مدیریتی و سازمانی، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد (۳).

امروزه، حسابرسی زیست‌محیطی به ابزاری مهم برای حفظ و دستیابی به استانداردهای کنترل آلودگی محیط‌زیست و تخریب منابع طبیعی تبدیل شده است. این نوع حسابرسی را بررسی سیستماتیک، مستند، ادواری و بی‌طرفانه رعایت قوانین و مقررات زیست‌محیطی، توسط سازمان‌ها و بنگاه‌های اقتصادی تعریف می‌کنند. حسابرسی محیط‌زیست می‌تواند هدف‌های مختلفی از جمله اثبات رعایت الزامات زیست‌محیطی، ارزیابی اثربخشی سیستم‌های مدیریت محیط‌زیست و بررسی ریسک ناشی از فعالیت‌های قانونی و غیرقانونی بنگاه اقتصادی را داشته باشد (۴). حسابرسی زیست‌محیطی شامل مجموعه فعالیت‌هایی است که موجب افزایش توان سیستم حسابداری در جهت شناسایی ثبت و گزارشگری آثار ناشی از تخریب آلودگی زیست‌محیطی می‌شود. حسابداری و حسابرسی محیط‌زیست اطلاعاتی را فراهم می‌کند

ضروری است و مهم‌ترین اهداف آن شامل حفظ بهداشت همگانی، حفاظت محیط زیست و جلوگیری از آلودگی منابع آبی و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، صنعت و ... می‌باشد (۱۲).

تأسیس تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به تنهایی نگرانی‌های زیست-محیطی را برطرف نمی‌کند، بلکه برای رسیدن به استانداردهای مطلوب زیست‌محیطی باید عملکرد این تصفیه‌خانه‌ها به‌طور مستمر تحت بررسی و ارزیابی قرار گیرند (۱۳). از جمله پارامترهایی که برای ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب باید مورد توجه باشند، میزان اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD) در پساب خروجی از این تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد. مواد آلی تجزیه‌پذیر زیستی (پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها) همواره برحسب اکسیژن موردنیاز بیولوژیکی و اکسیژن موردنیاز شیمیایی اندازه‌گیری می‌شوند. اگر این مواد به شکل تصفیه نشده وارد محیط شوند، پایداری بیولوژیکی آن‌ها می‌تواند منجر به کاهش منابع اکسیژن و ایجاد شرایط بی‌هوایی و انتشار بوهای مشمئزکننده از جمله گاز هیدروژن سولفور شود (۱۴).

زندگی روزمره انسان از ۹۹/۹ درصد آب و ۰/۱ درصد مخلوطی از مواد معلق معدنی و آلی و گازها تشکیل شده است. در کشورهای در حال توسعه معمولاً سه عامل را در آلودگی آب‌ها مؤثر می‌دانند که شامل رشد بی‌رویه جمعیت، توسعه ماشین‌آلات و پایین‌بودن آب‌بها می‌باشد. استفاده از فاضلاب در آبیاری و مصارف کشاورزی، بسته به منطقه جغرافیایی می‌تواند سودمند یا زیان‌بار باشد، که در این راستا تحقیقات زیادی انجام گرفته است (۱۰).

رشد روزافزون جمعیت، ارتقای سطح زندگی، توسعه صنایع و انتقال تکنولوژی عواملی هستند که باعث افزایش مصرف آب و تولید فاضلاب در اجتماعات و آلودگی محیط زیست می‌شوند و امروزه چنان مشکلی ایجاد کرده‌اند که سرمایه‌گذاری جهت تصفیه و دفع بهداشتی اجباری شده است (۱۱). با توجه به افزایش مخاطرات زیست‌محیطی و تشدید اجرای قوانین مربوط به آن، تحقیق و پژوهش بر روی تصفیه‌خانه فاضلاب به عنوان یک جنبه کلیدی مورد تأکید قرار گرفته است.

جمع‌آوری سریع فاضلاب از منابع تولیدی و شهری و سپس تصفیه و دفع آن، نه تنها مطلوب می‌باشد، بلکه در جوامع امروزه

جدول ۱- مثال‌هایی از آثار بالقوه منفی عدم تصفیه و رهاسازی فاضلاب (۱۵)

Table 1- Examples of potential negative effects of not treating and releasing wastewater (15)

آثار بر روی	نمونه‌های آثار
سلامتی	افزایش شیوع بیماری‌ها به دلیل کاهش کیفیت آب آشامیدنی افزایش شیوع بیماری‌ها به دلیل کاهش کیفیت آب استحمامی افزایش شیوع بیماری‌ها به دلیل تولید مواد غذایی ناسالم (ماهی آلوده، سبزیجات و ...) افزایش خطر ابتلا به انواع بیماری‌های در هنگام کار و یا بازی در مناطقی که از فاضلاب برای آبیاری استفاده می‌کنند. افزایش هزینه مالی درمان، مراقبت و پیشگیری بهداشتی
محیط زیست	کاهش تنوع زیستی تخریب اکوسیستم‌ها بوهای بد محیطی کاهش فرصت‌های تفریحی افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای

فعالیت‌های تولیدی	کاهش بهره‌وری بخش صنعتی کاهش بهره‌وری بخش کشاورزی کاهش ارزش محصولات آبیاری شده با فاضلاب کاهش تعداد گردشگران و یا کاهش تمایل به پرداخت برای فرصت‌های تفریحی
----------------------	--

طی بررسی‌های انجام شده توسط محققین، هر مترمکعب فاضلاب می‌تواند ۴۰ تا ۶۰ متر مکعب آب آشامیدنی تمیز را آلوده کند. از این رو با توجه به مخاطره‌های زیست‌محیطی فاضلاب‌ها، امروزه جمع‌آوری سریع، تصفیه و دفع آن‌ها جهت حفظ بهداشت همگانی، جلوگیری از آلودگی منابع آب، حفاظت از محیط زیست و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در مناطق شهری و صنعتی امری کلیدی و ضروری تلقی می‌شود (۱۶). طبق گزارش سالنامه آماری صنعت آب و فاضلاب کشور، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در کشور تا پایان سال ۱۳۹۷ تعداد ۲۱۹ مورد بوده و تعداد ۱۰۳ تصفیه‌خانه نیز در حال اجرا می‌باشد.

با توجه به اهمیت موضوع بررسی پساب‌های تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، در سال‌های اخیر تحقیقات موردی زیادی بر روی تعیین عملکرد و کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور صورت گرفته است. از جمله پژوهش‌های انجام شده در زمینه تصفیه-خانه‌های فاضلاب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

باقری اردبیلیان و همکاران (۱۷) ارزیابی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر زنجان را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که این تصفیه‌خانه به طور متوسط حدود ۸۴٪ در حذف آلاینده‌های فاضلاب تأثیرگذار است و قابلیت استفاده مجدد و یا تخلیه به آبهای پذیرنده را دارا می‌باشد. ظفرزاده و همکاران (۱۸) به بررسی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی آق‌قلا پرداخته‌اند و نتیجه گرفته‌اند که اکثریت پارامترها مطابق با استانداردهای زیست‌محیطی می‌باشد. کاکاوندی و همکاران (۹) کیفیت پساب خروجی سه تصفیه‌خانه فاضلاب در شهر تهران را بررسی و مقایسه نموده‌اند. نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از پساب این سه تصفیه‌خانه جهت تخلیه به آب‌های سطحی و یا

مصارف کشاورزی به دلیلی عدم مطابقت با استانداردهای خروجی فاضلاب توصیه نمی‌شود. طاهریون و همکاران (۱۹) ارزیابی ریسک استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه شهرک صنعتی البرز در حومه قزوین در آبیاری زمین‌های کشاورزی مجاور آن مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحلیل نشان‌دهنده وجود ۴۶٪ ریسک برای انسان و ۳۸٪ برای گیاه بوده است. دیندارلو و دستورانی (۲۰) کارایی تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال در تأمین کیفیت پساب برای مصارف آبیاری را در تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که شدت آلودگی فاضلاب این شهر از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در حد فاضلاب‌های شهری متوسط بوده و نتیجه کارایی تصفیه‌خانه از نظر کاهش آلودگی تا حد استانداردهای مصارف آبیاری، نسبتاً قابل قبول است.

آمار منتشره از سوی مراکز درمانی کشور نشان می‌دهد، بیماری-هایی نظیر هپاتیت‌های عفونی، اسهال‌ها، انگل‌های روده‌ای و سایر انواع بیماری‌هایی که به دلیل آلودگی محیط ناشی از دفع نادرست فاضلاب‌ها می‌باشند، در شهرهای مختلفی از ایران شیوع پیدا کرده است. بالآمدن سطح آب‌های زیرزمینی و وجود نیترات بیش از اندازه در آب‌های زیرزمینی و آلودگی سبزی‌کاری در برخی از مناطق، بر اثر آبیاری با فاضلاب‌ها، نمونه‌هایی از این قبیل مسائل هستند که سال به سال حادث‌تر شده و هرچه دیرتر اقدام مؤثر صورت گیرد، مشکلات بزرگتر خواهد بود (۲۱).

امروزه یکی از اولویت‌های برنامه‌ریزی توسعه شهری در نقاط مختلف بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، طراحی و احداث شبکه جمع‌آوری، تصفیه و دفع بهداشتی پساب شهری و استفاده دوباره از آن با کمترین عوارض زیست محیطی می‌باشد. در

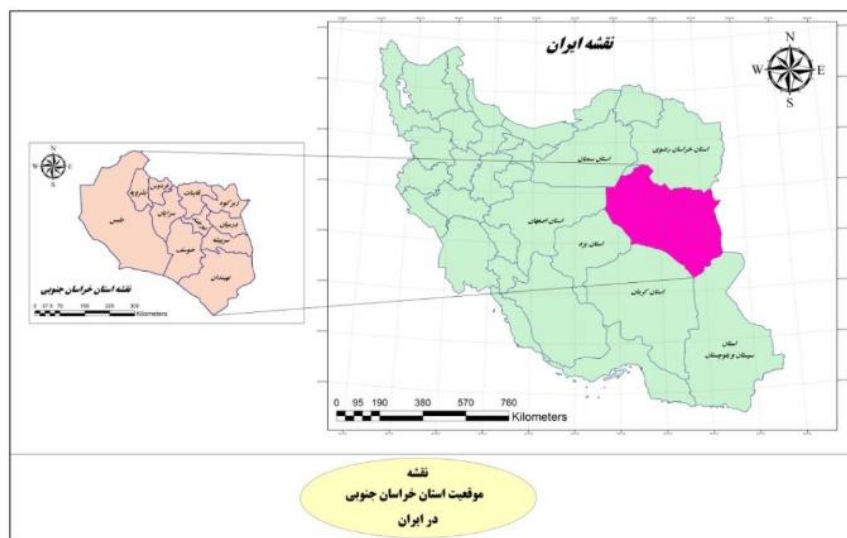
سنوات اخیر از این پساب و عدم نظارت کافی بر نحوه مصرف آن و عدم برخورد با خاطیان سبب شده تا این موضوع علاوه بر به یک معضل زیست محیطی، به یک مشکل اجتماعی و فرهنگی نیز تبدیل گردد. از این‌رو هدف این تحقیق بررسی عملکرد زیست-محیطی و کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند جهت مصارف کشاورزی است.

۲. مواد و روش‌ها

استان خراسان جنوبی با مساحت حدود ۱۵۱ هزار کیلومتر مربع، سومین استان پهناور ایران است که براساس سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت آن برابر ۸۹۸۸۹۸ نفر می‌باشد. شهرستان بیرجند که مرکز استان خراسان جنوبی است و در شرایط اقلیمی گرو و خشک واقع گردیده، پرجمعیت‌ترین شهرستان در استان با جمعیتی برابر ۲۵۹۵۰۶ نفر است. طبق گزارش‌نامه سال ۱۳۹۷ آب و فاضلاب کشور، کمتر از ۳۳٪ در استان خراسان جنوبی تحت پوشش فاضلاب شهری قرار دارند. همچنین به دلیل عدم برخورداری از منابع آب سطحی مطمئن و نامناسب بودن کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی، در وضعیت قرمز تنش آبی قرار دارد.

بسیاری از کشورهای دنیا، فاضلاب شهری پس از تصفیه در بخش کشاورزی، آبیاری فضای سبز برون شهری و جنگل‌ها، تغذیه آبخوان‌ها، استفاده در صنعت، کاربردهای تفریحی و استفاده غیر آشامیدنی شهری کاربرد دارد و به عنوان یک منبع آبی قابل تجدید و در دسترس در نزدیکی مراکز شهری شناخته می‌شود. لذا استفاده از پساب تصفیه خانه های فاضلاب جهت مصارف مختلف، به عنوان یک راهکار مدیریتی مؤثر و جزئی از محورهای اساسی برنامه‌ریزی مدیران صنعت آب پیشنهاد می‌گردد. در این راستا تاکید می‌گردد استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در کشاورزی، صنعت و مصارف تفریحی اگرچه با مزایای زیادی توأم است، لیکن چنانچه این امر بدون برنامه‌ریزی، مطالعات جامع و نظارت ویژه انجام پذیرد، منشأ اثرات نامطلوبی بر محیط زیست و سلامت جامعه خواهد بود.

با در نظر گرفتن شرایط خشک اقلیمی ایران و مخصوصاً منطقه خراسان جنوبی، و وضعیت بارندگی در منطقه، ضرورت استفاده بهینه از همه منابع آب و از جمله فاضلاب واضح است. تنها تصفیه خانه فاضلاب استان خراسان جنوبی، تصفیه خانه فاضلاب بیرجند می‌باشد. استفاده مستمر کشاورزان مجاور تصفیه خانه بیرجند در



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خراسان جنوبی و شهر بیرجند

Fig 1- Geographical location of South Khorasan province and Birjand city

مربوط به کلیفرم، نیتريت، کلراید و فسفات نیز به صورت ماهانه تعیین شدند. نمونه برداری به صورت لحظه‌ای و به حجم یک لیتر با استفاده از ظروف مخصوص نمونه برداری از پساب خروجی انجام شد. نمونه برداری و تجزیه نمونه‌ها براساس آخرین روش‌های استاندارد انجام گرفته است.

۳. یافته‌ها

بررسی داده‌های آزمایشگاهی و سایر اطلاعات تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ صورت گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که میزان ۳۲٪ از آب مصرفی در شبکه آب شهری هدر می‌رود و تنها ۶۸٪ آن به مصرف می‌رسد. از میزان آب مصرفی تنها ۱۸٪ آن وارد تصفیه‌خانه فاضلاب شهری می‌گردد یعنی ۸۲٪ آب مصرفی شهر به چاه‌های جاذب وارد می‌شوند که چنانچه زیرساخت‌های لازم فراهم گردد می‌تواند یک منبع خوب آبی جهت تصفیه و مصارف غیر شرب مورد استفاده قرار گیرد. جدول ۲ مقدار منابع تأمین آب در شهر بیرجند و جدول ۳ مقدار ورودی و خروجی آب و پساب شهر و تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند را نشان می‌دهد.

تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند، به عنوان تنها تصفیه‌خانه فاضلاب در استان خراسان جنوبی بوده که در سال ۱۳۹۴ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. این تصفیه‌خانه در شمال غرب شهرستان، در زمینی به مساحت ۶۰ هکتار و در ۹ کیلومتری جاده بیرجند-کرمان احداث گردیده است. طرح فاضلاب شهر بیرجند با توجه به گسترش شهر و با در نظرگیری مناطق در حال توسعه و به منظور انتقال بهینه فاضلاب به تصفیه‌خانه، دو خط انتقال در نظر گرفته شده است که یکی از آنها ساخته شده است و دیگری در حال اجرا می‌باشد.

مطالعه حاضر از نوع توصیفی-مقطعی می‌باشد که در طی مدت سه سال از بهار ۱۳۹۶ تا پاییز ۱۳۹۸ و براساس نتایج آزمایشات زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند انجام شده است. تصفیه‌خانه موجود شهر بیرجند به روش برکه تثبیت ساده، شامل دو مدول ۶۴۰۰۰ نفری است که هر کدام شامل دو خط جریان موازی می‌باشد.

نمونه برداری از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب بوده و نمونه برداری جهت تعیین BOD، COD و TSS به منظور کاهش خطا و افزایش صحت نتایج، به صورت هفتگی انجام شد. pH به صورت روزانه به وسیله pH متر اندازه‌گیری گردید. آزمایش‌های

جدول ۲- مقدار منابع تأمین آب شرب در شهر بیرجند

Table 2- The amount of drinking water supply sources in Birjand city

نوع منبع تأمین آب	تعداد	دبی متوسط (مترمکعب درسال)
چاه	۲۵	۴۵,۰۴۸,۰۰۰

جدول ۳- مقدار ورودی و خروجی آب و پساب تصفیه‌خانه بیرجند

Table 3- The amount of water and refinery input and output of Birjand water treatment

دبی متوسط ورودی به شبکه آب شهر بیرجند (مترمکعب/سال)	میزان هدر رفت شبکه انتقال آب شهر بیرجند (مترمکعب/سال)	دبی متوسط عدم ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند (مترمکعب/سال)	دبی متوسط ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند (مترمکعب/سال)	دبی متوسط پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند (مترمکعب/سال)
۴۵,۰۴۸,۰۰۰	۱۴,۳۰۴,۰۰۰	۲۵,۲۶۴,۰۰۰	۵,۴۸۰,۰۰۰	۴,۸۲۸,۰۰۰

پساب تصفیه خانه فاضلاب بیرجند توسط اداره کل حفاظت محیط زیست و آزمایشگاه معتمد و اقدامات انجام شده از سوی محیط زیست در طی ۱۱ دوره در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ اندازه‌گیری شده که خلاصه نتایج آن در جدول ۳ بیان شده است. برخی از مهمترین شاخص‌ها در بحث بررسی کیفیت پساب خروجی عبارتند از TSS (جامدات معلق)، pH (اسیدیته)، نیترات، BOD (اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی)، COD (اکسیژن-خواهی شیمیایی)، کلیفرم کل و کلیفرم گواریشی.

نتایج آزمایشاتی که طی ۱۱ دوره طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ توسط آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست و آزمایشگاه معتمد گرفته شده بیانگر این موضوع می‌باشد که پساب دارای آلودگی بیش از حد استاندارد در سال ۱۳۹۶ جهت استفاده کشاورزی است که در این خصوص اختاریه‌های لازم داده شده است. لیکن آب، مورد استفاده کشاورزان زمین‌های مجاور قرار گرفته است. این وضعیت در سال ۱۳۹۸ بهبود نسبی را در برخی شاخص‌ها به دست آورده است. سنجش آلاینده‌های خروجی

جدول ۴- آلاینده‌های خروجی پساب تصفیه‌خانه بیرجند

Table 4- Effluent Output Pollutants of Birjand water treatment

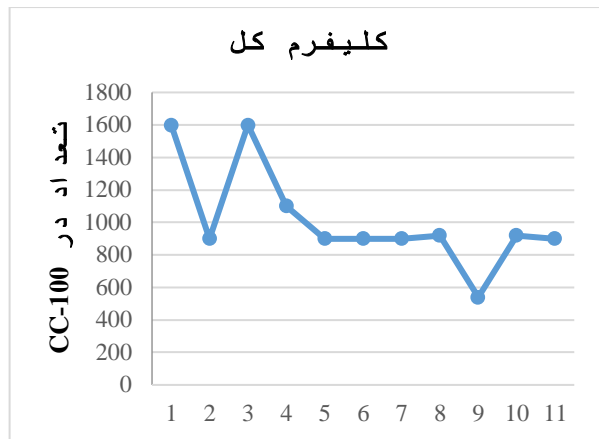
سال	فصل	دما (°C)	PH	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	نیتريت (mg/l)	کلیفرم کل (N/100CC)	کلیفرم گواریشی (N/100CC)	TSS (mg/l)	فسفات (mg/l)	آمونوم (mg/l)	کلراید (mg/l)
۱۳۹۶	بهار	۲۲/۶	۷/۸	۲۳۱	۸۹	<۰/۱	۱۶۰۰	۳۵۰	۱۸۷	۲۸/۳	۵۷/۴	۳۲۷/۵
	تابستان	۲۲/۶	۷/۸	۲۳۹	۸۵	<۰/۱	۹۰۰	۳۰۰	۱۷۲	۱۵/۳	۱۳/۸	۴۳۱/۷
	پاییز	۱۹/۸	۷/۹	۲۴۹	۱۰۸	<۰/۱	۱۶۰۰	۹۰۰	۱۶۴	۴۹/۹	۱۸/۷	۳۹۷
	زمستان	۱۰/۵	۸/۱	۱۸۱	۷۵	<۰/۱	۱۱۰۰	۴۶۰	۹۰	۳۸/۳	۱۴/۱	۳۵۳/۳
۱۳۹۷	بهار	۲۳/۶	۸/۲	۱۹۳	۸۹	<۰/۱	۹۰۰	۳۰۰	۹۷	۳۱/۶	۱۷/۳	۳۷۱/۲
	تابستان	۲۴	۷/۷	۱۸۲	۷۳	<۰/۱	۹۰۰	۳۰۰	۱۱۲	۲۸/۲	۱۹/۷	۳۷۹/۱
	پاییز	۱۴/۷	۷/۷	۲۱۴/۲	۹۴	<۰/۱	۹۰۰	۹۰۰	۸۸	۱۹/۹	۱۱/۴	۳۳۳/۵
	زمستان	۱۴/۱	۷/۸	۱۹۱/۸	۸۷	<۰/۱	۹۲۰	۳۵۰	۷۹	۲۰/۸	۱۵/۳	۳۶۷/۴
۱۳۹۸	بهار	۲۴/۱	۷/۹	۱۸۷/۸	۸۴/۴	<۰/۱	۵۴۰	۳۵۰	۸۳	۱۶/۸	۳۴/۵	۳۰۱/۷
	تابستان	۳۱/۱	۷/۷	۱۷۹/۸	۶۴/۶	<۰/۱	۹۲۰	۳۵۰	۹۸	۱۳/۸	۲۹/۳	۳۸۷/۴
	پاییز	۱۵/۲	۷/۸	۱۷۶	۷۸/۵	<۰/۱	۹۰۰	۳۰۰	۶۳	۷/۸	۳۸/۴	۴۱۲/۲
	استاندارد زیست- محیطی جهت مصارف کشاورزی	-	۶ تا ۸,۵	۲۰۰	۱۰۰	-	۱۰۰۰	۴۰۰	۱۰۰	-	-	۶۰۰

تطبیق با استاندارد را دارا بوده است. این عدم تطبیق در سال ۱۳۹۶ بیشترین و به مرور در سال ۱۳۹۸ بهبود یافته است. شاخص TSS، کلیفرم کل و کلیفرم گواریشی نیز در جایگاه دوم

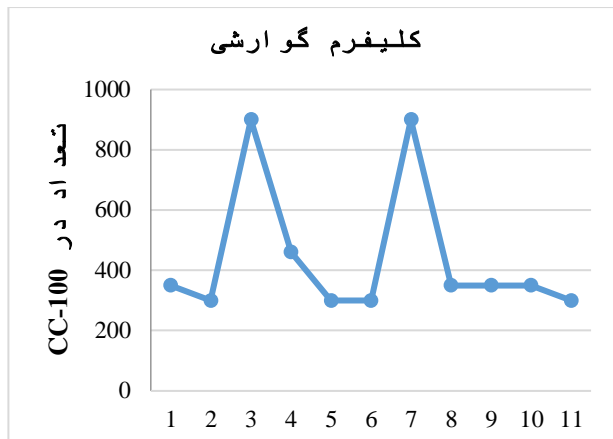
همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، pH در پساب تصفیه‌خانه در طی دوره مورد بررسی نزدیک به خنثی و در محدوده ۶,۵-۸,۵ بوده است. شاخص COD بیشترین عدم

با توجه به شکل ۲، در شاخص کلیفرم گوارشی، مقدار بالا در نمونه‌های پاییز ۱۳۹۶ (نمونه شماره ۳) و پاییز ۱۳۹۷ (نمونه شماره ۷) مشاهده شده است. سایر شاخص‌های مشخص شده در شکل ۲ نیز روند نزولی را از بهار ۱۳۹۶ تا پاییز ۱۳۹۸ (به صورت فصلی) نشان می‌دهد.

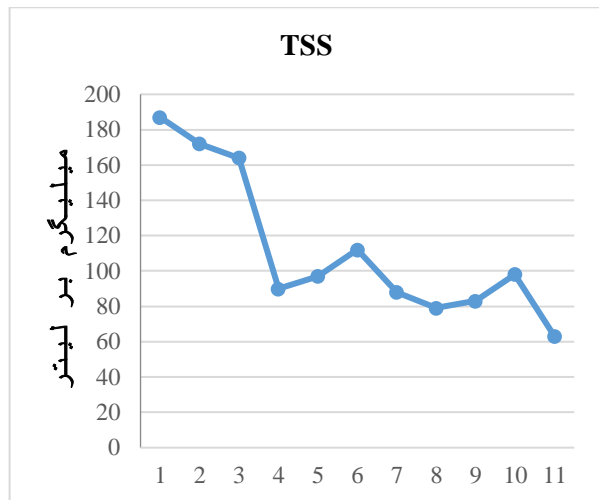
تا چهارم قرار گرفته‌اند که وضعیت این شاخص‌ها نیز طی سال ۱۳۹۸ نسبت به سال‌های گذشته وضعیت مطلوب‌تری را به خود گرفته است. شکل ۲ وضعیت این شاخص‌ها را از بهار سال ۱۳۹۶ تا پاییز سال ۱۳۹۸ به ترتیب نشان می‌دهد.



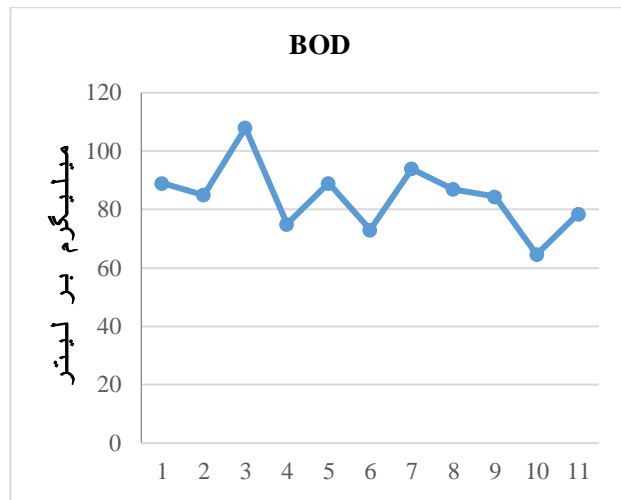
فصل (بهار ۱۳۹۶ تا پاییز ۱۳۹۸)



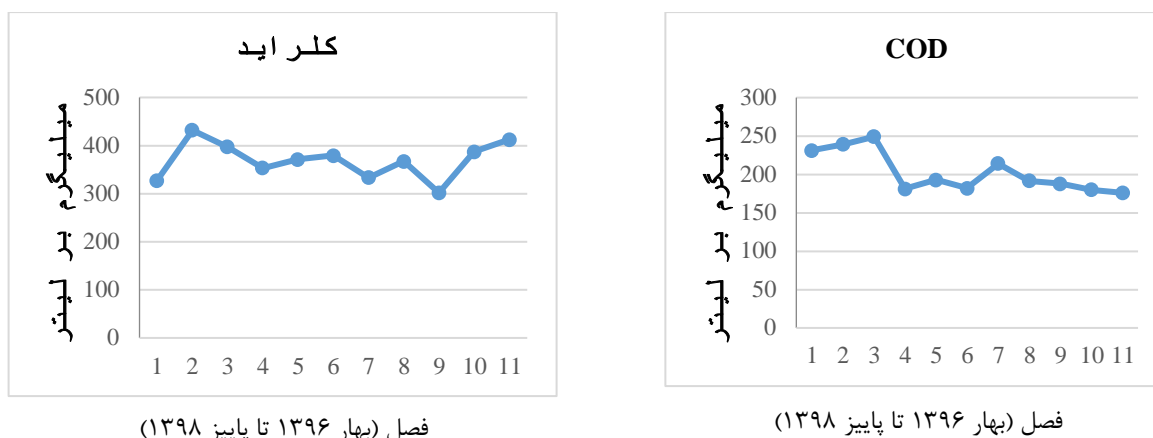
فصل (بهار ۱۳۹۶ تا پاییز ۱۳۹۸)



فصل (بهار ۱۳۹۶ تا پاییز ۱۳۹۸)



فصل (بهار ۱۳۹۶ تا پاییز ۱۳۹۸)



شکل ۲- وضعیت شاخص‌های پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر بیرجند

Fig. 2- The status Indicators of the output effluent of Birjand water treatment plant

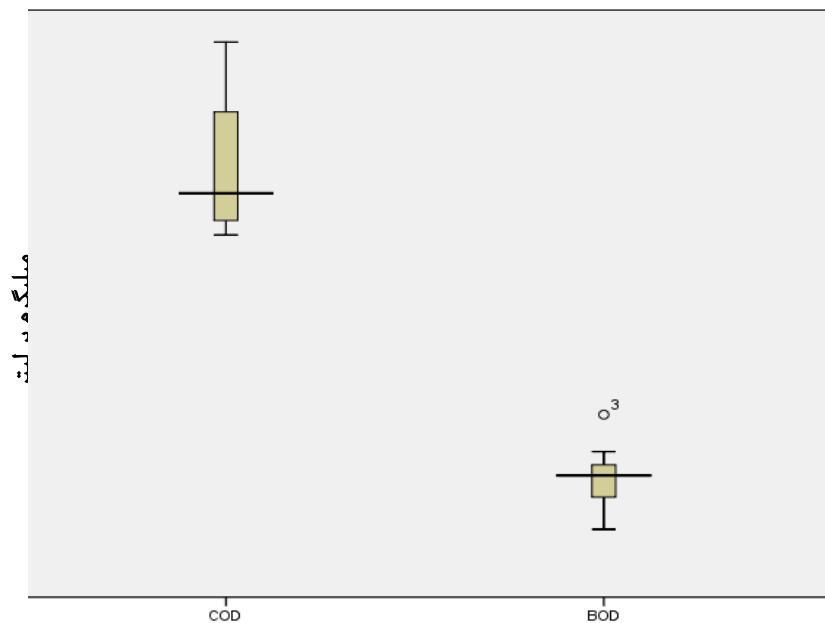
سال ۱۳۹۶ است. در شاخص BOD نیز یک نمونه به عنوان داده پرت بالاتر از استاندارد قرار دارد که مربوط به پاییز ۱۳۹۶ است. سایر مقادیر در این سه سال مورد بررسی، کمتر از حد استاندارد بوده است.

مقدار استاندارد در دو شاخص کلیفرم کل و کلیفرم گوارشی جهت مصارف کشاورزی نیز به ترتیب ۱۰۰۰ و ۴۰۰ (تعداد در CC_{100}) است. میانگین شاخص کلیفرم کل از ۱۳۰۰ در سال ۱۳۹۶ به ۷۸۶ در سال ۱۳۹۸ رسیده و برای شاخص کلیفرم گوارشی از میانگین ۵۰۲ در سال ۱۳۹۶ به ۳۳۳ در سال ۱۳۹۸ دست یافته است که روند بهبود را بیان می‌کند. شکل ۴ نمودار جعبه‌ای این دو شاخص را نشان می‌دهد.

به جهت بررسی ارتباط آماری و همبستگی بین شاخص‌ها، ضریب همبستگی پیرسون محاسبه گردید. با توجه به جدول ۵، همبستگی بین دو شاخص COD و TSS مقدار ۰/۸۵۳ است که همبستگی مثبت را نشان می‌دهد. پس از آن همبستگی بین دو شاخص COD و BOD با مقدار ۰/۷۶۳ و کلیفرم کل و TSS با مقدار ۰/۷۰۴ در رده‌های دوم و سوم قرار می‌گیرد. این همبستگی نشان‌دهنده آن است که با افزایش شاخص COD، شاخص‌های TSS، BOD و کلیفرم کل نیز افزایش می‌یابد.

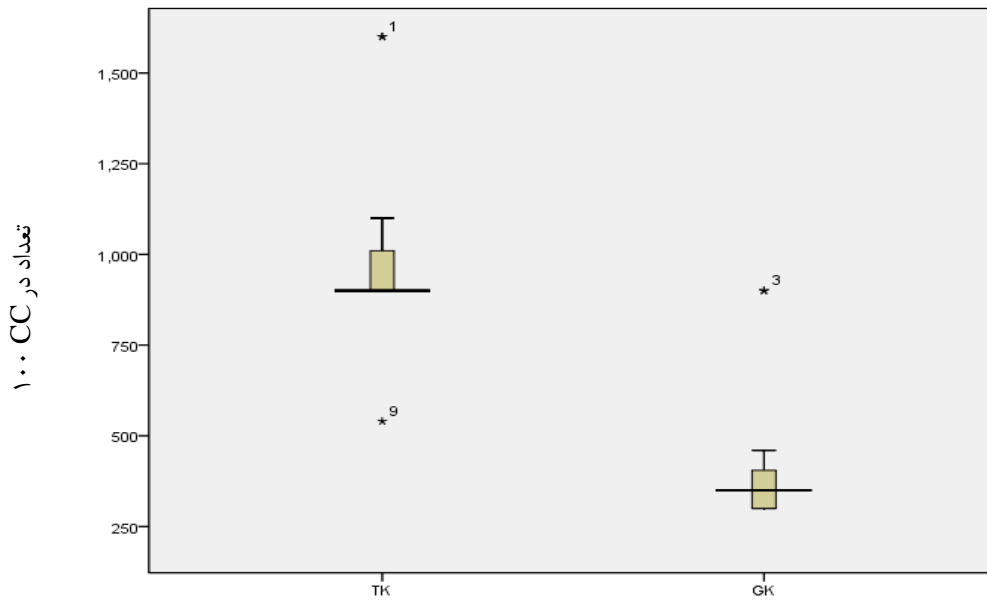
به منظور استفاده مجدد از پساب، میزان هر یک از متغیرهای کیفی BOD، TSS و COD (جدول ۴ و شکل ۲)، باید در حد استاندارد باشد. طبق این استانداردها، در استفاده از پساب در مصارف کشاورزی و آبیاری، حداکثر مقادیر TSS و BOD باشد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و مقدار COD، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد. پساب خروجی تصفیه‌خانه بیرجند در شاخص TSS دارای میانگین ۱۱۲ طی این سه سال است. میانگین این شاخص در سال ۱۳۹۶ برابر ۱۵۳، در سال ۱۳۹۷ برابر ۹۷ و در سال ۱۳۹۸ برابر ۸۱ بوده است که روند بهبود بسیار خوبی را نشان می‌دهد. میانگین شاخص BOD در سه سال برابر ۸۳ است که این شاخص نیز از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ روند نزولی خوبی را دارا می‌باشد. این وضعیت برای شاخص COD نیز برقرار است، به طوری که میانگین این شاخص از ۲۲۵ در سال ۱۳۹۶ به ۱۸۱ در سال ۱۳۹۸ رسیده و در حد استاندارد قرار گرفته است. شکل ۳ نمودار جعبه‌ای دو شاخص BOD و COD را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۳، میان دو شاخص BOD و COD کمتر از حد استاندارد قرار دارد. همچنین پراکندگی شاخص COD در ۵۰٪ از مقادیر بالاتر از میانه بسیار بیشتر از مقادیر کمتر از میانه است. مقادیر بالاتر از استاندارد در این شاخص از ۱۱ مقطع مورد بررسی، تنها ۴ مورد بوده که از این ۴ مورد، ۳ مورد آن مربوط به



شکل ۳- نمودار شاخص‌های COD و BOD تصفیه‌خانه شهر بیرجند

Figure 3- The indicators of BOD and COD of Birjand water treatment Plant



شکل ۴- نمودار شاخص‌های کلیفرم گوارشی و کلیفرم کل تصفیه‌خانه

Fig. 4- The indicators of digestive coliform and total coliform of water treatment

جدول ۵- ضریب همبستگی پیرسون شاخص‌های خروجی تصفیه‌خانه

Table 5- Pearson's correlation coefficient of the output indicators of water treatment

کلیفرم گوارشی	کلیفرم کل	BOD	COD	TSS	
۰/۱۳۴	۰/۷۰۴	۰/۴۰۹	۰/۸۵۳	۱	TSS
۰/۵۰۷	۰/۶۳۷	۰/۷۶۳	۱		COD
۰/۶۶۹	۰/۴۸۰	۱			BOD
۰/۳۹۶	۱				کلیفرم کل
۱					کلیفرم گوارشی

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به بحرانی بودن وضعیت منابع آب در ایران و بخصوص در استان خراسان جنوبی، حرکت در مسیر استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب امری اجتناب‌ناپذیر است. با این وجود، عدم توجه به پیش‌نیازهای تحقیقاتی می‌تواند کارایی و اثربخشی این تصفیه‌خانه‌ها را مورد تردید قرار دهد، زیرا از یک سو عدم هدایت کامل پساب شهری به این تصفیه‌خانه‌ها و از سوی دیگر عدم پایش پساب و استفاده صحیح از آن، مخاطرات جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی را به همراه دارد. ورود تنها ۱۸٪ آب مصرفی شهر بیرجند به تصفیه‌خانه فاضلاب و استفاده نادرست از پساب منجر به بروز مشکل زیست‌محیطی گردیده است. حال آنکه ورود تمامی آب مصرفی به تصفیه‌خانه، هدایت و تصفیه صحیح پساب می‌تواند یک منبع غنی آبی بشمار آید. از آنجائی که تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند از روش تصفیه بی‌هوازی-هوازی با استفاده از برکه‌های تثبیت استفاده می‌نماید و بوی بد متساعد شده از لجن تولیدی باعث ایجاد مزاحمت برای روستاها، شهرک‌های مسکونی اطراف و جاده مجاور تصفیه‌خانه نموده است، لذا مجاورت تصفیه‌خانه با این مناطق خود باعث ایجاد مشکل زیست‌محیطی در منطقه گردیده است. علیرغم وجود استانداردها و رهنمودهای مختلف استفاده پساب در سطح جهان نظیر ایجاد برکه مصنوعی، آبیاری درختان تفریگاه‌ها و بوستان‌ها و ... لیکن در ایران تنها سه

کاربرد تخلیه به آبهای سطحی، تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی مدنظر قرار گرفته و در سایر موارد استاندارد تعیین نگردیده است. در بررسی عملکرد کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر بیرجند با استانداردهای حفاظت محیط‌زیست ایران، می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر، پساب تولیدی از نظر متغیرهای کیفی مورد مطالعه (COD, BOD, TSS) با استانداردهای رایج مطابقت داشته و با توجه به مقادیر استاندارد کلیفرم، پساب خروجی برای مصارف کشاورزی مناسب است. اما استانداردهای مربوط به تخلیه پساب به آب‌های سطحی و چاه جاذب را برآورده نمی‌کند. نتایج حاصل از تحقیق مرگان طبقه و همکاران (۲۲) نشان داده است که آبیاری زمین‌های کشاورزی اطراف تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند در درازمدت نه تنها موجب افزایش خطرناک شوری خاک زمین‌های اطراف نشده، بلکه آبیاری با آب شیرین ناشی از تصفیه‌خانه فاضلاب موجب کاهش مقادیر شوری خاک شده است. این امر می‌تواند ناشی از آبشویی و نفوذ نمک به اعماق پایین‌تر باشد. این نتایج همگی می‌توانند در استفاده بهینه از منابع آبی در منطقه گرم و خشک بیرجند مفید واقع گردد. از آنجایی که به منظور استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه در مصارف کشاورزی، کیفیت میکروبی نیز دارای اهمیت است، لذا پیشنهاد می‌شود تصفیه میکروبی پساب خروجی نیز مدنظر قرار گرفته و استانداردهای تصفیه ثانویه برای مقاصد

112. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2141768>.
- 6- Nemati, M., & Rashidi, Gh. (2019). Investigating the effect of non-financial performance components on environmental audit with Interpretive Structural Modeling (ISM) approach, *Divan Scientific Journal*, 3(21), 68-87. (In Persian)
- 7- Malkutian, M., Barikbin, B., & Nabavian, M. R. (2015). Investigating the effect of sulfate concentration on the efficiency of anaerobic stabilization pond: a case study of Birjand wastewater treatment plant, *Journal of Birjand University of Medical Sciences*, 23(2), 110-118. (In Persian)
- 8- Shokohi, Reza. (2008). *Urban and Industrial Wastewater Treatment*, Tehran: Fan-Avaran Publications. (In Persian)
- 9- Kakavandi, B., Junidi Jafari, A., Ghasemi, A., & Qolizadeh, A. (2011). A comparative study of the effluent quality of the wastewater treatment plants of Saheb Qaranih, Ekbatan and south of Tehran, *Journal of Health System Research*, 8(4), 714-706. (In Persian)
- 10- Rouhani-Shahraki, F., Mahdavi, R., & Rezaei, M. (2005). The effect of irrigation with wastewater on some physical and chemical properties of soil, *Journal of Water & Wastewater*, 16(53), 23-29. (In Persian)
- 11- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th edn, New York, NY: McGraw-Hill.
- 12- Amann, R., Lemmer, H., & Wagner, M. (1998). *Monitoring the community*. آبیاری را برآورده کرده و با اطمینان به مصرف کشاورزی برسد. همچنین به منظور مطالعه کیفیت زیست‌شناختی لجن‌های دفعی، تعیین شاخص‌های میکروبی تراکم کلیفرم کل، کلیفرم‌های مدفوعی و شمارش تخم انگل‌ها نیز پیشنهاد می‌گردد.

5. References

- 1- Waring, C. G., & Morgan, S. L. (2007). Public sector performance auditing in developing countries. *Public Sector Governance and Accountability Series: Performance Accountability and Combating Corruption*. Washington, DC, USA: The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank.
- 2- Kamyabi, Y., Malekian, E., & Khanlari, M. (2017). Explanation of performance audit components in Iran's public sector with an emphasis on environmental and social performance, *Journal of Audit Science*, 18(71), 57-77. (In Persian)
- 3- Rahmani Fazli, A., & Sadeghi, M. (2011). Environmental study of the Caspian Lake and its improvement solutions with an environmental audit approach, International Conference on Environmental Crises and its Improvement Solutions, Kish Island, Iran. (In Persian)
- 4- Sajjadi, S. H., & Jalili, A. (2007). Environmental accounting, *Accountant Magazine*, 22(186), 19-29. (In Persian)
- 5- Salewski, M., & Zülch, H. (2014). The Association between corporate social responsibility (CSR) and earnings quality—evidence from European blue chips. HHL Working Paper Series No.

- (2011). Investigating the efficiency of the sewage treatment plant of Aqqla Industrial Town in removing nitrogen, phosphorus and chemically required oxygen compounds (COD) and comparing it with the output standard of the country, *Journal of Health System Research*, 8(7), 1197-1205. (In Persian)
- 19- Taheriyoun, M., Alavi, V., Ahmadi, A. (2016). Risk Analysis of Wastewater Reuse in Agriculture Using Bayesian Network. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 48(1), 101-109. (In Persian)
- 20- Dindarlou, A., & Dastourani, M. (2018). Investigation of the Efficiency of Sewage Treatment using Activated Sludge Method to Supply Water for Reuse in Agricultural Irrigation (Case Study: Kermanshah Sewage Treatment Plant). *Journal of Water and Sustainable Development*, 4(2), 31-40. (In Persian)
- 21- Mohammadi, M., Salmasi, M., & Yusuf-Nejad, A. (2019). Destructive environmental effects of releasing untreated wastewater in Iran. *Divan Scientific Journal*, 3(21), 59-67. (In Persian)
- 22- Morgan Torghabe, M. S., Khashaveh Siouki, A., Shahidi, A., Yaghoubzadeh, M. (2019). Study of irrigation effect wastewater on soil salinity by using satellite image (case study: Birjand treatment). *Application of Geography information system and remote sensing in planning*, 10(2), 19-34. (In Persian)
- structure of wastewater treatment plants: a comparison of old and new techniques. *FEMS Microbiology Ecology*, 25(3), 205-215.
- 13- Cirja, M., Ivashechkin, P., Schäffer, A., & Corvini, P. F. (2008). Factors affecting the removal of organic micropollutants from wastewater in conventional treatment plants (CTP) and membrane bioreactors (MBR). *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 7(1), 61-78.
- 14- Salvato, J. A., Nemerow, N. L., & Agardy, F. J. (2003). *Environmental engineering*. John Wiley & Sons.
- 15- Hernández-Sancho, F., Lamizana-Diallo, B., Mateo-Sagasta, J., & Qadir, M. (2015). *Economic valuation of wastewater: the cost of action and the cost of no action*. United Nations Environment Programme (UNEP).
- 16- Emamjomeh, M., Mozaffari Siboni, A., Seyedmousavi, S. E., & Tari K. (2016). Comparing quality of the wastewater treatment plant effluent in Lia industrial zone (Qazvin) with Iranian environmental protection standards. *Journal of Inflammatory Diseases*, 20(5), 60-66. (In Persian)
- 17- Bagheri Ardebilian, P., Sadeghi, H., Nabaii, A., & Bagheri Ardebilian, M. (2010). Assessment of Wastewater Treatment Plant Efficiency: a Case Study in Zanjan. *Journal of Health*, 1(3), 67-75. (In Persian)
- 18- Zafarzadeh, A., Rezaei, E., Aghahosseini, F., & Charamsaz, S.