

## Investigating the Feasibility of Reuse of Effluent from Wastewater Treatment Plant in Borujen City, Iran, for Agricultural and Irrigation Uses

Abbas Khodabakhshi<sup>1</sup>, Fazel Mohammadi-Moghadam<sup>1</sup>, Khatereh Motaghi<sup>2</sup>,  
Farideh Bagherzadeh<sup>2</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Background:** Today, due to the expansion of agricultural activities and the occurrence of successive droughts, the utilization of urban effluents for agricultural purposes is a suitable and economical way. However, the safe and responsible use of these resources is essential. Given that the municipal wastewater treatment effluent of Borujen City, Iran, is used to irrigate potato, alfalfa, and wheat products in the form of flood irrigation, the purpose of this study is to investigate the possibility of reusing the effluent of this wastewater treatment plant for agricultural irrigation.

**Methods:** In this descriptive-analytical study, the physical, chemical, and microbial properties of the effluent of Borujen municipal wastewater treatment plant were measured according to the standard methods for the examination of water and wastewater, for 6 months and then were compared with the standard of Institute of Standards and Industrial Research of Iran and the Food and Agriculture Organization (FAO).

**Findings:** The mean concentrations of five-day biological oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), chemical oxygen demand (COD), and total dissolved solids (TDS) parameters in the effluent were  $10.00 \pm 1.17$ ,  $39.19 \pm 4.10$ , and  $513.17 \pm 8.70$  mg/l, respectively. The average of chemical parameters including  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , Na, Mg, Ca,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , alkalinity, and the average concentration of heavy metals and effluent alkalinity were within the standard range of Industrial Research of Iran and FAO. The average turbidity in the effluent was  $54.27 \pm 16.47$  nephelometric turbidity unit (NTU). This effluent, in terms of sodium adsorption ratio (SAR), was in excellent water group and in terms of electrical conductivity (EC) was in the acceptable water group. The average concentration of heavy metals was less than the permissible level for these metals. The mean concentrations of total coliform and fecal coliform were higher than the standard set for these parameters. Moreover, no parasite eggs were detected in the effluent.

**Conclusion:** The average chemical parameters of effluent of Borujen wastewater treatment plant were within the standards of effluent use in agriculture. However, the concentration of biological parameters of the effluent was higher than the standard level; and in case of more microbiological purification, it can be used for irrigation of edible agricultural products.

**Keywords:** Reuse; Waste water; Agriculture; Iran

**Citation:** Khodabakhshi A, Mohammadi-Moghadam F, Motaghi K, Bagherzadeh F. **Investigating the Feasibility of Reuse of Effluent from Wastewater Treatment Plant in Borujen City, Iran, for Agricultural and Irrigation Uses.** J Health Syst Res 2022; 18(1): 66-74.

1- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

2- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

**Corresponding Author:** Farideh Bagherzadeh; Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran; Email: farideh.b71@gmail.com

## بررسی امکان استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان بروجن برای مصارف کشاورزی و آبیاری

عباس خدابخش<sup>1</sup>، فاضل محمدی مقدم<sup>۱</sup>، خاطره متقی<sup>۲</sup>، فریده باقرزاده<sup>۳</sup>

### مقاله پژوهشی

### چکیده

**مقدمه:** امروزه با توجه به گسترش فعالیت‌های کشاورزی و وقوع خشکسالی‌های پیاپی، استفاده از پساب‌های شهری برای مصارف کشاورزی، راه‌حل مناسب و اقتصادی می‌باشد. با این حال، استفاده ایمن و مسؤولانه از این منابع مهم و حیاتی است. با توجه به این که از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بروجن جهت آبیاری محصولات سب‌زمینی، یونجه و گندم به صورت غرقابی استفاده می‌شود، در پژوهش حاضر امکان استفاده مجدد از پساب این تصفیه‌خانه مورد بررسی قرار گرفت.

**روش‌ها:** در این مطالعه صورت توصیفی-تحلیلی که به مدت ۶ ماه انجام گردید، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بروجن طبق روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب اندازه‌گیری شد و با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران و سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی (FAO) یا (Food and Agriculture Organization) مورد مقایسه قرار گرفت.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت شاخص‌های اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD5 یا Biochemical oxygen demand)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Chemical oxygen demand یا COD)، کل جامدات محلول (TDS یا Total dissolved solids) در پساب مورد بررسی به ترتیب  $1.17 \pm 1.00$ ،  $4.10 \pm 3.9$  و  $8.70 \pm 5.13$  میلی‌گرم در لیتر بود. میانگین شاخص‌های شیمیایی کلرور، سولفات، فسفات، نترات، نیتريت، سدیم، منیزیم، کلسیم، بی‌کربنات، کربنات و میانگین فلزات سنگین و قابلیت پساب در محدوده استانداردهای استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران و FAO قرار داشت. میانگین کدورت NTU،  $16.47 \pm 5.42$  بود. این پساب از نظر نسبت جذب سدیم (Sodium adsorption ratio یا SAR) در گروه آب‌های عالی و از نظر هدایت الکتریکی در گروه آب‌های قابل قبول قرار داشت. میانگین غلظت فلزات سنگین کمتر از استاندارد تعیین شده بود. میانگین شاخص‌های کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی بیش از استاندارد تعیین شده گزارش گردید. همچنین، در پساب خروجی تخم انگل شناسایی نشد.

**نتیجه‌گیری:** میانگین شاخص‌های شیمیایی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بروجن در محدوده استانداردهای استفاده از پساب در کشاورزی قرار دارد. با این حال، غلظت شاخص‌های بیولوژیکی پساب بالاتر از حد استاندارد بود و در صورت تصفیه بیشتر از نظر میکروبی، می‌توان از آن برای آبیاری محصولات کشاورزی خوراکی استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** استفاده مجدد؛ تصفیه‌خانه فاضلاب؛ کشاورزی؛ ایران

**ارجاع:** خدابخش عباس، محمدی مقدم فاضل، متقی خاطره، باقرزاده فریده. **بررسی امکان استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان بروجن برای مصارف کشاورزی و آبیاری.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۱؛ ۱۸ (۱): ۶۶-۷۴

تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۱/۱۵

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۹/۱۶

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰

### مقدمه

استفاده مجدد از پساب‌ها، ضروری به نظر می‌رسد (۴). کشورهایی که دارای توزیع نامناسب بارش هستند، به یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت منابع آب از جمله احیای فاضلاب و استفاده مجدد از آن نیاز دارند (۱). استفاده مجدد از پساب تصفیه شده به عنوان آب آشامیدنی، با وجود تصفیه‌خانه‌های پیشرفته در سراسر جهان خوشایند نیست، اما با توجه به این که مصرف آب در بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده منابع آب می‌باشد، استفاده از پساب جهت مصارف کشاورزی قابل توجیه است (۵). همچنین، با توجه به این که تولید پساب به شکل دایمی در طول سال انجام می‌گیرد، می‌تواند نیاز آبیاری را در تمام فصول سال و با هر شرایط آب و هوایی تأمین کند (۲).

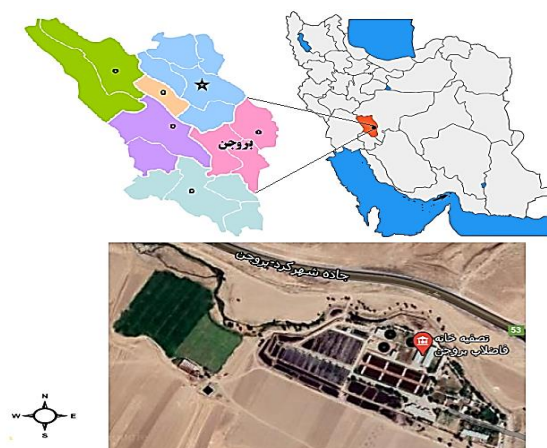
استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، می‌تواند باعث افزایش منابع

آب منبعی حیاتی و مهم برای توسعه کشورها می‌باشد و همین امر باعث افزایش اهمیت مدیریت و حفاظت از آب، در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته شده است (۱). امروزه رشد جمعیت و شهرنشینی، بالا رفتن استانداردهای زندگی و پیشرفت تکنولوژی، منجر به افزایش بی‌سابقه تقاضای آب نه تنها در مصارف خانگی، بلکه برای مصارف کشاورزی و صنعتی نیز شده است (۲). همچنین، افزایش مصارف آب و به دنبال آن، تولید فاضلاب و روند رو به رشد این تولید، می‌تواند منجر به گسترش مشکلاتی از نظر دفع فاضلاب شود (۳). از سوی دیگر، تغییر اقلیم و کاهش منابع آب در دسترس، باعث به وجود آمدن نگرانی‌هایی در خصوص تأمین آب برای مصارف مختلف شده است. بنابراین، مدیریت منابع آب در دسترس و یافتن منابع جدید آب از جمله بازچرخانی و

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

نویسنده مسؤول: فریده باقرزاده؛ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان بروج

**روش کار:** عملیات نمونه‌برداری به صورت مرکب در طول ۲۴ ساعت و متناسب با دبی جریان در یک دوره شش ماهه به تعداد سه بار در ماه از خروجی تصفیه‌خانه و به صورت دستی انجام گرفت. در طول این دوره، در مجموع ۳۶۶ نمونه با احتساب سه بار تکرار تهیه و شاخص‌های مورد نظر اندازه‌گیری گردید. نمونه‌های شیمیایی در ظروف پلاستیکی تمیز و نمونه‌های میکروبی در ظروف استریل شیشه‌ای ۴۰۰ میلی‌لیتری جمع‌آوری شد. برای جلوگیری از تغییر شرایط، نمونه‌ها در Cold box و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس در کمتر از شش ساعت به آزمایشگاه انتقال یافت (۱۱). نمونه‌های آزمایش فلزات سنگین در دو ماه توسط ظروف اسیدشویی شده جمع‌آوری و با رعایت شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل گردید.

نمونه پساب از نظر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی شامل pH، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Chemical oxygen demand یا COD)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (Biochemical oxygen demand یا BOD<sub>5</sub>)، کل جامدات محلول (Total dissolved solids یا TDS)،  $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{NO}_2^-$ ،  $\text{HCO}_3^-$ ،  $\text{CO}_3^{2-}$ ،  $\text{PO}_4^{3-}$ ،  $\text{SO}_4^{2-}$ ، نسبت جذب سدیم (SAR) یا Sodium adsorption ratio،  $\text{Mg}$ ،  $\text{Na}$ ،  $\text{Ca}$ ، فلزات سنگین، کدورت، قلیاییت و شاخص‌های میکروبی (تخم انگل، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی) مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت. کلیه شرایط نمونه‌برداری و انجام آزمایشات بر اساس دستورالعمل کتاب استاندارد متد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام گرفت (جدول ۱). غلظت فلزات سنگین شامل  $\text{Pb}$ ،  $\text{Cu}$ ،  $\text{Ni}$ ،  $\text{Co}$ ،  $\text{Zn}$ ،  $\text{Cd}$  و  $\text{Fe}$  با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Varian SpectraAA 220Z، آمریکا) اندازه‌گیری گردید. به طور کلی، هر فلز ۱۸ بار مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). جهت تعیین غلظت کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی، از روش تخمیر چند لوله‌ای و استاندارد ISIRI42079221B استفاده شد. برای شمارش تخم نماتودهای روده‌ای موجود در فاضلاب از روش بیلنجر استفاده شد (۱۲، ۱۳). جهت تعیین مطلوبیت آب‌های مورد استفاده در آبیاری و کشاورزی، شاخص SAR مطابق رابطه ۱ محاسبه گردید (۴).

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}}$$

رابطه ۱

آب آبیاری، کاهش فشار بر منابع آب، ذخیره و نگهداری آب با کیفیت برای مصارف مهم شود. علاوه بر این، یک روش اقتصادی برای استفاده از فاضلاب و جلوگیری از آلودگی و خطرات بهداشتی می‌باشد (۶). همچنین، استفاده مؤثر از مواد مغذی موجود در فاضلاب از جمله ازت و فسفر، می‌تواند منجر به باروری خاک، کاهش هزینه‌های استفاده از کودهای شیمیایی و افزایش تولید محصولات کشاورزی شود (۷).

اگرچه استفاده از پساب‌ها با فواید زیادی همراه است، اما در صورت عدم رعایت استانداردهای زیست محیطی، می‌تواند باعث سمیت گیاهان، تخریب ساختار خاک و آلوده کردن منابع آب سطحی و زیرزمینی شود. علاوه بر این، وجود عوامل میکروبی بیماری‌زا و فلزات سنگین، می‌تواند موجب آلودگی خاک و محصولات کشاورزی شود و به دنبال آن، بهداشت و سلامت عمومی را به مخاطره بیندازد. بنابراین، لازم است خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آن با استانداردهای ارایه شده بین‌المللی مطابقت داشته باشد (۸).

حاتمی و همکاران در پژوهشی به بررسی امکان استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه فاضلاب شهر بنجورد جهت مصارف کشاورزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که غلظت آلاینده‌های پساب خروجی با استانداردها مطابقت داشت، اما بالا بودن غلظت یون کلراید، کاربرد آن را برای انواع گیاهان دچار محدودیت نموده است (۴). مسجدی و همکاران خصوصیات فاضلاب تصفیه شده شهر رشت را برای استفاده مجدد در کشاورزی مورد بررسی قرار دادند (۹). Villamar و همکاران به ارزیابی استفاده مجدد از فاضلاب شهری در کشاورزی شیلی پرداختند و دریافتند که استفاده از پساب گزینه قابل قبولی برای آبیاری غلات، جنگل‌ها و مراتع می‌باشد (۱۰).

بررسی مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی برای غلبه بر مشکلات کم‌آبی، امری معمول و متداول است. بنابراین، با توجه به این که پساب خروجی از تصفیه‌خانه بروج در فصول آبیاری جهت آبیاری مزارع واقع در پایین‌دست تصفیه‌خانه با محصولات تولیدی سیب‌زمینی، یونجه و گندم مورد استفاده قرار می‌گیرد و در فصول دیگر در دشت‌های بروج رها و وارد رودخانه‌های پایین‌دست می‌گردد، در تحقیق حاضر به پایش پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب بروج از نظر برآوردن استاندارد خروجی فاضلاب و استانداردهای استفاده مجدد از پساب در کشاورزی پرداخته شد.

## روش‌ها

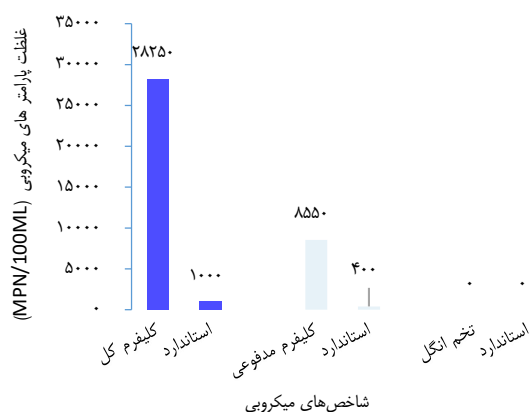
**محل مطالعه:** بروج یکی از شهرستان‌های استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد که در ارتفاع ۲۱۹۷ متری از سطح دریا قرار گرفته است. میزان بارندگی سالانه در این شهرستان به طور متوسط ۳۶۰ میلی‌متر و دارای آب و هوای سرد و خشک می‌باشد. تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بروج با مساحت ۸ هکتار و پوشش جمعیتی حدود ۶۲۸۰۶ نفر، ۱۱۴۰ مترمکعب فاضلاب را در شبانه‌روز به روش لجن فعال با هوادهی گسترده تصفیه می‌کند. موقعیت جغرافیایی این تصفیه‌خانه در شکل ۱ نشان داده شده است. این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی بود که به صورت مقطعی از مرداد سال ۱۳۹۸ تا دی ماه سال ۱۳۹۸ به منظور تعیین امکان استفاده از پساب تصفیه‌خانه بروج که جهت آبیاری مزارع تحت کشت گیاهان مقاوم همچون سیب‌زمینی، یونجه و گندم واقع در پایین‌دست تصفیه‌خانه مورد استفاده قرار گرفت، انجام گردید.

جدول ۱. روش اندازه‌گیری شاخص‌های مورد سنجش جهت بررسی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب بروجن

| شاخص                          | واحد                    | ابزار و روش                                                     | شماره روش (۱۲)                       |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| pH                            | -                       | دستگاهی                                                         | ۴۵۰۰-H <sup>+</sup> A                |
| COD                           | میلی گرم در لیتر        | تعیین COD به روش هضم برگشتی باز، روش فتومتر                     | ۵۵۲۰-B                               |
| BOD <sub>5</sub>              | میلی گرم در لیتر        | دستگاهی، ۵ روزه                                                 | ۵۲۱۰-B                               |
| TDS                           | میلی گرم در لیتر        | گراویمتری                                                       | ۲۵۴۰-C                               |
| EC                            | میکروزیمنس بر سانتی متر | دستگاهی                                                         | ۵۲۱۰-B                               |
| Na                            | میلی گرم در لیتر        | فلیم فتومتر                                                     | ۳۵۰۰-Na B                            |
| Mg                            | میلی گرم در لیتر        | تعیین کلسیم به روش حجم‌سنجی با استفاده از EDTA، تیترومتر        | ۳۵۰۰-Mg B                            |
| Ca                            | میلی گرم در لیتر        | تعیین کلسیم به روش حجم‌سنجی با استفاده از EDTA، تیترومتر        | ۳۵۰۰-Ca B                            |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | میلی گرم در لیتر        | تعیین نیتريت به روش رنگ‌سنجی با استفاده از NED                  | ۴۵۰۰-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | میلی گرم در لیتر        | تعیین نیترات به روش اسپکتروفتومتری ماوراء بنفش                  | ۴۵۰۰-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | میلی گرم در لیتر        | حجم‌سنجی                                                        | B ۲۳۲۰                               |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | میلی گرم در لیتر        | حجم‌سنجی                                                        | B ۲۳۲۰                               |
| Cl <sup>-</sup>               | میلی اکوالان در لیتر    | تعیین کلرید به روش آرژانومتری، تیترومتر                         | ۴۵۰۰-Cl <sup>-</sup> B               |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | میلی گرم در لیتر        | تعیین فسفر به روش مولیدات آمونیوم، اسپکتروفتومتری               | ۴۵۰۰-P D                             |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | میلی گرم در لیتر        | تعیین سولفات با روش وزن‌سنجی پس از سوزاندن رسوب، اسپکتروفتومتری | ۴۵۰۰-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> C |
| کدورت                         | NTU                     | کدورت به روش نفلومتری، کدورت‌سنج                                | ۲۱۳۰-B                               |
| قلیائیت                       | میلی گرم در لیتر        | حجم‌سنجی                                                        | B ۲۳۲۰                               |

COD: Chemical oxygen demand; BOD<sub>5</sub>: Biochemical oxygen demand-5; TDS: Total dissolved solids; EC: Electrical conductivity; EDTA: Ethylenediaminetetraacetic acid; NTU: Nephelometric Turbidity Unit; NED: N-(1-Naphtyl)-Ethylenediamine Dihydrochloride

شکل ۲ نتایج بررسی خصوصیات میکروبی پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب بروجن را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، در پساب مورد بررسی، غلظت کلیفرم‌های مدفوعی و کل کلیفرم‌ها بیش از مقدار استاندارد بود. در پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب بروجن تخم انگل روده‌ای شناسایی نشد.



شکل ۲. مقایسه غلظت شاخص‌های میکروبی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب بروجن با استاندارد سازمان محیط زیست ایران برای مصارف آبیاری و کشاورزی

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودار، از نرم‌افزارهای Excel و SPSS نسخه ۲۲ (IBM Corporation, Armonk, NY) استفاده شد. به منظور تعیین امکان استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب برای کشاورزی، داده‌های به دست آمده با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (IRNDOE) و سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی (FAO یا Food and Agriculture Organization) مقایسه گردید.

### یافته‌ها

به منظور بررسی قابلیت استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بروجن، جنبه‌های بهداشتی، فیزیکی و شیمیایی پساب خروجی اندازه‌گیری و با استانداردهای IRNDOE و FAO مقایسه گردید. غلظت شاخص‌های شیمیایی شامل pH، COD، BOD<sub>5</sub>، TDS، NO<sub>2</sub><sup>-</sup>، NO<sub>3</sub><sup>-</sup>، HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>، CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>، PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>، SAR، SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>، Na، Ca، Mg، Cl<sup>-</sup>، کدورت و قلیائیت و همچنین، مقایسه این مقادیر با استانداردهای مورد نظر در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون Kolmogorov-Smirnov نشان داد که داده‌های توزیع نرمال بود. نتایج آزمون t تک گروهی با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ حاکی از آن بود که میانگین به دست آمده برای شاخص‌های شیمیایی COD، BOD<sub>5</sub>، TDS، NO<sub>3</sub><sup>-</sup>، Cl<sup>-</sup> و Mg به طور معنی‌داری کمتر از استانداردهای مربوط به کاربرد پساب در کشاورزی است. میانگین غلظت کدورت از استاندارد تعیین شده برای این شاخص بیشتر، اما معنی‌دار نبود (P = ۰/۵۵۳).

جدول ۲. مقایسه کیفی پساب تصفیه‌خانه شهربروجن با استانداردهای کیفی فاضلاب‌های تصفیه شده مورد استفاده برای مصارف کشاورزی و آبیاری (۱۴، ۱۱)

| شاخص                          | واحد                    | ماه نمونه برداری |         |         |         |         | میانگین $\pm$ انحراف معیار | استاندارد IRNDOE | استاندارد FAO | مقدار P |
|-------------------------------|-------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------------|------------------|---------------|---------|
|                               |                         | مرداد            | شهریور  | مهر     | آبان    | آذر     |                            |                  |               |         |
| pH                            | –                       | ۷/۶۶             | ۷/۲۴    | ۷/۴۳    | ۷/۵۸    | ۷/۷۶    | ۷/۰۵۹/۲۲                   | ۸–۶/۵            | ۶/۸–۵         | –       |
| COD                           | میلی گرم در لیتر        | ۳۷/۵۰            | ۳۸/۵۳   | ۴۷/۶    | ۳۷/۱۳   | ۳۶/۶۶   | ۳۹/۴۱۹/۱۶                  | ۲۰۰              | –             | < ۰/۰۵۰ |
| BOD <sub>5</sub>              | میلی گرم در لیتر        | ۹/۶۶             | ۱۰/۰۰   | ۱۲/۳۳   | ۹/۳۳    | ۹/۳۳    | ۹/۱۳۹۹/۱۷                  | ۱۰۰              | –             | < ۰/۰۵۰ |
| TDS                           | میلی گرم در لیتر        | ۵۰۷/۰۰           | ۵۰۶/۰۰  | ۵۲۱/۰۰  | ۵۰۸/۰۰  | ۵۱۰/۰۰  | ۵۱۳/۸۱۷/۷                  | –                | ۴۵۰           | < ۰/۰۵۰ |
| EC                            | میکروزیمنس بر سانتی متر | ۱۱۳۰/۰۰          | ۱۱۳۱/۰۰ | ۱۰۷۵/۰۰ | ۱۰۷۹/۰۰ | ۱۱۳۵/۰۰ | ۱۱۱۴/۲۹۴/۴                 | –                | ۷۰            | < ۰/۰۵۰ |
| Na                            | میلی گرم در لیتر        | ۷۶/۰۰            | ۷۵/۰۰   | ۷۶/۰۰   | ۷۵/۵۰   | ۷۶/۰۰   | ۷۵/۰۳۶۹/۴                  | –                | –             | –       |
| Mg                            | میلی گرم در لیتر        | ۲۵/۲۰            | ۱۷/۹۴   | ۱۳/۰۷   | ۱۳/۲۸   | ۲۷/۲۱   | ۲۰/۶۱۱/۲                   | ۱۰۰              | –             | < ۰/۰۵۰ |
| Ca                            | میلی گرم در لیتر        | ۶۶/۸۰            | ۶۵/۰۰   | ۷۰/۸۷   | ۷۶/۱۳   | ۶۸/۶۰   | ۶۸/۴۱۹۲/۰۸۷                | –                | –             | –       |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | میلی گرم در لیتر        | ۰/۲۲             | ۰/۲۱    | ۰/۱۹۱   | ۰/۲۱    | ۰/۲۴    | ۰/۲۱۶/۰۱۶                  | –                | –             | –       |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | میلی گرم در لیتر        | ۳/۰۰             | ۲/۸۰    | ۳/۰۶    | ۲/۸۳    | ۳/۲۰    | ۰/۳۲/۱۵                    | –                | ۵             | < ۰/۰۵۰ |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | میلی گرم در لیتر        | ۴۵۶/۲۸           | ۴۳۰/۴۰  | ۴۳۱/۴۳  | ۴۱۶/۵۰  | ۴۳۴/۳۲  | ۴۳۲/۱۳۴/۲۶                 | –                | –             | –       |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | میلی گرم در لیتر        | ۰                | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       | ۰                          | –                | –             | –       |
| Cl <sup>-</sup>               | میلی اکی والان در لیتر  | ۱۱۷/۲۵           | ۱۱۷/۸۴  | ۱۲۵/۲۴  | ۱۱۶/۶۰  | ۱۱۷/۹۰  | ۱۱۸/۳۱۸/۱۹                 | ۶۰۰              | ۴             | < ۰/۰۵۰ |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | میلی گرم در لیتر        | ۱/۰۲             | ۱/۰۸    | ۱/۰۱۵   | ۰/۸۰    | ۱/۰۲    | ۰/۰۳۹۹/۰۹۷                 | –                | –             | –       |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | میلی گرم در لیتر        | ۳۲/۳۳            | ۴۲/۶۶   | ۶۰/۳۳   | ۳۷/۰۶   | ۴۴/۰۰   | ۴۳/۹۱۱/۴۹                  | ۵۰۰              | –             | < ۰/۰۵۰ |
| SAR                           | –                       | ۲/۰۰             | ۲/۱۲    | ۲/۱۷    | ۲/۰۹    | ۱/۹۴    | ۲/۰۳۰۶/۰۸۲                 | –                | ۳             | –       |
| کدورت NTU                     | –                       | ۳۴/۶۶            | ۴۰/۰    | ۵۵/۰۰   | ۴۹/۰۰   | ۷۴/۰۰   | ۵۴/۱۶۳۷/۴۷                 | ۵۰               | –             | ۰/۵۵۳   |
| قلیائیت                       | میلی گرم در لیتر        | ۳۷۴/۰۰           | ۳۵۶/۰۰  | ۳۵۳/۰۰  | ۳۴۰/۰۰  | ۳۵۴/۰۰  | ۳۵۴/۱۱۳۷/۲۸                | –                | –             | –       |
| کادمیوم                       | میلی گرم در لیتر        | ۰/۰۱             | –       | –       | ۰/۰۳    | –       | ۰/۰۰۶ $\pm$ ۰/۰۳۲          | ۰/۰۵             | ۰/۰۱          | ۰/۰۴۳   |
| مس                            | میلی گرم در لیتر        | ۰                | –       | –       | ۰/۰۱    | –       | ۰/۰۰۵ $\pm$ ۰/۰۰۸۲         | ۰/۲              | ۰/۲           | ۰/۰۱۷   |
| سرب                           | میلی گرم در لیتر        | ۰/۱۳             | –       | –       | ۰/۱۴    | –       | ۰/۱۳۵ $\pm$ ۰/۰۰۸          | ۱                | ۵             | ۰/۰۰۴   |
| روی                           | میلی گرم در لیتر        | ۰/۰۶             | –       | –       | ۰/۰۵    | –       | ۰/۰۵۶ $\pm$ ۰/۰۰۳۷         | ۲                | ۲             | ۰/۰۰۱   |
| کبالت                         | میلی گرم در لیتر        | ۰                | –       | –       | ۰/۰۱    | –       | ۰/۰۰۰۷ $\pm$ ۰/۰۰۱۲        | ۰/۰۵             | ۰/۰۵          | ۰/۰۰۸   |
| آهن                           | میلی گرم در لیتر        | ۰/۲۱             | –       | –       | ۰/۲۳    | –       | ۰/۲۱ $\pm$ ۰/۰۱۱۱          | ۳                | ۵             | ۰/۰۰۲   |
| نیکل                          | میلی گرم در لیتر        | ۰                | –       | –       | ۰       | –       | ۰                          | ۲                | ۰/۲           | –       |

COD: Chemical oxygen demand; BOD<sub>5</sub>: Biochemical oxygen demand-5; TDS: Total dissolved solids; EC: Electrical conductivity; FAO: Food and Agriculture Organization; NTU: Nephelometric Turbidity Unit

## بحث

پساب خروجی از تصفیه‌خانه بروجن در فصول آبیاری جهت استفاده کشاورزان واقع در پایین‌دست تصفیه‌خانه (مزارع فرادنبه) با محصولات تولیدی (سیب‌زمینی، یونجه و گندم) قرار می‌گیرد و در فصول دیگر در دشت‌های بروجن رها و وارد رودخانه‌های پایین‌دست می‌شود. استفاده از پساب فاضلاب در بخش کشاورزی اغلب به صورت غرقابی و در تماس مستقیم با گیاه می‌باشد. بنابراین، لازم است مطلوب یا نامطلوب بودن کیفیت پساب این تصفیه‌خانه جهت مصارف کشاورزی از طریق مقایسه با جداول راهنمای ارزیابی کیفیت آب آبیاری تعیین گردد.

مقادیر pH پساب تصفیه‌خانه بروجن (۷/۲۴-۷/۸۵) در طول نمونه‌برداری در محدوده استانداردهای FAO و محیط زیست قرار داشت و تأثیر قابل توجهی بر خاک یا محیط گیرنده نداشت. pH در این محدوده، برای رشد باکتری‌های مفید در تصفیه بیولوژیکی مانند باکتری‌های هتروتروف مناسب است و تأثیری بر روی خاک و رشد گیاه ندارد (۱۵). pH بر میزان جذب جمعیت میکروبی و pH خاک، و همچنین، گیاهان تأثیر دارد. pH کمتر از ۶/۵ در شستشوی فلزات سنگین و جذب آن‌ها توسط گیاه اثر می‌گذارد (۱۱). عسگری و الباجی در پژوهش خود، میانگین pH تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرکرد را ۷/۶۵ گزارش نمودند که در محدوده استانداردهای معتبر قرار داشت (۱۶).

میانگین کدورت در پساب خروجی مورد بررسی بالاتر از استاندارد محیط‌زیست بود. این افزایش می‌تواند ناشی از بارش نزولات جوی باشد و همچنین، فرایند و راهبری تصفیه می‌تواند بر این عامل تأثیر بگذارد. وجود ذرات معلق معدنی و آلی در پساب تصفیه شده می‌تواند باعث انسداد خلل و فرج خاک به ویژه در لایه‌های سطحی و در نتیجه، کاهش هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری خاک شود (۱۷). مطالعات انجام شده در این زمینه نتایج مشابهی در خصوص شاخص مذکور ارائه نموده‌اند (۱۸، ۱۶).

طبق استانداردهای تصفیه فاضلاب شهری، هر تصفیه‌خانه باید بتواند آلاینده‌های موجود در فاضلاب از جمله  $BOD_5$  و COD را حداقل ۸۵ درصد کاهش دهد. با توجه به میزان ورودی  $BOD_5$  و COD که به ترتیب ۱۰۲/۳۳ و ۲۱۸/۰۰ میلی‌گرم در لیتر و میزان خروجی، این تصفیه‌خانه توانایی کاهش ۸۵ درصدی میزان این شاخص‌ها را دارد. بر اساس استاندارد محیط زیست، مقادیر  $BOD_5$  پساب کمتر از حد مجاز استاندارد (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. همچنین، COD پساب خروجی تصفیه‌خانه بروجن کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مطابق استاندارد محیط‌زیست و مناسب برای آبیاری در کشاورزی گزارش گردید. تحقیقات مختلف در زمینه بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب از نظر  $BOD_5$  و COD نتایج مشابه و مطابق با استانداردهای استفاده مجدد از پساب در کشاورزی را ارائه نمودند (۲۰، ۱۹).

میانگین TDS در پساب خروجی بر اساس استاندارد FAO و تطبیق با درجات شدت محدودیت در استفاده از پساب در آبیاری، در گروه محدودیت کم یا متوسط (۲۰۰-۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر) قرار داشت (۲۱). نتایج پژوهش Bedbabis و همکاران در ایتالیا نشان داد که آبیاری طولانی مدت با پساب دارای غلظت بالای TDS، موجب افزایش قابل توجه Electrical Conductivity (EC) می‌شود (۲۲). صفا و همکاران گزارش کردند که TDS پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان در مقایسه با استاندارد FAO از نظر

محدودیت کاربرد در رده کم تا متوسط قرار داشت (۲۳) که با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی داشت.

بررسی میزان EC در پساب مورد بررسی نشان داد که میانگین EC به دست آمده بیشتر از استاندارد FAO بود و تطبیق با درجات محدودیت کاربرد پساب در آبیاری حاکی از آن بود که این مقدار در گروه محدودیت کم‌شور و قابل قبول قرار داشت (۲۱). این محدوده در درازمدت باعث شوری خاک و بروز مشکلات در گیاهان حساس می‌شود، اما برای گیاهان مقاوم (گندم، یونجه، سیب‌زمینی، چغندر و چغندرقد) محدودیتی ندارد (۲۴). نتایج تحقیق هاشمی و همکاران نشان داد که میانگین EC پساب خروجی تصفیه‌خانه شمال اصفهان برای آبیاری نامناسب و پساب تصفیه‌خانه جنوب اصفهان در محدوده مجاز برای مصارف کشاورزی بوده است (۱۹). در واقع، میزان شاخص EC ناشی از کیفیت آب است و فرایند تصفیه‌خانه بر آن مؤثر نمی‌باشد.

سدیم به دلیل تأثیر بر روی خاک، یکی از مهم‌ترین کاتیون‌ها در آب به شمار می‌رود. چنانچه بیش از ۱۰ درصد میزان کاتیون‌های جذب شده توسط خاک مربوط به سدیم باشد، ذرات خاک پراکنده می‌شود و در نتیجه، باعث کاهش نفوذپذیری خاک و به دنبال آن، شیوع بیماری‌های ریشه و گیاه می‌شود. به همین دلیل، محتوای سدیم در تعیین کیفیت آب‌های مورد استفاده در آبیاری حایز اهمیت است (۴). پساب مورد بررسی از نظر سدیم در گروه محدودیت کاربرد کم یا متوسط قرار داشت که در صورت کاربرد این پساب برای آبیاری، خطر آن برای خاک اندک می‌باشد (۲۱). بر اساس نتایج پژوهش صفا و همکاران، پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان از نظر شاخص سدیم دارای محدودیت کاربرد کم تا متوسط بود (۲۳). Bedbabis و همکاران به این نتیجه دست یافتند که آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده، موجب تجمع سدیم در خاک پس از ۵ و ۱۰ سال می‌شود، اما مسأله جدی نیست (۲۲).

میانگین غلظت منیزیم در پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب بروجن کمتر از حداکثر مجاز استاندارد محیط زیست (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و برای مصارف آبیاری و کشاورزی مناسب بود. نتایج مطالعات انجام شده نشان داد که میانگین غلظت پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های مورد بررسی با استانداردهای کشاورزی مطابقت دارد (۲۵، ۱۶).

مطمئن‌ترین شاخص تعیین میزان تأثیر آب آبیاری بر افزایش سدیم خاک SAR است. بر اساس استاندارد FAO، این پساب از نظر SAR در گروه آب‌های عالی (بیشتر از ۱۰) برای آبیاری قرار داشت و برای هر نوع گیاهی بی‌ضرر می‌باشد (۲۶). هاشمی و همکاران با انجام تحقیق خود به این نتیجه دست یافتند که پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان از لحاظ SAR بر اساس تقسیم‌بندی FAO برای آبیاری در حد خوب است (۱۹).

کلرور یکی از یون‌هایی است که در ایجاد سمیت برای گیاهان نقش دارد (۴). بر اساس استاندارد محیط زیست، حداکثر مجاز یون کلرور برای آبیاری باید کمتر از ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد. بنابراین، پساب تصفیه‌خانه بروجن از نظر میزان یون کلراید برای آبیاری در کشاورزی مناسب می‌باشد. همچنین، بر اساس استاندارد FAO، این پساب در گروه آب‌های خوب (۱۴۰-۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر) قرار داشت و استفاده از آن در آبیاری گیاهان حساس بلامانع است (۲۱). بهرامی و همکاران گزارش کردند که پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد از لحاظ یون کلرور مطابق با استاندارد IRNDOE جهت آبیاری است (۲۷).



در استفاده مجدد از فاضلاب، بررسی غلظت نوترینت‌ها (نیتروژن و فسفر) حایز اهمیت است؛ چرا که این دو یون مسؤول ایجاد نیتریفیکاسیون در آب‌های سطحی هستند. همچنین، در صورت نفوذ فاضلاب تصفیه شده به زمین، مقدار نترات آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد و استفاده از این آب‌ها را برای مصارف شهری دچار مشکل می‌سازد. با این حال، از نظر کاربرد آن در کشاورزی، محدودیتی وجود ندارد و از طرف دیگر، باعث تقویت رشد گیاهان می‌شود و بر اکوسیستم خاک تأثیر منفی باقی نمی‌گذارد (۴).

در پژوهش حاضر، غلظت نترات و نیتريت کمتر از حداکثر مجاز برای تخلیه به آب‌های سطحی بود. مطالعات انجام شده در این زمینه نتایج مشابهی از نظر برآورده شدن استاندارد شاخص مذکور ارائه داده‌اند (۲۵، ۲۳، ۱۸). طبق استاندارد IRNDOE، حداکثر مقدار مجاز سولفات در پساب برای مصارف کشاورزی ۵۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. بنابراین، پساب مورد بررسی از نظر سولفات برای مصارف کشاورزی و آبیاری قابل استفاده می‌باشد. بهرامی و همکاران گزارش کردند که کیفیت پساب تصفیه‌خانه یزد از نظر سولفات، با استانداردهای IRNDOE مطابقت دارد (۲۷).

میانگین غلظت  $\text{HCO}_3^-$  در پساب خروجی تصفیه‌خانه بروجن طبق استاندارد FAO در گروه محدودیت کم یا متوسط (۵۰۰-۹۰۰ میلی گرم در لیتر) قرار داشت و در این محدوده اثری بر روی خاک و گیاه ندارد (۱۹). آب‌هایی با غلظت بالای کربنات و بی‌کربنات، منجر به احیای منیزیم و رسوب کلسیم موجود در خاک می‌شوند و میزان کلسیم قابل تعویض در خاک کاهش و به دنبال آن، سدیم خاک افزایش می‌یابد و در نتیجه، تأثیر منفی بر روی رشد گیاه خواهد گذاشت (۷). FAO و سازمان حفاظت محیط زیست برای میزان کربنات و قلیابیت در مصارف کشاورزی محدودیتی تعیین نکرده است، اما با توجه به این که قلیابیت از نوع بی‌کربنات است، صفا و همکاران در بررسی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان نتایج مشابهی را گزارش نمودند (۲۳).

بررسی غلظت فلزات سنگین در پساب خروجی محل مورد مطالعه نشان داد که غلظت کلیه فلزات سنگین مورد بررسی کمتر از حد مجاز تعیین شده برای این فلزات بود. در تحقیق ناصری و همکاران مشخص گردید که پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اردبیل از نظر فلز سرب با استاندارد IRNDOE در زمینه استفاده مجدد مطابقت داشت، اما به دلیل اثر تجمعی، اولویت اول با آبیاری گیاهان صنعتی غیر خوراکی است (۲۰). با این حال، آبیاری طولانی مدت با پساب، باعث افزایش آلودگی لایه‌های سطحی خاک می‌شود. با توجه به این که فلزات در خاک به دو حالت پیوندی با ذرات خاک (ثابت) و یا به حالت آزاد (دارای تحرک) هستند، آبیاری طولانی مدت با پساب، باعث افزایش آلودگی لایه‌های سطحی خاک می‌شود (۲۴).

میانگین غلظت کلیفرم‌های مدفوعی و کلیفرم کل در ۱۰۰ میلی لیتر از پساب تصفیه‌خانه مورد نظر به ترتیب ۸۵۵۰ و ۲۸۲۵۰ عدد بود. در پساب مورد بررسی، تخم انگل شناسایی نشد و شاخص Engelberg را برآورده می‌نماید

(۲۸). طبق رهنمودهای IRNDOE، استفاده از پساب تصفیه‌خانه بروجن برای آبیاری زمین‌های کشاورزی از لحاظ تخم انگل مشکلی ایجاد نمی‌کند، با این حال کلیفرم‌های کل و مدفوعی بیشتر از مقدار حداکثر مجاز استاندارد محیط زیست بود و کاربرد آن را دچار محدودیت می‌کند. رازقی خمسه‌ای و همکاران با انجام پژوهشی به این نتیجه دست یافتند که تعداد کلیفرم‌های کل و مدفوعی فاضلاب فیروزآباد بیش از استانداردهای IRNDOE بود و نباید برای آبیاری زمین‌های کشاورزی بدون تصفیه استفاده شود (۱۵). مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که میانگین کلیفرم‌های کل و مدفوعی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب محل مورد بررسی با استانداردهای IRNDOE مطابقت ندارد (۲۰). جهت کاربرد فاضلاب برای آبیاری در کشاورزی، اغلب نوع محصول (از لحاظ خوراکی یا غیر خوراکی) تعیین‌کننده استانداردهای میکروبی و حداقل تصفیه لازم می‌باشد. برای آبیاری محصولات خوراکی، فاضلاب مورد استفاده باید مراحل تصفیه اولیه و ثانویه را گذرانده باشد (۲۹). بنابراین، در صورت استفاده از این پساب برای آبیاری محصولات خوراکی، تصفیه بیشتری لازم است که می‌توان با استفاده از روش‌هایی شامل گندزدایی با اشعه ماورای بنفش، ذخیره‌سازی پساب در مخازن و فیلتراسیون کیفیت میکروبی پساب را افزایش داد (۳۰).

### نتیجه‌گیری

استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، در صورت انطباق آن‌ها با استانداردهای کیفی، می‌تواند نیازهای آب، خاک، و کود را در کشاورزی تأمین کند. بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، مشخص گردید که غلظت آلاینده‌های شیمیایی در پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب بروجن مطابق با استانداردهای مربوط به مصارف آبیاری و کشاورزی بود. شاخص‌های شوری، کل جامدات محلول و میزان قلیابیت بی‌کربنات در گروه‌های محدودیت کم یا متوسط قرار گرفتند. از نظر میزان کدورت در ماه‌های پربارش، باید تمهیداتی اندیشیده شود. پساب مورد بررسی از نظر بیولوژیکی دارای محدودیت‌هایی برای استفاده مجدد در کشاورزی می‌باشد و برای استفاده از این پساب جهت آبیاری محصولات کشاورزی به ویژه سبزی‌ها و صیفی‌جاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند، تصفیه بیشتر و راهبری مناسب نیاز است. در این صورت، این پساب می‌تواند جایگزین مطلوبی به منظور تأمین نیازهای آبی بخش کشاورزی بروجن باشد.

### تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط با شماره ۳۲۰۳، مصوب دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد می‌باشد. بدین وسیله از حمایت مالی معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه و تمامی کسانی که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

### References

- Angelakis A, Do Monte M, Bontoux L, Asano T. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: Need for guidelines. Water Res 1999; 33(10): 2201-17.
- Agrafioti E, Diamadopoulos E. A strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete. Agric Water Manag 2012; 105: 57-64.
- Wu C, Maurer C, Wang Y, Xue S, Davis DL. Water pollution and human health in China. Environ Health

- Perspect 1999; 107(4): 251-6.
4. Hatami T, Nadali A, Roshanaei G, Shokoohi R. Feasibility of reuse of effluent from the extended aeration process of wastewater treatment plant in the Bojnoord city for agricultural and irrigation uses. *Pajouhan Scientific Journal* 2018; 16(3): 20-8. [In Persian].
  5. Pedrero F, Kalavrouziotis I, Alarcón JJ, Koukoulakis P, Asano T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture- review of some practices in Spain and Greece. *Agric Water Manag* 2010; 97(9): 1233-41.
  6. Scott CA, Drechsel P, Raschid-Sally L, Bahri A, Mara D, Redwood M, et al. Wastewater irrigation and health: Challenges and outlook for mitigating risks in low-income countries. In: Drechsel P, Scott CA, Raschid-Sally, Liqa; Redwood, M.; Bahri, Akissa, editors. *Wastewater irrigation and health: Assessing and mitigating risk in low-income countries*. London, UK: Earthscan; 2010. p. 381-94.
  7. Aghababaei N. Feasibility of reuse of wastewater Tafresh's Municipal sewage treatment plant in agriculture. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 2020; 13(6): 1774-82. [In Persian].
  8. Elia VJ, Clark CS, Majeti VA, Gartside PS, MacDonald T, Richdale N, et al. Hazardous chemical exposure at a municipal wastewater treatment plant. *Environ Res* 1983; 32(2): 360-71.
  9. Masjedi A, Jafarzadehaghghi N, Kalantarzadeh SS. Reuse of treated municipal wastewater for agricultural purposes. *Proceedings of Regional Conference on Water Crisis and Drought*; 2009 May 20; Rasht, Iran. [In Persian].
  10. Villamar C-A, Vera-Puerto I, Rivera D, De la Hoz F. Reuse and recycling of livestock and municipal wastewater in Chilean agriculture: A preliminary assessment. *Water* 2018; 10(6):817.
  11. Salehi Vaziri A, Zarei Mahmoudabadi H. Feasibility of using dried sludge from wastewater treatment plant in Yazd for agricultural purposes based on environmental protection agency standards. *J Environ Health Sustain Dev* 2016; 1(2): 100-8.
  12. Eaton AD, Clesceri LS, Franson MAH, Rice EW, Greenberg AE, et al. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
  13. Derayat J, Almasi A, Sharafi K, Meskini H. A comparison of the efficiency of natural wastewater treatment plants in removal of protozoan cysts and parasitic eggs. *Water and Wastewater* 2013; 24(2): 11-8. [In Persian].
  14. Mohammadi P. An overview of standards and experiences of using effluents for irrigation. Tehran, Iran: Environmental Impact Working Group of the National Irrigation and Drainage Committee of Iran; 2001. [In Persian].
  15. Razeghi Khamsei B. Effects of the transfer of surface water from the East to the West Tehran on groundwater quality [Thesis]. Tehran, Iran: Faculty of Medical Sciences: Tarbiat Modares University; 1999. p. 60-70. [In Persian].
  16. Asgari A, Albagi M. Investigation of the possibility of using of wastewater for agriculture (Case study: Shahrekord's municipal sewage treatment plant). *Journal of Water and Soil Conservation* 2017; 24(2): 303-8. [In Persian].
  17. Yazdane V, Ghahreman B, Davudee K, Fazeli E. The effect of waste water on physical and chemical features of soil. *Journal of Environmental Science and Technology* 2014; 16(1): 543-58. [In Persian].
  18. Anbir I, NOORI Z. Investigation of Effluent Quality of Ekbatan wastewater treatment plant for farm and green space irrigation. *Journal of Land Management* 2018; 6(1): 95-102. [In Persian].
  19. Hashemi H, Ebrahimi A, Khodabakhshi A. Survey on reuse of Isfahan wastewater treatment plants effluent in restricted irrigation. *J Health Syst Res* 2014; 10(2): 326-34. [In Persian].
  20. Naseri S, Sadeghi T, Vaezi F, Nadafi K. Evaluation of possible options for reuse of Ardebil wastewater treatment plant effluent. *Iran J Environ Health Sci Eng* 2008; 5(4): 297-304. [In Persian].
  21. Ayers RS, Westcot DW. *Water quality for agriculture*. FAO irrigation and drainage, Paper 29. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization; 1985.
  22. Bedbabis S, Trigui D, Ben Ahmed C, Clodoveo ML, Camposeo S, Vivaldi GA, et al. Long-terms effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil, yield and olive oil quality. *Agric Water Manag* 2015; 160: 14-21.
  23. Safa F, Malakoutian M, Kurd Mustafapour F. Investigation of the possibility of using the effluent of Kerman wastewater treatment plant in agriculture. *Iranian Journal of Water Research in Agriculture* 2014; 28(1): 119-28. [In Persian].
  24. Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision of Islamic Republic of Iran. *Environmental criteria of treated waste water and return flow reuse*. Tehran, Iran: Office of Deputy for Strategic Supervision, Ministry of Energy of Islamic Republic of Iran; 2010. [In Persian].
  25. Pirsaeheb M, Sharafi K, Dogaohar K. Comparison of Mashhad Aolang wastewater treatment plant effluent with wells water quality for irrigation. *J Water and Wastewater* 2013; 23(84): 116-21.



26. Zazouli M, Bazrafshan E. Water and wastewater technology. Tehran, Iran: Samat Publications; 2009. p. 282-3. [In Persian].
27. Bahrami S, Sodaeizadeh H, Irannejad Parizi MH, Sotoudeh A. Feasibility and risk assessment of the use of treated wastewater in agriculture (Case study: Yazd wastewater treatment plant). Environmental Science and Bioengineering 2018; 4(1): 25-34. [In Persian].
28. Khamirchi RA. A review of microbiological standards for effluent application in irrigation. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> National Seminar on the Status of Recycled Water and Wastewater in Water Resources Management; 2010 Oct 20; Mashhad, Iran. [In Persian].
29. Eddy CACC, Asano T, Burton FL, Leverenz HL, Tsuchihashi R, Tchobanoglous G. Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications. New York, NY: McGraw-Hill Education; 2007.
30. Farhadkhani M, Nikaeen M, Yadegarfar G, Mohammadi-Moghadam f. Evaluation of the microbiological quality of wastewater effluent-irrigated maize. Sci J Kurdistan Univ Med Sci 2020; 24(6): 93-105. [In Persian].