

بررسی کیفیت پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند به منظور استفاده در کشاورزی و آبیاری فضای سبز  
(مطالعه موردی تصفیه‌خانه آب شهر سنندج)

خهبات انصاری و معصومه حیدری

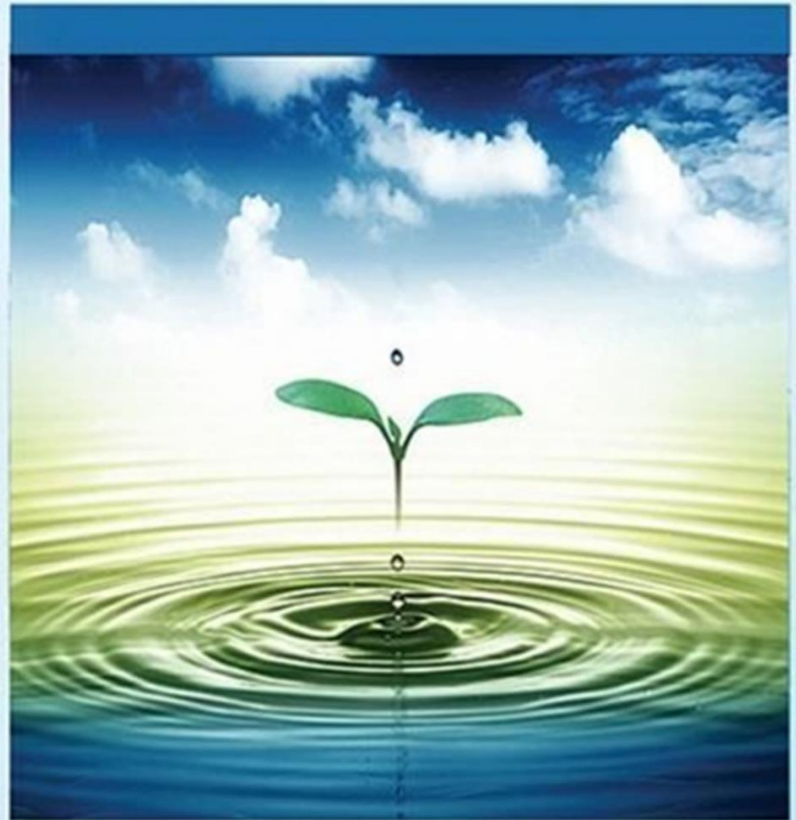
دوره ۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۲۴-۱۴

Vol. 7(1), Spring 2021, 14-24

DOI: 10.22034/jewe.2020.247203.1417

**Survey of Backwash Water Quality from  
Rapid Sand Filters in Order to Reuse in  
Agriculture and Irrigation of Green Space  
(Case Study of Sanandaj Water Treatment  
Plant)**

**Ansari, K., and Heidari, M.**



[www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

انصاری خ. و حیدری م. (۱۴۰۰). بررسی کیفیت پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند به منظور استفاده در کشاورزی و آبیاری فضای سبز (مطالعه موردی تصفیه‌خانه آب شهر سنندج). محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۷، شماره ۱، صفحات: ۲۴-۱۴.

**Citing this paper:** Ansari, K., and Heidari, M. (2021). Survey of backwash water quality from rapid sand filters in order to reuse in agriculture and irrigation of green space (case study of Sanandaj water treatment plant). Environ. Water Eng., 7(1), 14-24. DOI: 10.22034/jewe.2020.247203.1417.

## مقاله پژوهشی

## بررسی کیفیت پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند به منظور استفاده در کشاورزی و آبیاری فضای سبز (مطالعه موردی تصفیه‌خانه آب شهر سنندج)

خه‌بات انصاری<sup>۱</sup> و معصومه حیدری<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>گروه عمران، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران  
<sup>۲</sup>گروه محیط‌زیست و شیلات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

\*نویسنده مسئول: heidari@iausdj.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۸/۲۷]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۷/۲۳]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۶/۱۸]

### چکیده

پساب حاصل از شستشوی معکوس صافی‌های مورد استفاده در تصفیه آب را می‌توان به‌عنوان یکی از منابع بالقوه برای استفاده مجدد جهت کاربردهای مختلف به شرط داشتن کیفیت موردنیاز در نظر گرفت. هدف از پژوهش حاضر تعیین کیفیت پساب حاصل از شستشوی معکوس صافی‌های شنی تند تصفیه‌خانه آب شهر سنندج برای استفاده مجدد از آن بود. بدین منظور، در دو فصل پرآب و کم آب از پساب فازهای ۱ و ۲ تصفیه‌خانه آب نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد برای کاربری‌های آب شرب، کشاورزی و فضای سبز بررسی و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های t تک نمونه‌ای و t مستقل تحلیل شدند. نتایج نشان داد مقدار میانگین کلیه پارامترهای بررسی‌شده در پساب حاصل از شستشوی معکوس صافی‌های تصفیه‌خانه فازهای شماره ۱ و ۲ کمتر از استاندارد مصارف کشاورزی و فضای سبز بود. در مقایسه با استاندارد آب شرب مشخص شد تنها میانگین پارامترهای کدورت (۴۸ NTU در فاز ۱ و ۴۵ NTU در فاز ۲)، کل کلیفرم (۴ MPN برای فاز ۱ و ۶ MPN برای فاز ۲) و کلیفرم مدفوعی (برای هر دو فاز ۱ MPN) در پساب به‌طور معناداری بیش‌تر از حد استاندارد قرار داشت ( $p < 0.05$ ). نتایج همچنین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین پارامترهای بررسی‌شده در پساب تصفیه‌خانه در دو فاز ۱ و ۲ و فصول پاییز و زمستان وجود ندارد ( $p < 0.05$ ). در نهایت مشخص شد امکان استفاده از پساب حاصل جهت کاربری کشاورزی و فضای سبز وجود دارد، اما امکان استفاده از آن برای کاربری شرب تنها با انجام تصفیه مقذور است.

**واژه‌های کلیدی:** استفاده مجدد؛ پساب؛ تصفیه‌خانه آب؛ سنندج؛ صافی شنی تند.

## ۱- مقدمه

آب به‌عنوان یکی از عناصر اساسی کره زمین حضور غیرقابل انکاری در استمرار حیات زیست‌مندان بر پهنه خاک دارد. بدیهی است بی‌توجهی به بهداشت و سلامت آب می‌تواند مشکلات محیط‌زیستی و بهداشتی فراوان در پی داشته باشد. آنچه اهمیت دارد این است که انسان باید تلاش نماید منابع اندک آب قابل‌استفاده را حفاظت و از آلودگی‌ها مصون بدارد. آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالت متحده آمریکا (USEPA) برآورد کرده است که تقریباً یک سوم جریان آب جهان به‌طور مشخص آلوده بوده و در نتیجه اصل کیفیت بر هم زده شده است (Hoseini et al. 2014).

محدودیت منابع آب و توزیع فصلی نامناسب بارندگی در ایران طوری است که باید منابع آب سطحی و زیرزمینی موجود را به‌خوبی شناسایی و ارزیابی کرده و با برنامه‌ریزی دقیق، بهره‌برداری صحیح از آن‌ها صورت گیرد (Panahi Shariat 2016). آب‌های سطحی به‌علت گذر از مناطق مختلف، معمولاً حاوی مواد معلق و کلوئیدی هستند. برای حذف این مواد، از فرآیند زلال‌سازی و صاف‌سازی استفاده می‌شود (AWWA and ASCE 2000). صاف‌سازی آب عبارت است از جداسازی جامد - مایع که در آن سیال از داخل یک بستر شامل مواد متخلخل عبور می‌کند تا مواد جامد معلق آن حذف گردند. جمع شدن ذرات معلق در خلل و فرج صافی، باعث افزایش افت فشار می‌شود که اگر این افت فشار از حد معینی تجاوز نماید، باید صافی را شستشو داد (Shadman et al. 2016). طی این کار ناخالصی‌های انباشته‌شده که شامل مواد کلوئیدی، فلزات غیر آلی مانند آلومینیوم و آهن و دیگر ناخالصی‌هاست، توسط آب مصرف‌شده برای شستشوی معکوس از صافی خارج می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که در آب مصرفی شستشوی معکوس، پاتوژن‌هایی مثل ژیا‌ردیا و کریپتوسپوریدیوم و زئوپلانکتون‌هایی مثل نماتد و نیز پیش‌سازهای سنتز محصولات جانبی وجود دارد؛ بنابراین چرخه استفاده مستقیم از آب شستشوی معکوس با توجه به غلظت آلاینده‌های موجود در آن می‌تواند کیفیت آب خروجی نهایی را به خطر بیندازد و در نتیجه این آب عملاً از چرخه آب‌های تصفیه‌شده خارج می‌شود (Atabakhsh et al. 2018). در پژوهشی که توسط Weiyang et al. (2010) صورت گرفت تصفیه پساب

حاصل از شستشوی صافی شنی تند با استفاده از غشاء سرمایی مونولیت مورد مطالعه قرار گرفت. پژوهش‌ها نشان داد این صافی سرمایی برای جریان‌هایی با آهنگ  $4 \text{ m/day}$  بسیار خوب و با ثبات عمل کرده، همچنین در جریان‌هایی با آهنگ  $2 \text{ m/day}$  زمانی که ترکیبی از پساب شستشوی معکوس و لجن رسوب‌کرده با هم وارد این غشا سرمایی می‌شوند عملکرد این سیستم تصفیه نیز قابل‌قبول و با ثبات است به‌گونه‌ای که مقدار مواد آلاینده در آب عبوری از صافی سرمایی بسیار اندک و در حد استاندارد آب آشامیدنی است (Weiyang et al. 2010).

در پژوهش دیگری (Shadman et al. 2016) با استفاده از بررسی نمودارهای کدورت بر حسب زمان در حین عملیات شستشو به بهینه‌سازی عملیات شستشوی معکوس سه صافی شنی ثقلی با ذرات شن از جنس کوارتز پرداختند. بدین ترتیب که با تفاضل کدورت بیشینه طی عملیات شستشوی معکوس با کدورت در زمان شروع شستشو، کارایی عملیات شستشو مورد ارزیابی قرار گرفت. هم‌چنین کاهش مصرف آب حین عملیات شستشو نیز مد نظر قرار گرفت. نتایج نشان داد در عملیات شستشوی که باز شدن صافی  $0.1$ ،  $0.2$ ،  $0.3$  و  $0.4$  به‌طور نهایی  $8 \text{ min}$  به طول انجامد، بیش‌ترین میزان تفاضل کدورت مشاهده می‌شود. این موضوع نشان‌دهنده الگوی بهینه شستشو است. به‌عبارت‌دیگر با تغییر زمان هوادهی در عملیات شستشوی معکوس می‌توان الگوی بهینه برای شستشوی صافی‌ها ارائه کرد و از هدر رفت زیاد آب جلوگیری نمود (Shadman et al. 2016).

در پژوهشی که توسط Shirzadi et al. (2015) صورت گرفت درصد حذف پارامترها نسبت به زمان در پساب حاصل از شستشوی معکوس صافی با سه روش میکروصاف‌سازی، اولترافصاف‌سازی و روش ترکیبی میکروصاف‌سازی، اولترافصاف‌سازی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ترکیب میکروصافی و اولترافصافیون قادر است پارامترهای کدورت، MPN، COD، TSS و آهن را به ترتیب برابر  $99/9$ ،  $100$ ،  $61/5$ ،  $99/9$ ،  $98/8$ ٪ کاهش دهد و قابلیت خوبی برای تصفیه این پساب دارد.

نتایج برخی از مطالعات نشان می‌دهد که پساب حاصل از شستشوی معکوس صافی‌ها را می‌توان با تصفیه جزئی و



## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

تصفیه‌خانه آب شهر سنندج شامل دو قسمت به صورت فاز ۱ (قدیم) و فاز ۲ (جدید) می‌باشد که جنب منطقه منفصل شهری ننه واقع شده است. منبع آب خام تصفیه‌خانه از سد قشلاق با حداکثر گنجایش  $224 \text{ MCM}$  است که به وسیله کانال سربسته و لوله فولادی به صورت ثقلی به تصفیه‌خانه آب منتقل می‌گردد. در حال حاضر دبی آب ورودی به تصفیه‌خانه سالانه حدود  $50 \text{ Mm}^3$  است. حجم پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند در تصفیه‌خانه فاز ۱ در حدود  $3/2\%$  و در فاز ۲ در حدود  $5/1\%$  آب ورودی به تصفیه‌خانه برآورد شده، یعنی بیش از  $2/1 \text{ Mm}^3/\text{yr}$  که پساب حاصل عملاً از مدار تصفیه خارج و هدر می‌رود. مشخصات فاز ۱ و ۲ تصفیه‌خانه در جدول (۱) نمایش داده شده است.

### ۲-۲ روش نمونه برداری

در این پژوهش با داشتن شناخت کامل نسبت به تصفیه‌خانه آب شهر سنندج نمونه برداری از پساب حاصل از شستشوی صافی شنی که از آغاز فصل تابستان تا پایان فصل پاییز سال ۹۸ در محل ساختمان صافسازی تصفیه‌خانه از پساب خروجی بالای صافی‌ها در هنگام شستشوی معکوس هر دو هفته یکبار به مدت ۶ ماه انجام گرفت. در مجموع تعداد ۱۲ نمونه در ۳ تکرار (مراحل ابتدا، وسط و انتهای زمان شستشوی معکوس صافی‌ها) از فاز ۱ و ۱۲ نمونه در ۳ تکرار (مراحل ابتدا، وسط و انتهای زمان شستشوی معکوس صافی‌ها) از فاز ۲ برداشته شد و در مجموع ۷۲ نمونه مورد سنجش قرار گرفت. کلیه مراحل آزمایش شامل: استریل نمودن ظروف، نمونه برداری، حمل و نقل و نگهداری آن‌ها در آزمایشگاه طبق دستورالعمل استاندارد متد نسخه ۲۲ انجام گرفت. بر این اساس جهت نمونه برداری میکروبی، از ظروف شیشه‌ای استریل حاوی سدیم تیوسولفات استفاده شد. نمونه‌ها در مجاورت یخ نگهداری و جهت انجام آزمایش‌های میکروبی بلافاصله به آزمایشگاه کنترل کیفی شرکت آب و فاضلاب شهری کردستان (واقع در محوطه تصفیه‌خانه آب) منتقل و مورد آزمایش قرار گرفتند. به منظور نمونه برداری برای تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نیز از بطری‌های پلی‌اتیلنی تمیز به حجم ۱ لیتر استفاده شد و نمونه‌ها تا زمان

بدون صرف هزینه‌های گزاف به منظور تصفیه کامل برای برخی از مصارف به کار برد. نتایج مطالعه‌ای که توسط et al. (2009) Zare انجام یافت، بیانگر آن بود که پساب شستشوی صافی‌های تصفیه‌خانه آب شیراز از کیفیت مناسبی جهت استفاده برای کاربری کشاورزی و فضای سبز برخوردار بوده و استفاده از آن باعث صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد شد مطالعه‌ای که توسط et al. (2017) Jibhakate انجام گرفت نشان داد که آب ناشی از شستشوی صافی‌های شنی از کیفیت خوبی برخوردار است و می‌تواند بعد از ترکیب با آب خام و تصفیه آن مجدداً در تأمین آب شرب مورد استفاده قرار گیرد. حجم آب مورد نیاز در شستشوی صافی‌ها ۳ تا ۶٪ از آب ورودی به تصفیه‌خانه برآورد می‌شود (Abdel-Shafy et al. 2014).

در حال حاضر بیش از ۸۲ تصفیه‌خانه آب در سطح کشور وجود دارد که در آن‌ها سالیانه حدود  $139 \text{ MCM}$  آب صرف شستشوی صافی‌ها می‌شود. در صورتی که سرانه مصرف آب در ایران، به طور میانگین  $180 \text{ LPCD}$  در نظر گرفته شود، این مقدار آب، معادل با آب مصرفی جمعیتی برابر با دو میلیون و یکصد هزار نفر خواهد بود؛ که به طور روزانه و با غلظت آلاینده‌گی شدید دور ریز می‌شود (Mahmudian et al. 2008). به طور کلی استفاده و بازیافت پساب شستشوی صافی‌ها به دلیل حجم بالای آن که گاهی تا  $10\%$  تولیدی نیز می‌رسد، در اکثر تصفیه‌خانه‌های کشور (نظیر تهران، مشهد، شیراز، اصفهان) انجام می‌شود، به طوری که استفاده مستقیم از پساب شستشوی صافی و انتقال به ابتدای تصفیه‌خانه به منظور صرفه‌جویی در اتلاف آب امری مرسوم و رایج محسوب می‌شود (Mahvi and Jafari 2005). در ایالات متحده در  $30\%$  تصفیه‌خانه‌ها، پساب شستشوی صافی‌ها به طور مستقیم به ابتدای تصفیه‌خانه انتقال داده می‌شود (EPA 2002). با توجه به کمبود منابع آب در ایران و هدر رفت مقدار نسبتاً زیاد آن در شستشوی معکوس صافی‌های ماسه‌ای تند، در این پژوهش به تعیین کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند تصفیه‌خانه آب شهر سنندج پرداخته شد تا قابلیت آن برای بازیافت در تصفیه‌خانه و یا استفاده در کشاورزی یا آبیاری فضای سبز ارزیابی گردد و از هدررفت ۳ تا ۶٪ آب تصفیه‌خانه جلوگیری شود.





آزمایش در شرایط استاندارد نگهداری شدند (APHA 2012).

جدول ۱- مشخصات سیستم صاف‌سازی تصفیه‌خانه

Table 1 Specifications of the filtration system of the treatment plant

Specifications	Phase 1	Phase 2
Filter Type	Sand (sand and gravel) Single Bed	Type V Heavy Gravity (sand and gravel) Two Beds
Filter Bed	950 mm deep sand bed with layers: Sand (average diameter 6.7-13.2 mm), depth 150 mm Coarse sand (average diameter 2.36-4.75 mm), depth 100 mm Fine sand (average diameter 0.6-1.18 mm), depth 700 mm	1200 mm deep sand bed with layers: Sand (average diameter 6-9 mm), depth 100 mm Coarse sand (average diameter 3-5 mm), depth 100 mm Fine sand (average diameter 0.6-1.2 mm), depth 1000 mm
Number of Filters	Eight filters (two blocks of four)	Eight filters
Dimensions of Each filter	9.9 m long – 5.99 m wide	15m long - 6 m wide
Effective level of Each Filter	59.3 m <sup>2</sup>	90 m <sup>2</sup>
Total Filtration Level	474.4 m <sup>2</sup>	720 m <sup>2</sup>
Output Material	P.V.C with sealing ring	P.V.C with sealing ring
Filtration Rate	7.5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	5.76 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h

تصفیه‌خانه آب شهر سنندج در فازهای شماره ۱ و ۲ در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج حاصل در جدول (۲) نشان داد که بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تصفیه‌خانه فازهای شماره ۱ و ۲، کم‌ترین مقادیر مربوط به پارامترهای آمونیاک (با مقادیر ۰ mg/l برای فازهای ۱ و ۲)، PA، سیانوفیسه و پروتوزوا (با مقادیر ۰ MPN برای فازهای ۱ و ۲) و بیش‌ترین مقادیر مربوط به پارامترهای باکتری‌های هتروتروف (با مقادیر ۱۲۹۳/۳۳ MPN برای فاز ۱ و ۱۳۹۵/۶۷ MPN برای فاز ۲) و سپس EC (۳۲۱/۳۳) برای فاز ۱ و ۳۲۵/۰۸  $\mu\text{s}/\text{cm}$  برای فاز ۲ می‌باشد.

یکی از فرضیات مربوط به آزمون  $t$  مستقل بررسی برابری واریانس‌ها می‌باشد. به منظور بررسی این موضوع از آزمون لون استفاده شد. نتایج آزمون لون نشان داد که واریانس‌ها در تمامی پارامترها برابر می‌باشند. نتایج ارائه شده در جدول (۳) بیانگر آن است که با توجه به آزمون  $t$  مستقل و سطح معنی‌داری  $p < 0.05$ ، تفاوت معنی‌داری بین میانگین پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی بین فازهای ۱ و ۲ وجود ندارد. نتایج مقایسه میانگین غلظت پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند تصفیه‌خانه آب شهر سنندج بین فصول تابستان و پاییز نیز در جدول (۳) ارائه شده است که بیانگر آن است که تفاوت معنی‌داری از نظر آماری بین میانگین مقادیر

## ۲-۳- آنالیز نمونه‌ها و تحلیل داده‌ها

با توجه به استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و مطالعات مشابه انجام شده؛ جهت ارزیابی کیفیت پساب ناشی از شستشوی صافی شنی تند تصفیه‌خانه پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب شامل دما، pH، اکسیژن محلول (DO)، کل جامدات معلق (TSS)، کل جامدات محلول (TDS)، کدورت، هدایت الکتریکی، فلوئور، آهن، نیتريت، نترات، فسفات، آمونیاک، سختی کل، کلیاتیت، کلرور، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی آزمایش شدند. لازم به ذکر است که پارامترهای دما، pH، هدایت الکتریکی (EC) در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند. آزمایش‌ها در دو دسته کلی، آزمایش‌های دستگاهی و آزمایش‌های تیریمتری صورت گرفت (2012 APHA). داده‌ها پس از ورود به نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصل از آنالیز آزمایشگاهی با استاندارد ارائه شده به وسیله سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و سازمان جهانی بهداشت (WHO 2011) برای کاربری شرب و کاربری کشاورزی و آبیاری فضای سبز توسط آزمون آماری  $t$ -تک نمونه‌ای مقایسه و تحلیل شد.

## ۳- یافته‌ها و بحث

نتایج میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند



اندازه‌گیری شده پارامترها در فصول تابستان و پاییز وجود ندارد ( $p < 0.05$ ). نتایج پژوهش حاضر همچنین مشخص نمود که بین میانگین پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی بین فازهای ۱ و ۲ تفاوت معنی‌داری وجود نداشته (جدول ۳) و در نتیجه می‌توان اذعان نمود که عملکرد هر دو جدول ۲- مقدار میانگین پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند تصفیه‌خانه آب شهر سنندج در فازهای شماره ۱ و ۲ در فصول مختلف سال

Table 2 The average amount of physical, chemical and microbial parameters of the effluent from washing the hot sand filters of Sanandaj water treatment plant in phases No. 1 and 2 in different seasons of the year

Parameter	Average values in phase 1		Average values in phase 2	
	Autumn	Summer	Autumn	Summer
EC ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	0.023±320.17	0.028±322.5	0.026±322.17	0.022±328
pH	0.004±7.92	0.002±8.89	0.0043±7.87	0.004±7.87
Turbidity (NTU)	0.024±49.3	0.021±47.48	0.026±44.2	0.033±45.73
Total hardness (mg/l)	0.066±153.28	0.076±150.87	0.065±152.28	0.063±150.85
Alkalinity (mg/l)	0.035±147.9	0.027±144.33	0.027±148.3	0.029±142.73
Ammonia (mg/l)	0	0	0	0
TDS (mg/l)	0.003±204.83	0.006±206.33	0.005±206.17	0.003±209.83
TSS (mg/l)	0.026±92.17	0.023±80	0.054±72.5	0.033±90
Nitrate (mg/l)	0.005±3.71	0.007±40.011	0.004±3.51	0.002±3.6
Nitrite (mg/l)	0.003±0.0047	0.004±0.0048	0.035±0.004	0.033±0.0032
Chloride (mg/l)	0.056±10.83	0.055±10.56	0.046±10.92	0.043±10.5
Calcium (mg/l)	0.004±53.08	52.075±0.004	0.045±53.13	0.043±53.43
Magnesium (mg/l)	0.032±5.07	0.033±5.07	0.053±4.87	0.055±4.26
Sulfate (mg/l)	0.001±23.22	0.001±22.73	0.003±25.15	0.004±25.5
Fluoride (mg/l)	0.027±0.128	0.026±0.143	0.078±0.14	0.076±0.158
Fecal coliform (MPN)	1±0.066	10±0.066	0	1±0.001
Total Coliform (MPN)	3±0.0021	4±0.005	1±0.005	10±0.003
PA	0	0	0	0
Heterotrophic bacteria	998±0.036	1589±0.056	729±0.043	2063±0.093
Diatoms	0.043±145	0.022±471	0.004±138	138
Chlorophyll	0.005±128	0.006±422	0.006±107	0.008±487
Rotifer	5	3±0.004	3	2±0.001
Cretaceous	1	3±0.001	1	1
Nematodes	1	1	-	2

همان‌طور که جدول شماره (۳) نشان می‌دهد پارامترها به‌جز منگنز در دو فصل تفاوت معناداری ندارند. دلیل تفاوت غلظت فلز منگنز بین فصول پاییز و تابستان را می‌توان ناشی از تغییر غلظت قلیائیت بین دو فصل عنوان کرد. با افزایش قلیائیت به دلیل رسوب فلز منگنز، غلظت آن در پساب کاهش می‌یابد (Khezri et al. 2012). به‌طوریکه میانگین قلیائیت در فصل تابستان در فازهای ۱ و ۲ به‌ترتیب ۱۴۴/۳ و ۱۴۲/۷ mg/l و میانگین آن در فصل پاییز در فازهای ۱ و ۲ به‌ترتیب ۱۴۷/۹ و ۱۴۸/۳ mg/l می‌باشد و میانگین منگنز در فصل تابستان در فازهای ۱ و ۲ به‌ترتیب ۰/۰۲۲ و ۰/۰۲۸

و میانگین آن در فصل پاییز در فازهای ۱ و ۲ به‌ترتیب ۰/۰۱۴ و ۰/۰۲ mg/l می‌باشد. در هر صورت مقدار منگنز در هر دو فصل کمتر از حد استاندارد بود. نتایج مقایسه میانگین غلظت پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب با حد استاندارد آب شرب و مصارف کشاورزی و فضای سبز سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان جهانی بهداشت (WHO 2011) در جدول (۴) ارائه شده است. به‌جز در ۵ مورد برای سایر پارامترها مقادیر سطح معنی‌داری (Sig) برای مقایسه میانگین فاز ۱ و ۲ یکسان بود و برای آن ۵ مورد مقادیر سطح معنی‌داری برای

فاز دوم به صورت زیر خطدار مشخص شد. این نتایج بیانگر آن است که میانگین پارامترهای هدایت الکتریکی، سختی کل، سولفات، آمونیاک، قلیائیت، کل جامدات محلول، کل جامدات معلق، نیترات، نیتريت، فلوراید دارای اختلاف آماری معنی‌دار با استاندارد و کمتر از حد استاندارد آب شرب و مصارف کشاورزی و فضای سبز می‌باشد. میانگین پارامترهای کدورت، کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی دارای اختلاف آماری معنی‌دار با استاندارد و بیش‌تر از حد استاندارد آب شرب و کمتر از حد استاندارد مصارف کشاورزی و فضای سبز می‌باشد.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین غلظت پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تند تصفیه‌خانه آب شهر سنندج بین فازهای ۱ و ۲ و فصل تابستان و پاییز

Table 3 Comparison of the average concentration of physical, chemical and microbial parameters of the effluent from washing the sand filters of Sanandaj water treatment plant between phases 1 and 2 and summer and autumn

Parameter	Comparison between phases 1 and 2					Comparison in summer and autumn				
	Leven test for equality of variances		Independent t-test to compare means			Leven test for equality of variances		Independent t-test to compare means		
	F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)
EC	0.73	0.402	-1.23	22	0.232	2.09	0.162	1.35	22	0.191
pH	0.533	0.473	0.669	22	0.511	0.98	0.333	-0.43	22	0.674
Turbidity	0.051	0.823	0.558	22	0.583	3.41	0.078	-0.023	22	0.982
Total hardness	0.639	0.432	0.502	22	0.621	0.243	0.627	-2.07	22	0.051
Alkalinity	0.103	0.751	0.275	22	0.786	6.07	0.022	-2.34	22	0.29
TDS	0.591	0.45	-1.21	22	0.238	2.19	0.153	1.3	22	0.206
TSS	0.003	0.957	0.325	22	0.748	0.228	0.639	0.252	20	0.804
Nitrate	0.104	0.75	0.86	22	0.399	0.065	0.801	0.555	22	0.584
Nitrite	0.159	0.694	1.21	22	0.238	0.001	0.98	-0.337	22	0.739
Chloride	¼	0.055	1.02	22	0.32	4.25	0.051	0.996	22	0.345
Calcium	0.024	0.878	-0.846	22	0.407	0.335	0.569	-0.425	22	0.675
Magnesium	0.002	0.961	1.2	22	0.239	0.467	0.501	-0.569	22	0.575
Sulfate	0.008	0.927	-2.1	22	0.47	1.51	0.233	0.054	22	0.958
Fluoride	0.09	0.767	-1.015	22	0.321	3.023	0.096	1.29	22	0.212
Total coliform	6.690	0.17	2.33	22	0.53	-	-	0	22	1
Gastrointestinal coliforms	0.179	0.676	-0.287	22	0.777	5.64	0.027	1.059	22	0.301
Heterotroph	0.909	0.351	-0.187	22	0.853	12.02	0.002	-1.44	22	0.165
Diatoms	0.374	0.554	-0.265	10	0.796			0	22	1
Chlorophyll	0.147	0.71	-0.071	10	0.945	7.61	0.011	1.37	22	0.183
Rotifer	0.655	0.442	1.28	8	0.237	2.52	0.127	1.43	22	0.166
Cretaceous	1.74	0.235	-0.878	6	0.414	0.866	0.362	1.9	22	0.071

نتایج نشان داد که میانگین غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی از جمله هدایت الکتریکی، سختی کل، سولفات، آمونیاک، قلیائیت، کل جامدات محلول، کل جامدات معلق، نیترات، نیتريت، فلوراید اندازه‌گیری شده در پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تصفیه‌خانه فازهای شماره ۱ و ۲، کمتر از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و سازمان بهداشت جهانی برای آب شرب و مصارف کشاورزی و فضای سبز می‌باشد. میانگین پارامتر کدورت بیش‌تر از حد استاندارد آب شرب و کمتر از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و فضای سبز می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که

میانگین پارامترهای میکروبی از جمله کلیفرم مدفوعی و کل کلیفرم بیش‌تر از حد استاندارد آب شرب و کمتر از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و فضای سبز می‌باشد؛ بنابراین امکان استفاده از پساب حاصل جهت کاربری کشاورزی و فضای سبز وجود دارد و امکان استفاده از پساب حاصل برای کاربری شرب تنها با انجام عمل تصفیه بیش‌تر با هدف کاهش کدورت و حذف کلیفرم‌ها مقدور می‌باشد. بالابودن آلاینده‌های میکروبی و کدورت در پساب حاصل از شستشوی معکوس صافی‌ها امری بدیهی است چرا که یکی از مهم‌ترین کارکردهای صافی‌های شنی تند حذف کدورت



ناشی از ذرات معلق و میکروارگانیسم‌هاست. در مطالعه‌ای نشان دادند که در آب مصرفی برای شستشوی معکوس، پاتوزن‌هایی مثل ژیا ردیا و کریپتوسپوریدیوم و زئوپلانکتون-هایی مثل نماتد و نیز پیش سازهای سنتز محصولات جانبی وجود داشت (Atabakhsh et al. 2018). پژوهشی دیگر

جدول ۴- مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب برای کاربری‌های شرب، کشاورزی و آبیاری با حد استاندارد

سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و WHO

Table 4 Comparison of average physical, chemical and microbial parameters of water for drinking, agricultural and irrigation uses with the standard limit of the Environmental Protection Organization of Iran and WHO

Parameter	Iranian Environmental Standard				WHO standard				Average parameters in phase 1	Average parameters in phase 2
	drinking water	Sig	Agriculture and Irrigation	Sig	drinking water	Sig	Agriculture and Irrigation	Sig		
s/cm)( $\mu$ EC	2000	0.00	3000	0.00	-	-	-	-	321.33	325.08
pH	5.5-9	0.00	6-8.5	0.00	-	-	-	-	7.9	7.87
Turbidity (NTU)	5	0.00	-	-	-	-	50	0.027 0.037	48.39	44.97
Total hardness (mg/l)	500	0.00	-	-	-	-	-	-	152.075	151.57
Total alkalinity (mg/l)	600	0.00	-	-	-	-	-	-	146.12	145.52
Ammonia (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Total dissolved solids (mg/l)	1500	0.00	2000	0.00	-	-	-	-	205.58	208
Total suspended solids (mg/l)	-	-	100	0.00	-	-	-	-	85.82	80.64
Nitrate (mg/l)	50	0.00	-	-	50	0.00	-	-	3.86	3.56
Nitrite (mg/l)	-	-	-	-	3	0.00	-	-	0.0048	0.0036
Chloride (mg/l)	-	-	-	-	400	0.00	600	0.00	17.52	10.71
Calcium (mg/l)	-	-	-	-	300	0.00	-	-	52.58	53.28
Magnesium (mg/l)	-	-	-	-	30	0.00	100	0.00	5.072	4.52
Sulfate (mg/l)	400	0.00	500	0.00	-	-	-	-	22.97	25.33
Fluoride (mg/l)	1.5	0.00	-	-	-	-	2	0.00	0.136	0.149
Fecal coliform (MPN)	0	0.016 0.093	400	0.00	0	0.016 0.093	400	0.00	0.6	0.77
Total Coliform (MPN)	0	0.040 0.048	1000	0.00	0	0.040 0.048	1000	0.00	3.29	5.1

۷/۲۳۱ و متوسط TDS در آب خام و پساب شستشوی صافی به ترتیب ۲۵۳/۲ و ۲۴۰/۷ mg/l تعیین گردید. در انتها این نتیجه گرفته شد که استفاده از پساب شستشوی صافی‌های تصفیه‌خانه به‌ویژه در جاهایی که منابع آبی رو به اضمحلال هستند، مقدور می‌باشد (Mahvi and 2005). Jafari نتایج مطالعه (2017) Jibhakate et al. بیانگر آن است که pH پساب ناشی از شست‌شو به‌وسیله صافی‌های شنی در فصل بارانی ۷/۸ و در فصل زمستان ۸/۲، کدورت آن در فصل بارانی ۱۰۲ NTU و در فصل زمستان ۴۲ NTU، EC در فصل بارانی ۴۰۰ و در فصل زمستان ۳۷۵  $\mu$ s/cm، TDS در فصل بارانی ۳۵۰ و در فصل زمستان ۲۶۵

Zare et al. (2009) نیز در مطالعه مشابهی نشان دادند که میانگین پارامترهای TDS، TSS، COD، BOD، pH و دما در پساب شستشوی معکوس صافی‌ها در تصفیه‌خانه آب شیراز کم‌تر از حد استاندارد جهت مصارف کشاورزی بود که حاکی از مناسب بودن برای مصارف کشاورزی بود. این نتایج با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. مطالعات (Mahvi (2005) and Jafari بیانگر آن بود که پساب شستشوی صافی‌های تصفیه‌خانه آب جلالیه تهران از کیفیت خوبی برخوردار است طوری که pH آب ورودی به تصفیه‌خانه ۸/۱ و pH پساب شستشوی صافی‌ها ۷/۷۳، متوسط EC در آب خام ورودی به تصفیه‌خانه ۴۰۹/۱ و در پساب شستشوی صافی‌ها  $\mu$ s/cm





حاصل از این پژوهش می‌توان اذعان نمود که می‌توان از پساب حاصل از شستشوی صافی‌ها حداقل برای مصارف کشاورزی و آبیاری فضای سبز بدون دغدغه و نگرانی استفاده نمود. در پایان می‌توان در مطالعات بعدی آب خام و پساب حاصل از شستشوی صافی‌ها را با نسبت‌های مختلف ترکیب نمود و سپس کیفیت و قابلیت آن را برای مصارف مختلف موردبررسی قرار داد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش نتایج زیر حاصل شد:

۱- میانگین تمامی پارامترهای هدایت الکتریکی، سختی کل، سولفات، فلزات مس، کروم، جیوه، آهن، منگنز، سرب، کادمیوم، آرسنیک، آمونیاک، قلیائیت، کل جامدات محلول، کل جامدات معلق، نیترات، نیتريت، فلوراید اندازه‌گیری شده در پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی تصفیه‌خانه فازهای شماره ۱ و ۲، کم‌تر از حد استاندارد برای شرب، مصارف کشاورزی و فضای سبز بود.

۲- از بین کلیه پارامترها تنها پارامترهای کدورت و کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی بیش‌تر از حد استاندارد آب شرب قرار دارد. لذا می‌توان بدون عمل تصفیه از پساب حاصل جهت مصارف کشاورزی و آبیاری فضای سبز استفاده نمود.

۳- به دلیل بالا بودن غلظت کدورت و کلیفرم‌های مدفوعی و کل بدون عمل تصفیه امکان استفاده از پساب حاصل جهت شرب امکان‌پذیر نمی‌باشد.

۴- از آنجایی که حجم آب موردنیاز جهت شستشوی صافی‌ها در تصفیه‌خانه شهر سنج حدود  $3 \text{ MCM/yr}$  برآورد شده است؛ با استفاده از پساب حاصل برای کاربری کشاورزی یا فضای سبز یا ترکیب آن با آب خام و برگرداندن آن به چرخه تصفیه می‌توان از هدر رفت آب در این شرایط بحرانی به مقدار زیادی جلوگیری نمود.

#### سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاران محترم شرکت آب و فاضلاب استان کردستان و همه دوستانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

قلیائیت در فصل بارانی ۱۴۹ و در فصل زمستان  $135 \text{ mg/l}$  است. این نتایج نشان داد که پساب ناشی از شستشوی صافی‌های شنی از کیفیت خوبی برخوردار بوده و می‌تواند بعد از ترکیب با آب خام و تصفیه آن مجدداً در تأمین آب شرب مورد استفاده قرار گیرد (Jibhakate et al. 2017). مطالعه‌ای که توسط Fouad et al. (2016) در کشور نروژ صورت گرفت بیانگر آن بود که غلظت پارامترهای فیزیکی-شیمیایی پساب ناشی از شستشوی صافی‌های شنی از جمله کدورت، pH، TDS، EC، آلومینیوم، سولفات، آهن، منگنز، قلیائیت، دما و اکسیژن کم‌تر از حد استاندارد بوده طوری که می‌توان از پساب حاصل از شستشوی صافی‌های شنی بعد از مخلوط آن با آب خام و تصفیه مجدد از آن برای تأمین آب شرب استفاده نمود. در پژوهشی نشان داده شد زمانی که یک فرآیند دائم گندزدایی وجود داشته باشد، آب حاصل از شستشوی معکوس غاری از آلاینده‌های میکروبی بوده و می‌توان بدون نگرانی از سلامت، آن را مورد استفاده مجدد قرار داد (Reissmann and Wolfgang 2006).

با توجه به کمبود منابع آب شیرین در دنیا بسیاری از پژوهش‌گران با بازیافت و برگشت پساب به چرخه تصفیه آب موافق هستند (Hammer and Qasim et al. 2000; Hammer 2001). البته مخالفت‌های کمی نیز در این مورد وجود دارد. به‌عنوان مثال Mahvi and Jafari (2005) در پژوهشی به ارزیابی و تخمین هزینه‌ها در روش‌های مختلف تصفیه پساب شستشوی معکوس شامل ته‌نشینی اولیه، انعقاد و لخته‌سازی، ته‌نشینی ثانویه، اولترافیلتراسازی و بازچرخش پساب و ترکیب آن با آب خام ورودی در تصفیه‌خانه آب اصفهان پرداختند. پژوهش آن‌ها نشان داد برخلاف انتظار، بازچرخش پساب و ترکیب آن با آب خام ورودی هزینه‌بردارتر از سایر روش‌ها بوده و هزینه آن در تصفیه‌خانه اصفهان در سال ۲۰۰۶ مبلغی حدود  $378148176$  دلار بوده است. در مقابل ارزان‌ترین روش به جداسازی پساب، ته‌نشینی اولیه، انعقاد و لخته‌سازی اختصاص یافته است (Ebrahimi et al. 2017).

در مجموع با توجه به روند نابودی منابع آبی به‌ویژه در ایران به نظر می‌رسد بازیافت پساب و استفاده مجدد از آن برای مقاصد مختلف روزبه‌روز ضرورت بیش‌تری پیدا کند. شهر سنج نیز از این قاعده مستثنا نبوده و با توجه به نتایج



داده‌های استفاده شده (یا تولید شده) در این پژوهش در متن مقاله ارائه شده است.

## دسترسی به داده‌ها

## References

- Abdel-Shafy H. I., El-Khateeb M. A. and Shehata M. (2014). Greywater treatment using different designs of sand filters, *Desal. Water Treat.*, 52, 5237-5242.
- APHA., AWWA., WPCF. (2012). Standard methods for examination of water and wastewater. 21<sup>st</sup> Ed., Washington. D.C.
- Atabakhsh P., Hashemi E. and Gorjizade M. (2018). Performance of filters after reverse washing with investigating the amount of turbidity reduction and counting of zooplankton in Isfahan water treatment plant. *J Water Wastewater*, 28(6), 55-61 [In Persian].
- American Water Works Association (AWWA) and American Society of Civil Engineers (ASCE). (2000). *Water Treatment Plant Design*, 5<sup>th</sup> Ed., USA: Mc Graw-Hill, 145 – 192.
- Ebrahimi A., Mahdavi M., Pirsahab M., Alimohammadi F. and Mahvi A. H. (2017). Dataset on the cost estimation for spent filter backwash water (SFBW) treatment. *Data Brief*, 15, 1043-1047.
- EPA. (2002). Filter back wash recycling rule: Technical Guidelines Manual. Office of ground water and drinking water.
- Fouad H.A., El-Hefny R.M. and Ali Mohamed M. (2016). Reuse of spent filter backwash water. *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, 7(4), 176–187.
- Hammer M. J. and Hammer. M. Jr. (2001). *Water and wastewater technology*. 4<sup>th</sup> Ed., Prentice Hall of India Inc.
- Hoseini P., Ilderomi A. and Hoseini A. (2014). Evaluation of water quality of Karun River using the NSFQI Water quality index in Bazargan till Kut Amir (over 5 years). *J. Human Environ.*, 36(25), 1-11 [In Persian].
- Jibhakate M. L., Bhorkar M. P., Bhole A. G. and Baitule P. K. (2017). Reuse & Recirculation of Filter Backwash Water of Water Treatment Water. *Int. J. Eng. Res. Appl.*, 7(4), 60-63.
- Khezri S. M., Rahmani A., Samadi M. T. and Hayatbakhsh Malayeri V. (2012). Investigation of organic and mineral variation of Fe, Mn with temperature, pH and alkalinity in water. *J Environ. Sci. Technol.*, 14(4), 27-40.
- Mahmudian M. H., Amin M. M., Shahmansuri M. R. and Ghasemian M. (2008). Recovery of effluent due to washing water treatment filters by flotation method with dissolved air. *J Water Wastewater*, 3, 24-30 [In Persian].
- Mahvi A.H. and Jafari A. (2005). Influence of spent filter backwash water (SFBW) recycling on coagulants reduction in Alalieh water treatment plant. *Feyz.*, 9(2), 33-37.
- Qasim S.R., Motley M. E. and Zhu.G. (2000). *Water works engineering: planning, design, and operation*, 1<sup>st</sup> Ed. Upper Saddle River, N.J.; London: Prentice Hall PTR.
- Reissmann F. G. and Uhl W. (2006). Ultrafiltration for the reuse of spent filter backwash water from drinking water treatment. *Desal.*, 198(1-3), 225-235.
- Shadman M. M., Ahmadi S. and Vafaei Sefty M. (2016). Optimization of backwash operation of the sand filters by concentration profiles examination. *J. Petrol. Res.*, 26, 167-176 [In Persian].
- Shariat Panahi M. (2016). *The principles of quality and water treatment and sewage*. Third printing. University of Tehran Press [In Persian].
- Shirzadi N., Hassani A.H., Torabian A. and Javid. A. H. (2015). Evaluation of the MF/UF performance for the reuse of sand filter backwash water from drinking water treatment plants. *Water Wastewater*, 2, 95-103 [In Persian].
- Weiyang L., Akira Y., Dong B., Deng H., Gao N. (2010). Study on backwash wastewater



- from rapid sand-filter by monolith ceramic membrane. Desal., 250, 712–715.
- WHO. (2011). Guidelines for drinking water quality. Geneva. World health organization. WHO/SDE/WSH /03.04/117 /Rev/u, fourth edition.
- Zare M. R., Bagh Pur M. A. and Rhmani A. (2009). Study of the quality status of the wastes (effluent washing filters and sludge resulting from coagulation) in Shiraz water treatment plant in 2009. 12<sup>th</sup> National conference on environmental health. Shahid Beheshti University of Medical Sciences. Tehran [In Persian].



## Research Paper

# Assessing Backwash Water Quality from Rapid Sand Filters in Order to Reuse in Agriculture and Irrigation of Green Space (Case Study of Sanandaj Water Treatment Plant)

Khabat Ansari and Masoomeh Heidari\*

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

<sup>2</sup>Department of Environment and Fisheries, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

\*Corresponding author: heidari@iausdj.ac.ir

**Received:** September 05, 2020

**Revised:** November 14, 2020

**Accepted:** November 18, 2020

### Abstract

The effluent from the backwashing of the filters used in water treatment can be considered as one of the potential functions for reuse for various applications, provided that it has the required quality. The purpose of this study was to determine the quality of effluent from backwashing of rapid sand filters in Sanandaj water treatment plant for reuse. For this purpose, in two high and low water seasons, the effluent of phases 1 and 2 of the water treatment plant was sampled and the physical, chemical and microbial properties of the samples were studied using standard methods for drinking water, agriculture and green space uses. The data were analyzed using SPSS software and one-sample *t*-test and independent *t*-test. The results showed that the mean value of all the studied parameters in the effluent from the backwashing of the filters of the phases No. 1 and 2 of the treatment plant was less than the standard of agricultural and green space use. Compared with the drinking water standard, only the mean values of turbidity (48 NTU in phase 1 and 45 NTU in phase 2), total coliform (4 MPN for phase 1 and 6 MPN for phase 2) and fecal coliforms (1 MPN for both phases) parameters in the effluent were significantly higher than the standard ( $p < 0.05$ ). The results also showed that there was no significant difference between the mean of the studied parameters in the treatment plant effluent in the two phases and the autumn and winter seasons ( $p < 0.05$ ). Finally, it was found that it is possible to use the effluent for agricultural and green space use, but it could be reused for drinking purpose only after treatment.

**Keywords:** Rapid Sand Filter; Reuse of Effluent; Sanandaj; Water Treatment Plant.