نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۴، ص. ۳۳۵-۳۲۲

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 2, May.-Jun. 2015, p. 322-335

مقایسه چند سیستم تصفیه فاضلاب روستایی از نظر برخی ویژگی‌های شیمیایی و عناصر سنگین

نجمه یزدان‌پناه[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۶

چکیده

آلودگی و انتقال آلاینده‌ها از طریق فاضلاب یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی است. مطالعه وضعیت فاضلاب حاصل از تصفیه در مناطق روستایی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. تحقیق حاضر به بررسی و ارزیابی کارایی چند سیستم تصفیه فاضلاب روستایی در کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب و عناصر سنگین می‌پردازد. نمونه‌برداری از فاضلاب قبل و بعد از چهار سیستم تصفیه فاضلاب در روستاهای اطراف زرند هر یک در ۱۰ مرحله و در فواصل زمانی یک هفته‌ای (در مجموع تعداد ۸۰ نمونه) انجام شد. مقدار BOD، COD، TOC، EC، TSS، TDS، DO، TKN، TP، pH، درجه حرارت، کدورت و قلیاییت و همچنین غلظت عناصر سنگین کادمیوم، روی، سرب، نیکل و مولیبدن با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بعد از تصفیه، بین مقادیر DO، کادمیوم و مولیبدن مربوط به چهار سیستم تصفیه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی سایر خصوصیات تفاوت معنی‌داری در بین چهار سیستم تصفیه نشان داد. از طرفی، مقدار فسفر کل در همه سیستم‌ها نسبت به حد مجاز افزایش و مقدار کدورت کاهش یافت. در مقابل، در همه سیستم‌ها، مقدار اکسیژن محلول بیشتر از حد مجاز بود. در همه سیستم‌ها بعد از تصفیه، غلظت کادمیوم و سرب کاهش و غلظت نیکل افزایش یافت با این وجود، غلظت همه عناصر سنگین مورد مطالعه غیر از مولیبدن، در ورودی و خروجی کمتر از حد مجاز بود. بنابراین، ادامه انجام تحقیقات در خصوص منشأیابی مولیبدن با توجه به اثرات سمی ناشی از آن (۴۰ برابر حد مجاز) در مناطق روستایی ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌ها، حد مجاز آلودگی، زرند، فاضلاب روستایی، فلزات سنگین

مقدمه

جهان در حال حرکت به سمت بحران آب است و در سال ۲۰۲۵ دو سوم از جمعیت جهان با چالش کمبود آب مواجه خواهد شد (۱۴). در واقع رشد سریع جمعیت، توسعه شهرسازی و افزایش استانداردهای زندگی، میزان تقاضا برای مصرف آب را افزایش داده و موجب بروز مشکلات زیادی در ارتباط با کمبود آب شده است. علاوه بر بحران کمبود آب، دسترسی به آب پاک و سالم نیز به یک معضل جدی برای مردم سراسر جهان تبدیل شده است (۱). در حال حاضر، یکی از مهم‌ترین مسائل مربوط به منابع آب و خاک، آلودگی و انتقال آلاینده‌هاست که می‌تواند به ذخایر قابل دسترسی نظیر دریاچه‌ها، نهرها و آبخوان‌های سطحی سرایت نماید.

یکی از ضایعات حاصل از پیشرفت فناوری در بخش‌های مختلف نظیر صنعت و توسعه شهری و روستایی، فاضلاب است. تولید فاضلاب در کشورهای صنعتی حجم قابل ملاحظه‌ای را شامل می‌شود و در کشورهای در حال رشد با توسعه صنایع، حجم پساب تولیدی روز به روز افزایش می‌یابد. به همین خاطر تصفیه و استفاده مجدد از پساب فاضلاب برای تأمین بخشی از نیازهای آبی روزمره از اهمیت خاصی برخوردار است (۳۲).

یکی از مهم‌ترین اثرات آلایندگی ناشی از فسفر در فاضلاب، یوتریفیکیشن[2] است (۲، ۳، ۸، ۲۱، ۲۲، ۲۹ و ۳۵). این موضوع یکی از مهم‌ترین جنبه‌های زیست محیطی است که به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است (۲۱ و ۲۲). فسفات از طریق منابع آلاینده نقطه‌ای نظیر فاضلاب به آب‌های سطحی و رودخانه‌ها وارد می‌شود (۱ و ۸). غلظت بالای فسفر غالباً دسترسی مواد مغذی موجود در آب‌های شیرین را محدود می‌سازد و سبب رشد بی‌رویه جلبک‌ها در محیط آبی می‌گردد (۳، ۷ و ۲۱). همچنین یوتریفیکیشن سبب مسمومیت آبزیان می‌گردد (۱ و ۳۵). در اثر یوتریفیکاسیون، تولید مواد آلی در محیط افزایش یافته و با تجزیه آن‌ها، اکسیژن محلول در آب مصرف می‌شود. با کاهش غلظت اکسیژن، موجودات آبزی از بین می‌رود

۱- گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان
Email: najmeyazdanpanah@yahoo.com

2- Eutrophication

(۱۵). همچنین فسفات موجود در لجن‌های پسمانده از فاضلاب می‌تواند افزایش یافته و به ۸۵ تا ۹۵ گرم بر متر مکعب برسد (۳۶). این امر ممکن است منجر به ته نشینی فسفات و پوسته شدن لوله‌ها شود که هزینه‌هایی را به دنبال دارد. یکی از راه‌های ورود فسفات به منابع آب، فعالیت‌های بشر نظیر صنعت و فعالیت‌های کشاورزی و آلودگی ناشی از فاضلاب خانگی عنوان شده است (۱، ۸ و ۳۶).

فلزات سنگین یکی از منابع مهم آلاینده در فاضلاب شهری و روستایی هستند. در صورتی‌که این آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی راه پیدا کنند، به‌طور جدی مشکل‌ساز خواهند شد. در این رابطه، آلودگی خاک‌ها و محصولات نیز به طور گسترده‌ای از بخش‌های مختلفی از جهان گزارش شده‌اند. برای نمونه، ۴۵ درصد مناطقی در چین که با فاضلاب آبیاری می‌شدند با فلزات سنگین به شدت آلوده شده بودند (۳۳).

آلودگی و انتقال آلاینده‌ها از طریق فاضلاب به یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی تبدیل شده است که می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری بر حیات موجودات زنده و حتی بقای بشر بر جای گذارد. این در حالی است که کشور ایران در زمره کشورهای کم‌آب جهان محسوب می‌گردد (۲۴) و لذا پرداختن به آلودگی آب و آلاینده‌های آن امری ضروری است. با شناخت منابع آلاینده و مکانیسم عمل آن‌ها می‌توان تا حدی در جهت رفع این معزل گام برداشت. از طرفی، مطالعه عوامل آلاینده در مناطق روستایی به‌ویژه فاضلاب و فلزات سنگین و همچنین کارایی سیستم‌های تصفیه در این مناطق کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، تحقیق حاضر به بررسی و ارزیابی کارایی چند سیستم تصفیه فاضلاب در کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب و عناصر سنگین در چند روستای اطراف شهرستان زرند می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محل اجرای تحقیق، چهار روستای اطراف شهرستان زرند به اسامی ده‌میلان، حتکن، سرباغ و سکوکان که در آن‌ها سیستم تصفیه فاضلاب در حال اجرا می‌باشد، انتخاب شد. در این روستاها، سیستم تصفیه در سال‌های اخیر تأسیس شده و هر یک در محل خروجی به رودخانه فصلی می‌ریزند. در جدول ۱ مشخصات این سیستم‌ها از نظر مدت بهره‌برداری و همچنین رودخانه پایین‌دست ارائه شده است. در بین چهار سیستم تصفیه مورد مطالعه، تنها سیستم حتکن دارای سیستم هوادهی بوده که این کار از طریق نصب سیستم در داخل حوضچه‌های مخصوص انجام می‌شود. در همه سیستم‌ها، تصفیه فاضلاب از طریق سیستم فیلتراسیون و ترسیب با استفاده از مخازن زیرزمینی انجام می‌شود.

انجام آزمایش‌ها

نمونه‌برداری از سیستم‌های تصفیه فاضلاب در ۱۰ مرحله، هر یک به فاصله زمانی یک هفته از یکدیگر انجام شد. در هر مرحله، قبل و بعد از سیستم تصفیه فاضلاب نمونه‌برداری انجام شد به‌طوری که در مجموع تعداد ۸۰ نمونه فاضلاب برداشته شد. شاخص‌هایی که در این پروژه اندازه‌گیری شد، شامل اکسیژن مورد نیاز تجزیه بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن مورد نیاز تجزیه شیمیایی (COD)، کربن آلی کل (TOC)، هدایت الکتریکی (EC)، ذرات معلق جامد (TSS) و محلول (TDS)، اکسیژن محلول (DO)، نیتروژن کل (TKN)، فسفر کل (TP)، واکنش (pH)، درجه حرارت (T)، کدورت (Turb) و قلیاییت (ALK) بود (۲۵ و ۲۷). طبق روش آزمایش‌های آب و فاضلاب (۵) مقدار هر پارامتر اندازه‌گیری شد. به این منظور، نمونه‌ای به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر داخل ظروف مخصوص جمع‌آوری و سپس برای تعیین پارامترهای یادشده در یخچال نگهداری شد.

جدول ۱- برخی مشخصات سیستم‌های تصفیه فاضلاب مورد مطالعه

Table 1- Some properties of the studied refining systems

سیستم تصفیه Refining system	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	جمعیت Population	دبی فاضلاب Discharge ($l\ min^{-1}$)	مدت بهره‌برداری (سال) Utilization period (year)	رودخانه پایین‌دست Downward river
ده‌میلان (Dehmilan)	56°-48'E	30°-53' N	54	5.00	4	ده میلان (Dehmilan)
حتکن (Hotkan)	56°-47'E	30°-51' N	238	7.28	4	باب گوهر (Babgohar)
سرباغ (Sarbagh)	56°-48'E	30°-51' N	34	3.26	1	باب گوهر (Babgohar)
سکوکان (Sekukan)	56°-48'E	30°-50' N	63	3.41	2	گزی (Gazi)

علاوه بر این، به منظور بالابردن دقت، با استفاده از دستگاه اکسیژن‌سنج دیجیتال، درجه حرارت و اکسیژن محلول فاضلاب در محل و در زمان نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد.

به دلیل اهمیت فلزات سنگین به عنوان عوامل شیمیایی آلاینده فاضلاب در این تحقیق، در ۸۰ نمونه برداشتی غلظت آنها اندازه‌گیری شد. این عناصر شامل کادمیوم، روی، سرب، نیکل و مولیبدن بود که غلظت هر یک با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد. با توجه به غلظت اندازه‌گیری شده اولیه و برای افزایش دقت، اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین در حد میکروگرم بر کیلوگرم انجام شد. در نهایت، مقدار هر خصوصیت اندازه‌گیری شده در خروجی سیستم تصفیه نسبت به مقدار هر پارامتر در ورودی محاسبه شد. همچنین مقدار پارامترهای مختلف، نسبت به مقادیر مجاز تخلیه به آب‌های سطحی بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست (۹) مورد مقایسه قرار گرفت. بر این مبنا، وضعیت هر سیستم تصفیه فاضلاب ارزیابی شد. به‌منظور تعیین کارایی هر سیستم تصفیه، از شاخص درصد نسبی تغییر استفاده گردید (۳۷). این شاخص بر مبنای درصد تغییر مقدار هر پارامتر در خروجی نسبت به ورودی و همچنین مقدار هر پارامتر در خروجی نسبت به حد مجاز محاسبه شد. مقادیر مثبت و منفی این شاخص، به‌ترتیب مبین افزایش و کاهش نسبی مقدار پارامتر می‌باشد.

آنالیز آماری

به منظور تجزیه و تحلیل آماری، در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Minitab، آزمون نرمالیتی روی داده‌های ورودی و خروجی هر ایستگاه انجام شد. سپس مشخصات آماری هر ایستگاه بر مبنای داده‌های نرمال‌شده، قبل و بعد از تصفیه تعیین گردید. در گام بعد، به منظور مقایسه میانگین بین پارامترهای اندازه‌گیری شده ورودی و خروجی هر تصفیه خانه، با استفاده از نرم‌افزار SAS مقایسه میانگین در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد. همچنین رسم گراف‌ها در محیط MS Excel صورت گرفت.

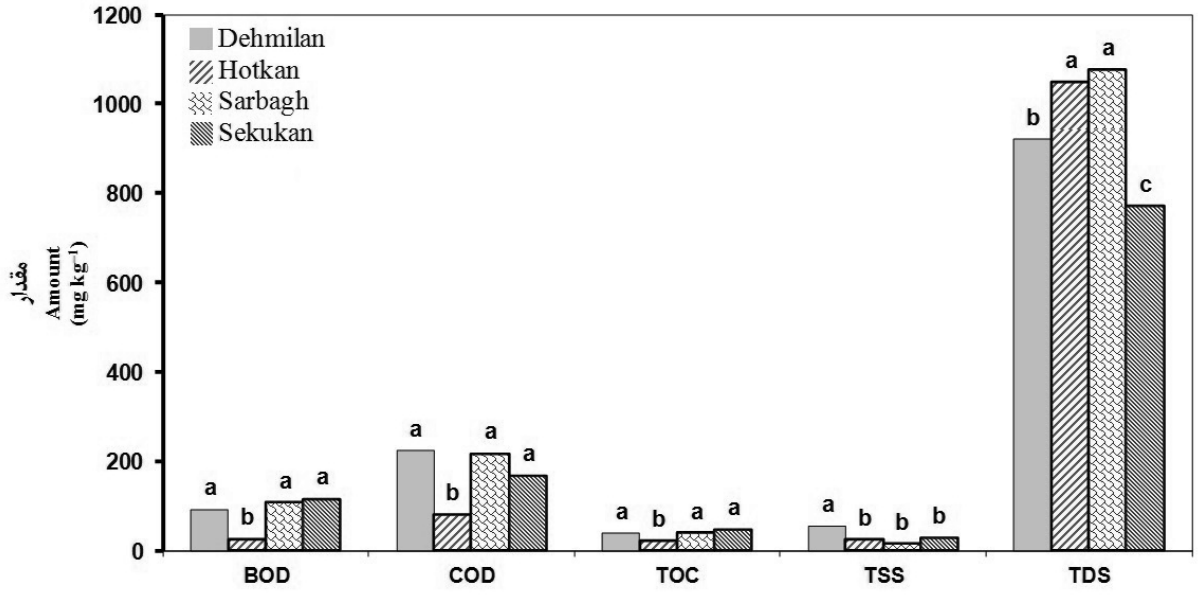
نتایج و بحث

نتایج مربوط به آلودگی در فاضلاب خروجی (تصفیه‌شده) برای چهار سیستم مورد مطالعه در شکل‌های ۱ تا ۵ نشان داده شده است. بین مقادیر DO، کادمیوم و مولیبدن مربوط به چهار سیستم تصفیه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود نداشت. سایر خصوصیات تفاوت معنی‌داری بین سیستم‌های تصفیه داشت، به طوری که کمترین مقدار BOD، COD، TOC، pH و درجه حرارت مربوط به خروجی سیستم تصفیه حتکن بود و بین فاضلاب حاصل از سایر سیستم‌های تصفیه، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به این‌که در ایستگاه حتکن، سیستم هوادهی فعال بوده بنابراین به‌نظر می‌رسد به دلیل ورود اکسیژن به فاضلاب در حین تصفیه، بخشی از ذرات و کلوئیدهای به‌خصوص ذرات آلی اکسید شده و از فاضلاب خارج می‌شود (۲۸).

بررسی سایر خصوصیات فاضلاب تصفیه‌شده نشان داد که پس از تصفیه فاضلاب در سیستم ده‌میلان، مقدار TSS و TP به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر سیستم‌های تصفیه بود و سایر سیستم‌ها تفاوتی از این نظر نشان ندادند. همچنین بیشترین مقدار TDS مربوط به فاضلاب تولیدی دو سیستم تصفیه حتکن و سرباغ و کمترین مقدار مربوط به سیستم سکوکان بود. بیشترین میزان نیتروژن کل و قلیائیت در سیستم ده‌میلان و کمترین مقدار آن‌ها در سیستم حتکن مشاهده شد. علاوه بر این بیشترین مقدار EC در فاضلاب حاصل از تصفیه ایستگاه‌های ده‌میلان و سرباغ و بیشترین میزان کدورت در ایستگاه‌های سرباغ و سکوکان مشاهده شد. از دلایل تفاوت نسبی بین مقادیر پارامترهای فاضلاب در مناطق مختلف می‌توان به تفاوت در میزان سرانه مصرف آب (۱۲) و همچنین میزان مصرف کاغذ توالت که فاقد نیتروژن است (۴)، اشاره کرد. علاوه بر این، تفاوت در شرایط فرهنگی، رژیم و موارد مصرف آب، منابع آلاینده نقطه‌ای و یا ناحیه‌ای مزید بر علت می‌شود. در مجموع، نتایج نشان داد که بر اساس مقدار شاخص‌های آلودگی فاضلاب بعد از تصفیه، ترتیب کارایی به‌صورت حتکن، سکوکان، سرباغ و ده‌میلان بود.

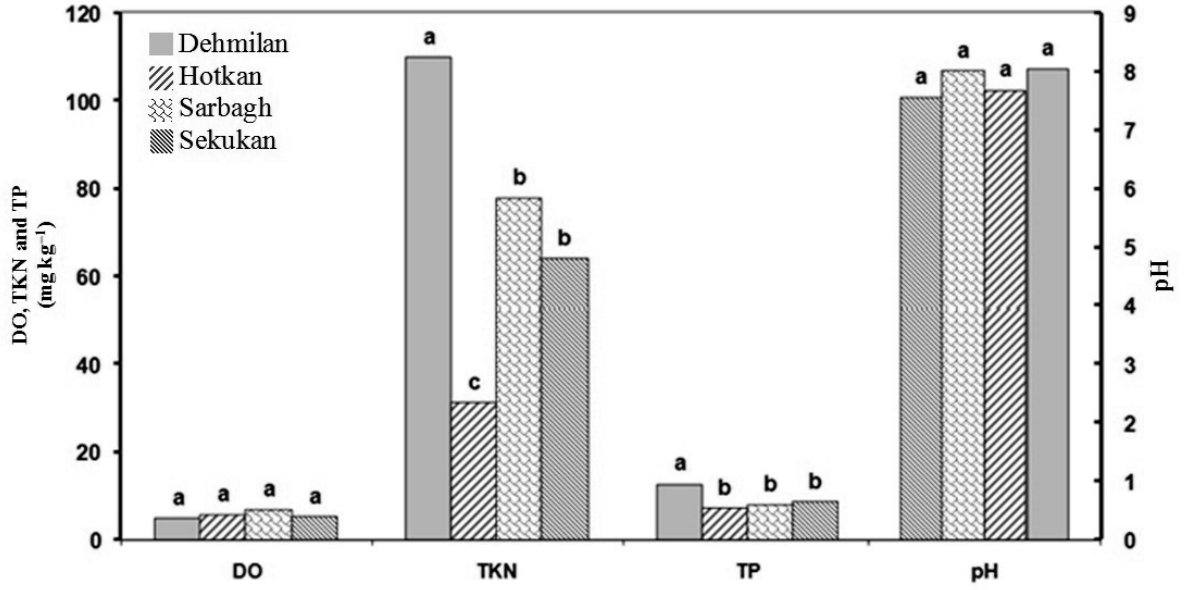
مقایسه آلودگی به فلزات سنگین در فاضلاب تصفیه شده (شکل ۵) نشان داد که بعد از تصفیه، غلظت کادمیوم و همچنین مولیبدن تفاوت معنی‌داری در بین سیستم‌های تصفیه نداشت. بیشترین و کمترین غلظت عنصر روی به‌ترتیب در فاضلاب خروجی ده‌میلان و سرباغ مشاهده شد. همچنین بیشترین غلظت سرب در خروجی ایستگاه سکوکان بود، در حالی که در فاضلاب خروجی سایر سیستم‌های تصفیه، غلظت این عنصر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت. از طرفی، بیشترین و کمترین غلظت نیکل به‌ترتیب در فاضلاب خروجی سرباغ و سکوکان مشاهده شد. در مطالعات قبلی وجود مقادیر بالای عناصر سنگین نظیر سرب، نیکل، کروم و کادمیوم در پساب حاصل از تصفیه فاضلاب گزارش شده است (۱۳ و ۳۱).

نتایج بررسی سایر محققان نشان از آن دارد که کاربرد پساب در اراضی زراعی، غلظت عناصر سنگین را در خاک (۱۹ و ۳۳) و محصولات کشاورزی (۶) افزایش می‌دهد. تحقیقات گذشته که در ایران انجام شده نیز بر این موضوع تأکید دارد که غلظت عناصر سنگین خاک، در مکان‌هایی که از پساب برای آبیاری اراضی استفاده می‌شود، بیشتر بوده است (۱۷ و ۳۱).



شکل ۱- مقایسه مقادیر برخی خصوصیات اندازه‌گیری شده در خروجی سیستم‌های تصفیه

Figure 1- Comparison of the selected wastewater properties at the outlet of refining systems



شکل ۲- مقایسه برخی خصوصیات اندازه‌گیری شده در خروجی سیستم‌های تصفیه مورد مطالعه

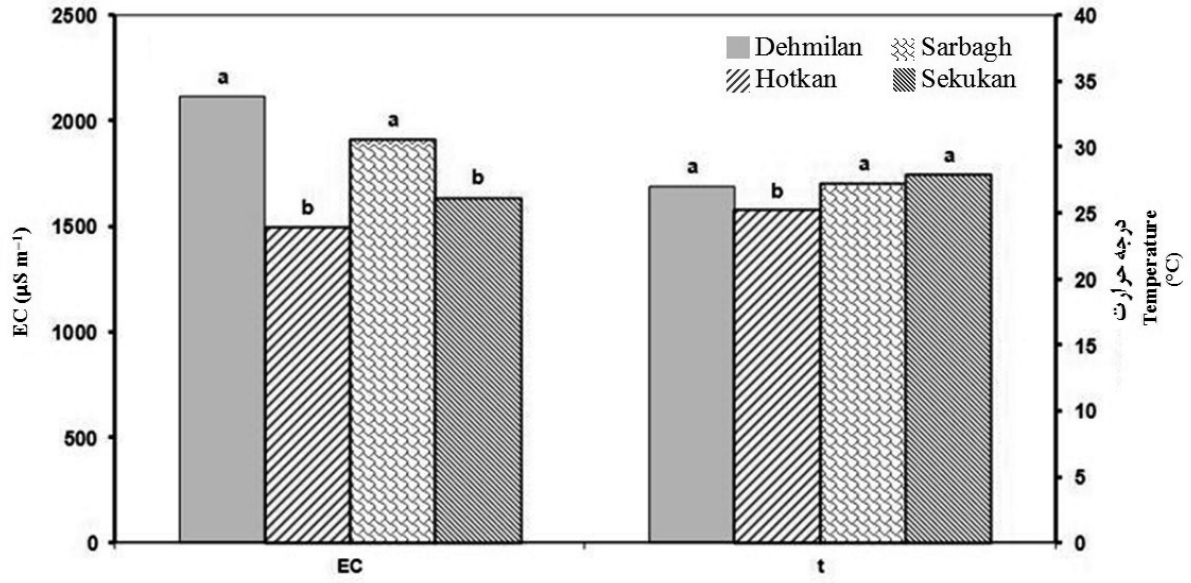
Figure 2- Comparison of the selected wastewater properties at the outlet of refining systems

این موضوع از آن‌جا اهمیت پیدا می‌کند که در مواردی، آلاینده‌های ناشی از فلزات سنگین به‌قدری پایدار و ماندگارند که اثرات آن‌ها قرن‌ها باقی می‌ماند (۱۶). حتی اگر مقدار عناصر سنگین در پساب نسبتاً کم باشد، ولی کاربرد طولانی مدت آن برای آبیاری موجب افزایش میزان این عناصر در خاک می‌شود (۲۶).

برای ارزیابی کارایی سیستم‌های تصفیه پارامتر درصد نسبی تغییر تعیین گردید. نتایج این مقایسه در شکل‌های ۶ تا ۹ ارائه شده است. در بیشتر موارد، شاخص‌های آلودگی در خروجی نسبت به ورودی کاهش یافت. میزان این کاهش بسته به خصوصیات و سیستم تصفیه متفاوت بود. این در حالی است که مقدار DO در ایستگاه سرباغ،

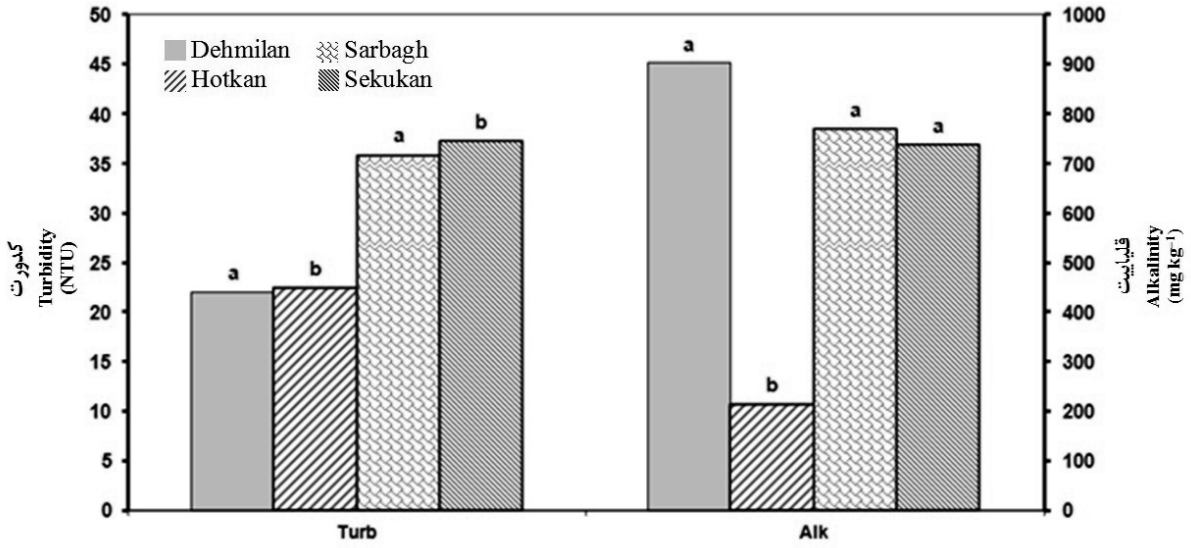
نیتروژن کل در ایستگاه سکوکان، فسفر کل و قلیائیت در همه ایستگاه‌ها به جز حتکن، EC در سیستم‌های سرباغ و سکوکان، درجه حرارت در ایستگاه سکوکان در خروجی بیشتر از ورودی بود.

در یک مطالعه (۲۸) با هدف بررسی عملکرد سیستم تصفیه فاضلاب روستای مراد تپه به روش تالاب مصنوعی مشخص شد که BOD فاضلاب ورودی از ۵۷ میلی‌گرم در لیتر به ۸ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی (با میانگین زدایش ۷۹ درصد) و COD فاضلاب ورودی از ۹۷ میلی‌گرم در لیتر به ۲۴ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی (با میانگین زدایش ۷۰ درصد) کاهش یافت. همچنین، مقدار TSS از ۴۰ میلی‌گرم در لیتر به ۵ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی (با میانگین زدایش ۷۶ درصد)، مقدار TKN ورودی از ۱۳ میلی‌گرم در لیتر به ۴ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی (با میانگین زدایش ۵۹ درصد) و میزان فسفر کل (TP) فاضلاب ورودی از ۷/۵۳ میلی‌گرم در لیتر به ۰/۸۶ میلی‌گرم در لیتر (با میانگین زدایش ۸۶ درصد) کاهش یافت (۲۸). در مطالعه دیگری (۱۰) توانستند مقدار BOD و همچنین فسفر کل (TP) خروجی از فاضلاب را به‌ترتیب ۸۹/۹ و ۷۶ درصد نسبت به فاضلاب ورودی کاهش دهند.



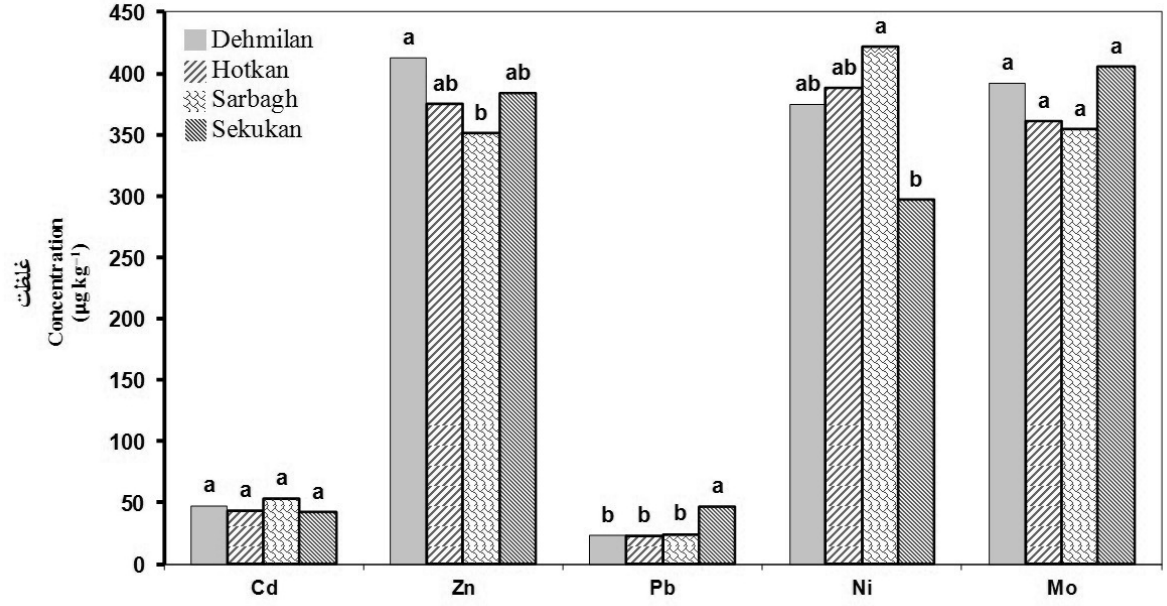
شکل ۳- مقایسه هدایت الکتریکی و درجه حرارت اندازه‌گیری شده در خروجی سیستم‌های تصفیه مورد مطالعه

Figure 3- Comparison of measured electrical conductivity and temperature at the outlet of refining systems



شکل ٤- مقایسه کدورت و قلیاییت اندازه‌گیری شده در خروجی سیستم‌های تصفیه مورد مطالعه

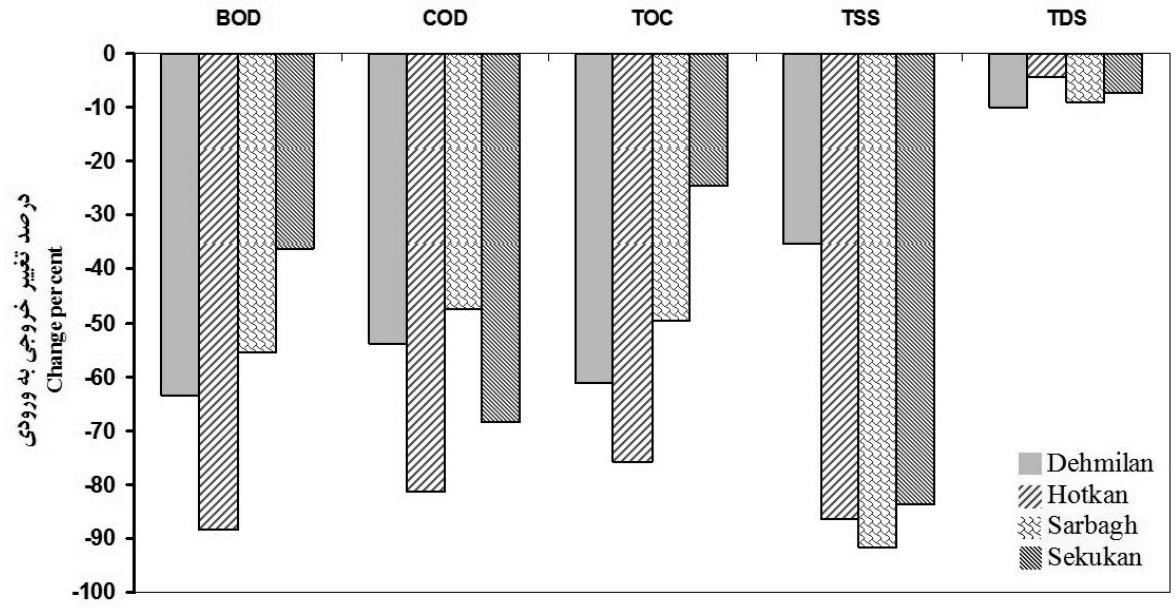
Figure 4- Comparison of measured turbidity and alkalinity at the outlet of refining systems



شکل ۵- مقایسه غلظت عناصر سنگین در خروجی سیستم‌های تصفیه

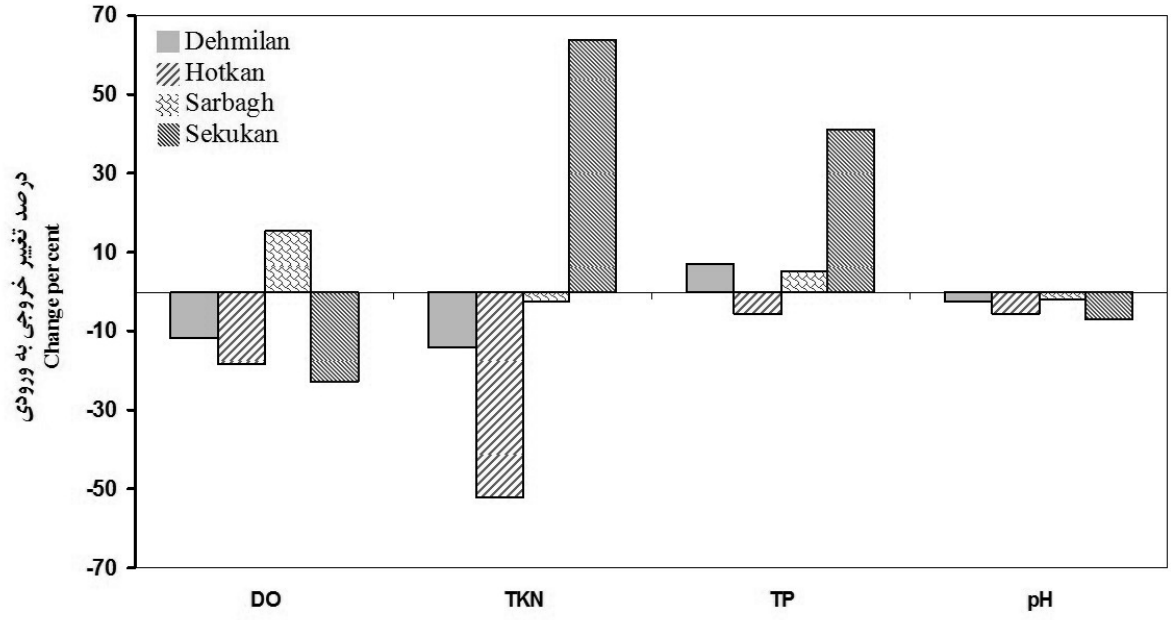
Figure 5- Comparison of heavy metals concentration at the outlet of refining systems

این در حالی است که در برخی از تحقیقات گذشته افزایش فسفر موجود در پسماند فاضلاب گزارش شده است (۳۶) که می‌تواند منجر به ته‌نشینی فسفات در لوله‌های انتقال و پوسته شدن آن‌ها شود. مطالعات قبلی نشان داده که مکانیسم‌های ته‌نشینی و فیلتراسیون نسبت به فرآیندهای بیولوژیکی تاثیر بیشتری در کاهش TSS دارند (۲۳). به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر، دلیل کاهش میزان TSS در فاضلاب خروجی نسبت به ورودی، ته‌نشینی ذرات معلق موجود در فاضلاب است.



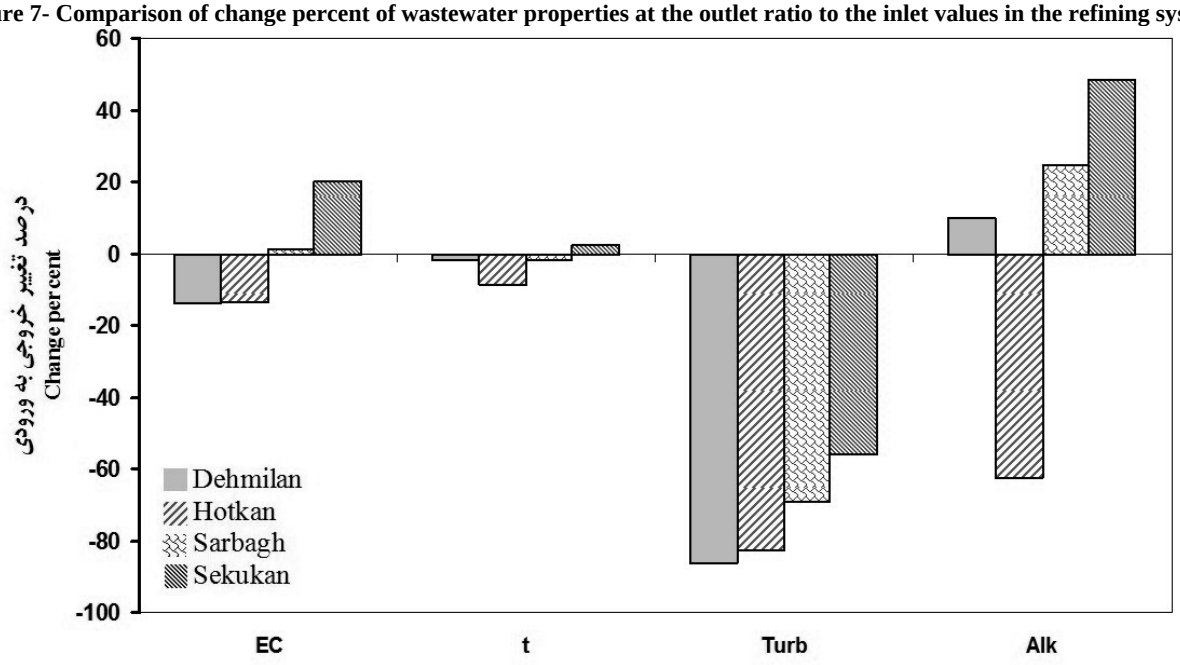
شکل ٦- مقایسه درصد تغییر خروجی نسبت به ورودی برای برخی خصوصیات در سیستم‌های تصفیه

Figure 6- Comparison of change percent of wastewater properties at the outlet ratio to the inlet values in the refining systems



شکل ۷- مقایسه درصد تغییر خروجی نسبت به ورودی برای برخی خصوصیات در سیستم‌های تصفیه

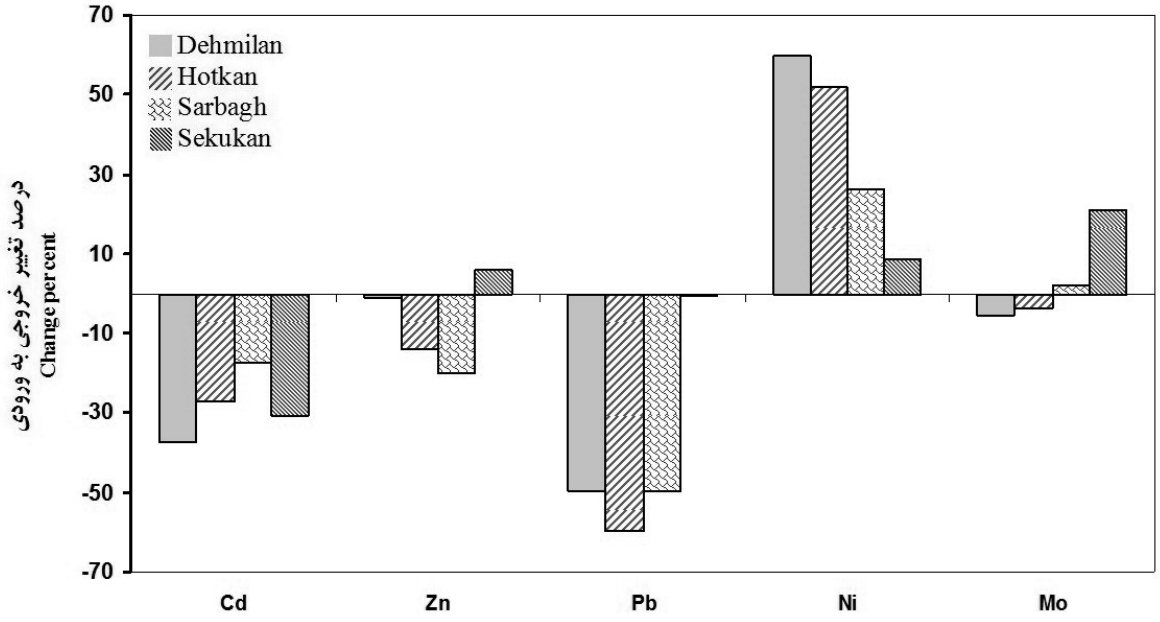
Figure 7- Comparison of change percent of wastewater properties at the outlet ratio to the inlet values in the refining systems



شکل ۸- مقایسه درصد تغییر خروجی نسبت به ورودی برای برخی خصوصیات در سیستم‌های تصفیه

Figure 8- Comparison of change percent of wastewater properties at the outlet ratio to the inlet values in the refining systems

مقایسه غلظت عناصر سنگین در خروجی نسبت به ورودی نشان می‌دهد که در همه سیستم‌ها، غلظت کادمیوم و سرب کاهش و غلظت نیکل افزایش یافته است (شکل ۹). این موضوع احتمالاً به دلیل ورود نیکل از طریق شبکه تصفیه و فعل و انفعالات داخل آن صورت گرفته است. با این وجود غلظت نیکل در خروجی کمتر از حد مجاز است. علاوه بر این، غلظت عنصر روی در ایستگاه سکوکان و غلظت مولیبدن در ایستگاه‌های سرباغ و سکوکان در خروجی بیشتر از ورودی بود. در مجموع آلودگی فلزات سنگین در ورودی و خروجی سیستم‌های تصفیه گویای این مطلب است که همه عناصر مورد مطالعه غیر از مولیبدن در ورودی و خروجی کمتر از حد مجاز است.



شکل ۹- مقایسه درصد تغییر غلظت عناصر سنگین در خروجی نسبت به ورودی در سیستم‌های تصفیه

Figure 9- Comparison of change percent of heavy metals concentration at the outlet ratio to the inlet values in the refining systems

مقدار مجاز غلظت عناصر سنگین کادمیوم، روی، سرب، نیکل و مولیبدن برای تخلیه به آب‌های سطحی بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست (۹) به‌ترتیب برابر با ۱۰۰، ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۱۰ میکروگرم بر کیلوگرم می‌باشد. روش‌های مختلفی برای کاهش مقدار یون‌های فلزی از فاضلاب وجود دارد که هر کدام از آن‌ها بسته به سهولت استفاده، انعطاف‌پذیری، موثربودن فرآیندها، قیمت، مشکلات فنی و نگهداری، دارای مزایا و معایبی هستند (۲۰).

از این میان، جذب یک فرآیند کارآمد در حذف فلزات سنگین از فاضلاب‌ها محسوب می‌شود (۳۰). در یک تحقیق (۲۰) مشخص شد که کمپوست برگ، جاذب مناسبی برای عناصر روی و نیکل بوده و شن توانایی مناسبی برای جذب فلزات سنگین موجود در فاضلاب دارد. در مجموع به نظر می‌رسد در اثر فعل و انفعالات شیمیایی در حین تصفیه، غلظت برخی عناصر سنگین بعد از تصفیه دچار تغییر شده باشد.

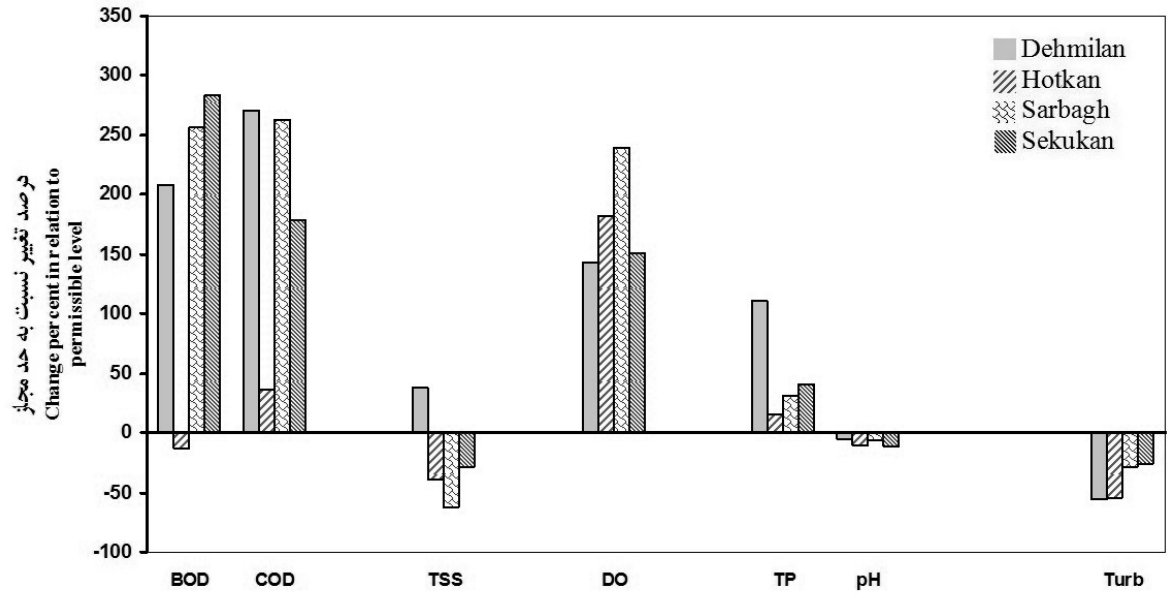
مقایسه درصد تغییر خصوصیات مورد مطالعه در خروجی نسبت به حد مجاز در شکل ۱۰ نشان داده شده است. تنها در موارد معدودی سیستم‌های تصفیه توانسته آلودگی را کاهش دهد. مقایسه بین سیستم‌ها نشان می‌دهد که هر چند از نظر BOD و COD سیستم حتکن کارایی بیشتری نسبت به سایر سیستم‌ها داشت، ولی تنها مقدار BOD کمتر از حد مجاز برای ورود به آب‌های سطحی بود. مقدار مجاز BOD و COD برای تخلیه به آب‌های سطحی بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست (۹) به‌ترتیب برابر با ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. البته بر مبنای حد مجاز برای مصارف کشاورزی، شاخص COD نیز برای ایستگاه حتکن کمتر از حد مجاز بود. در سایر سیستم‌های تصفیه، مقدار این دو عامل در خروجی بیشتر از حد مجاز بود. همچنین همه سیستم‌ها غیر از ده میلان توانسته که مواد معلق را نسبت به حد مجاز آن که برابر با ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (۹)، کاهش دهد. به نظر می‌رسد علت این موضوع لجن‌زدایی، انعقاد و خروج مواد معلق از فاضلاب است (۳۴). از طرفی، مقدار فسفر کل در همه سیستم‌ها نسبت به حد مجاز (۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) افزایش یافته است. مصرف پساب می‌تواند منبع تولید نیترات (۱۸) و فسفر خاک (۱۱) در اراضی کشاورزی باشد. خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مقدار مواد آلی و در نتیجه نیتروژن کل و فسفر آلی اندکی دارند. در نتیجه، در صورت مصرف اصولی پساب فاضلاب با توجه به نیاز کودی در چنین خاک‌هایی می‌توان در جهت بهبود حاصلخیزی آنها گام برداشت. البته در صورت بالابودن غلظت فسفر در نتیجه مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، استفاده از پساب توصیه نمی‌شود. علاوه بر این، نتایج نشان داد که کدورت در خروجی همه سیستم‌های تصفیه نسبت به حد مجاز که برابر با ۵۰ NTU است (۹)، کاهش داشت. در مقابل، در همه سیستم‌ها، مقدار اکسیژن محلول بیشتر از حد مجاز (۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود.

مقایسه درصد تغییر غلظت عناصر سنگین در خروجی نسبت به

حد مجاز (شکل ۱۱) نشان داد که در همه سیستم‌های تصفیه، غلظت عناصر سنگین کادمیوم، روی، سرب و نیکل کمتر از حد مجاز آن‌ها (به‌ترتیب برابر با ۱۰۰، ۲۰۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم طبق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست) بوده در حالی که غلظت مولیبدن بیشتر از حد مجاز آن (۱۰ میکروگرم بر کیلوگرم) می‌باشد. به عبارتی، در همه سیستم‌های تصفیه در فاضلاب ورودی غلظت عناصر سنگین مگر مولیبدن کمتر از حد مجاز بود و بنابراین به‌نظر می‌رسد در این فاضلاب‌ها، آلودگی به فلزات سنگین وجود ندارد. از طرف دیگر، هیچ یک از سیستم‌های تصفیه نتوانسته غلظت مولیبدن را به کمتر از حد مجاز کاهش دهد. با توجه به اینکه هم در ورودی و هم در خروجی فاضلاب، غلظت مولیبدن بیشتر از حد مجاز است، لذا منشا این آلاینده در فاضلاب وجود داشته و تصفیه از طریق سیستم‌های موجود ممکن نیست. در مجموع، با تصفیه فاضلاب از طریق سیستم‌های موجود، منابع آلودگی به فلزات سنگین کاهش معنی‌داری نیافته است. یکی از دلایل احتمالی برای بالابودن غلظت مولیبدن در فاضلاب منطقه مورد مطالعه، وجود معادن ذغال سنگ و استخراج از آن‌ها توسط ساکنین منطقه است. از جمله معادن ذغال سنگ منطقه مورد مطالعه، می‌توان به معادن دار بیدخون، حتکن و باب نیزو اشاره کرد که در فاصله ۲۵ تا ۳۰ کیلومتری شرق شهرستان زرند قرار دارند. بالا بودن غلظت مولیبدن در فاضلاب منطقه مورد مطالعه از یک طرف و آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل از آن بسیار جدی است چرا که غلظت این عنصر تا حدود ۴۰۰۰ درصد بیشتر از حد مجاز (۱۰ میکروگرم بر کیلوگرم) است. این موضوع دلالت بر عدم کارایی سیستم‌های تصفیه موجود در کاهش عوامل آلاینده ناشی از فلزات سنگین دارد.

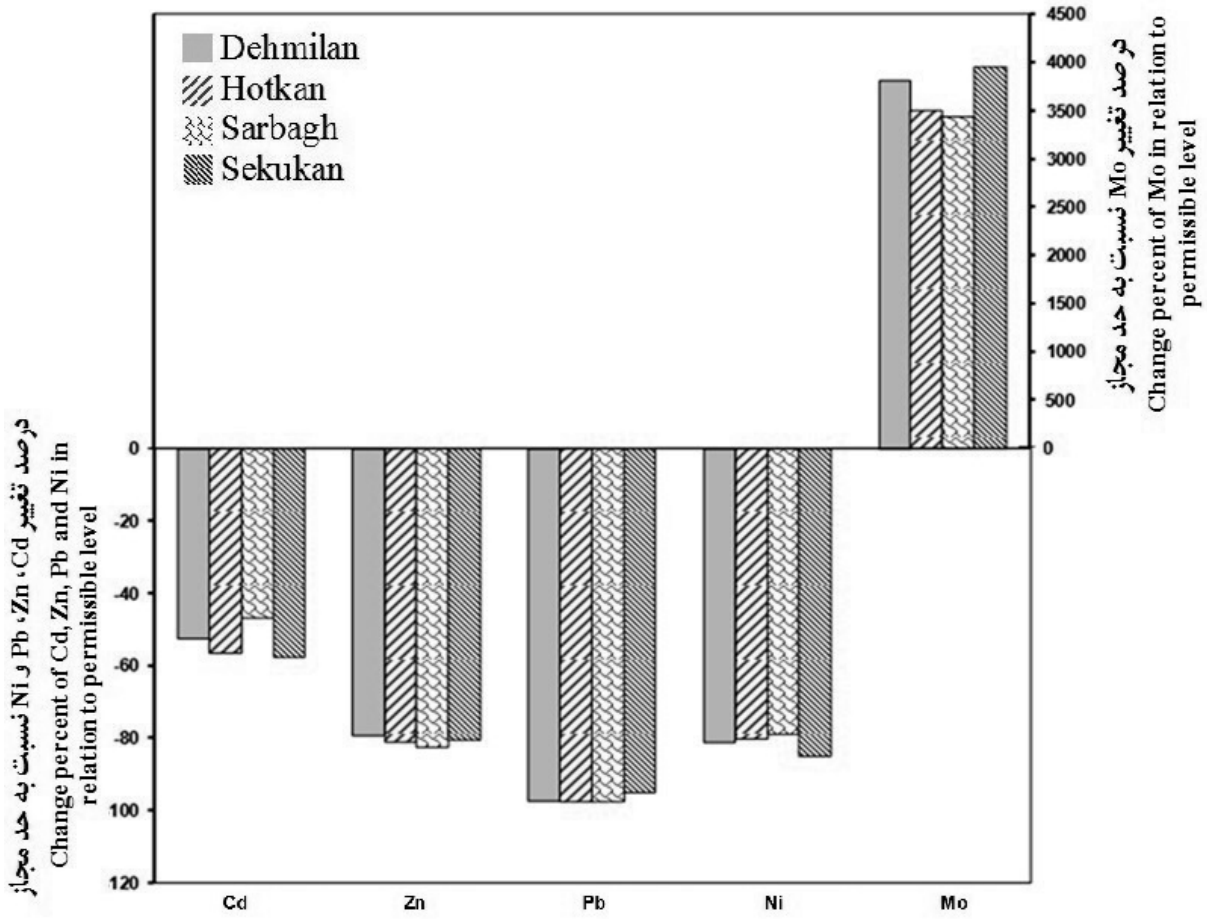
نتیجه‌گیری کلی

نتایج مقایسه سیستم‌های تصفیه مورد مطالعه نشان داد که بعد از تصفیه، بین مقادیر DO، کادمیوم و مولیبدن مربوط به چهار سیستم تصفیه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی سایر خصوصیات تفاوت معنی‌داری در بین چهار سیستم تصفیه نشان داد. بر اساس شاخص‌های آلودگی فاضلاب بعد از تصفیه، ترتیب کارایی به‌صورت حتکن، سکوکان، سرباغ و دهمیلان بود. در همه سیستم‌ها بعد از تصفیه، غلظت کادمیوم و سرب کاهش و غلظت نیکل افزایش یافت. این موضوع احتمالاً به دلیل ورود نیکل از طریق شبکه تصفیه و فعل و انفعالات داخل آن صورت گرفته است. با این وجود، غلظت نیکل در خروجی کمتر از حد مجاز بود. از طرفی، مقدار فسفر کل در همه سیستم‌ها نسبت به حد مجاز افزایش یافت. علاوه بر این، کدورت در خروجی همه سیستم‌های تصفیه نسبت به حد مجاز کاهش داشت. در مقابل، در همه سیستم‌ها، مقدار اکسیژن محلول بیشتر از حد مجاز بود. آلودگی فلزات سنگین در ورودی و خروجی سیستم‌های تصفیه گویای این مطلب بود که همه عناصر مورد مطالعه غیر از مولیبدن در ورودی و خروجی کمتر از حد مجاز است.



شکل ۱۰- مقایسه درصد تغییر شاخص‌های آلودگی در خروجی نسبت به حد مجاز در سیستم‌های تصفیه

Figure 10- Comparison of change percent of pollution indices with respect to permissible level in the refining systems



شکل ۱۱- مقایسه درصد تغییر غلظت عناصر سنگین در خروجی نسبت به حد مجاز در سیستم‌های تصفیه

Figure 11- Comparison of change percent of heavy metals concentration with respect to permissible level in the refining systems

با توجه به این موضوع به نظر می‌رسد که منشا این آلاینده در فاضلاب وجود داشته و تصفیه از طریق سیستم‌های موجود ممکن نیست. در مجموع، بالا بودن غلظت مولیبدن در فاضلاب منطقه مورد مطالعه از یک طرف و آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل از آن بسیار جدی است چرا که غلظت این عنصر تا حدود ۴۰۰۰ درصد بیشتر از حد مجاز بود. این موضوع دلالت بر عدم کارایی سیستم‌های تصفیه موجود در کاهش عوامل آلاینده ناشی از فلزات سنگین دارد.

سپاسگزاری

از شرکت آب و فاضلاب روستایی کرمان به دلیل همکاری در انجام این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

1- Ahuja S. 2009. Handbook of Water Purity and Quality. Calabash, NC, USA.
2- Antelo J., Avena M., Fiol S., Lopez R., and Arce F. 2005. Effects of pH and ionic strength on the adsorption of phosphate and arsenate at the goethite water interface. Journal of Colloid and Interface Science, 285: 476-486.
3- Aviles A., Rodero J., Amores V., de Vicente A., Isabel Rodrıguez M., and Xavier Niell F. 2006. Factors controlling phosphorus speciation in a Mediterranean basin (River Guadalfeo, Spain). Journal of Hydrology, 331: 396- 408.
4- Azimi A.A., and Ameri M. 2002. Determination of discharge and wastewater pollutants in Sahebgharanie- Tehran refining system. Environmental Sciences, 29: 93-100. (in Persian with English abstract).

5- Bitton G. 1999. Wastewater Microbiology. 2nd Edition. Wiley-Liss.
6- Chary N.S., Kamala C.T., and Raj D.S.S. 2008. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety, 69: 513-524.
7- Chen G.C., He Z.L., Stoella P.J., Yang X.E., Yang Yu. S., and Calvert D. 2006. Use of dolomite phosphate rock (DPR) fertilizers to reduce phosphorus leaching from sandy soil. Environmental Pollution, 139: 176-182.
8- Chitrakar R., Tezuka S., Sonoda A., Sakane K., Ooi K., and Hirotsu T. 2005. Adsorption of phosphate from seawater on calcined Mg-Mn-layered double hydroxides. Journal of Colloid and Interface Science, 290: 45-51.
9- Environmental Protection Organization of Iran. 2001. Executive Law, C: No. 104, 134. The Third Development Program. Green Circe Press. (in Persian).
10- Fan C., Chang F.C., Ko C.H., Sheu Y.S., Teng C.J., and Chang T.C. 2009. Urban pollutant removal by a constructed riparian wetland before typhoon damage and after reconstruction. Ecological Engineering, 34: 424-243.
11- Hasanoghli A. 2003. Application of domestic and refining systems wastewaters in irrigation of agricultural crops. Final Report of Plan Number 83.806, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Tehran. 231 p. (in Persian with English abstract)
12- Hosseini M.M., Babalu A., and Afshar M.V. 2003. Study on Lagon suitability using mechanical aerobic in reduction of BOD, COD and TSS in wastewater refining system of Khuy. Urmia Medical Journal, 14(3): 158-166. (in Persian with English abstract)
13- Khatami F. 2008. Pollution of heavy metal in Karoun River, Ahvaz. MSc. Thesis, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran. (in Persian with English abstract)
14- Lazarova V., Levine B., Shack J., Cirelli G., Jeffrey P., Muntau H., Salgot M., and Brissaud F. 2001. Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. Water Science and Technology, 43(10): 23-33.
15- Ligraid B.O.C., and Karstad C.O. 2001. Agricultural Fertilizers and the Environment. CABI pub. New York.
16- Manahan E.S. 2005. Environmental Chemistry. 8th Ed., New York, 783p.
17- Mardani G., Sadeghi M., and Ahankoub M. 2010. Soil pollution due to surface runoff in South of Tehran. Journal of Water and Wastewater, 75: 108-113. (in Persian with English abstract)
18- Michalski R., and Kurzyca I. 2006. Determination of nitrogen species (nitrate, nitrite and ammonia ions) in environmental samples by ion chromatography. Journal of Environmental Studies, 13(1): 5-18.
19- Mireles A., Solis C., Andrade E., Solar M.L., Pina C., and Flocchini R.G. 2004. Heavy metal accumulation in plants and soil irrigated with wastewater from Mexico City. Journal of Environmental Pollution, 219-220: 187-190.
20- Mohammadi M., Fotovat, A., and Haghnia G.H. 2009. Adsorption of wastewater heavy metals by sand, soil and organic matter. Journal of Water and Wastewater, 4: 71-81. (in Persian with English abstract).
21- Mulqueen J., Rodgers M., and Scally P. 2004. Phosphorus transfer from soil to surface waters. Agricultural Water Management, 68 (1): 91-105.
22- Neal C., Jarvie H.P., Williams R., Love A., Neal M., Wickham H., Harman S., and Armstrong L. 2010. Declines in phosphorus concentration in the upper River Thames (UK): Links to sewage effluent cleanup and extended end-member mixing analysis. Science of the Total Environment, 408: 1315-1330.
23- Nordin N.A. 2006. Leachate treatment using constructed wetland with magnetic field. M.Sc. Thesis, Malaysia University. Malaysia.
24- Nowruzi M., and Pourkhabaz A. 2010. Qualitative study on Karoon River water. The 4th Professional Symposium and Exhibition of Environmental Engineering. Tehran, Iran. (in Persian)
25- Pedrero F., Kalavrouziotis I., Jose Alarcon J., Koukoulakis P., and Asano T. 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture- Review of some practices in Spain and Greece. Agricultural Water Management, 97(9): 1233-1241.
26- Ratan R.K., Data S.P., Chhonkar P.K., Suribabu K., and Singh A.K. 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater a case study. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment, 109: 310-322.
27- Roeleveld P.J., and Van Loosdrecht M.C. 2002. Experience with guidelines for wastewater characterization in the Netherlands. Water Science and Technology, 45(6): 77-87.
28- Salari H., Hasani, A.H., Borghei M., Yazdanbakhsh A.R., and Rezai H. 2012. Performance of rural refining system using artificial wetland method in removal of N and P from wastewater (case study: Morad Tapeh village). Journal of Water and Wastewater, 3: 40-47. (in Persian with English abstract)
29- Sanchez-Perez J.M., and Tremolieres M. 2003. Change in groundwater chemistry as a consequence of suppression of floods: the case of the Rhine flood plain. Journal of Hydrology, 270: 89-104.
30- Sardashti, A. 2003. Chromium removal from industrial wastewaters. Journal of Water and Wastewater, 45: 18-26. (in Persian with English abstract).
31- Sayadmanesh S.M., Bahmanyar M.A., and Ghajar Sepanlu M. 2014. Application of industrial wastewater in irrigation of fields and the effect on heavy metals accumulation in soil and Rice plant. Journal of Water and

Wastewater, 13: 13-20. (in Persian with English abstract).
32- Shokuhian M., and Piyade F. 2010. Industrial wastewater recovery and its role in water crisis reduction. The 4th Professional Symposium and Exhibition of Environmental Engineering. Tehran, Iran. (in Persian).
33- Srinivasan J., and Reddy V.R. 2009. Impact of irrigation water quality on human health, A case study in India. Ecological Economics, 68: 2800-2807.
34- Torabian A., Ghadimkhani A.A., Rashidi Mehrabadi A., Shokouki M., and Janbeglu R. 2006. Effects of pre-ozonation on organic carbon removal in refining of surface waters. Journal of Water and Wastewater, 58: 2-9. (in Persian with English abstract).
35- Wang S.L., Cheng Y.C., Tzou Y.M., Liaw R.B., Chang T.W., and Chen J.H. 2007. Phosphate removal from water using lithium intercalated gibbsite. Journal of Hazardous Materials, 147: 205-212.
36- Wilsenach J.A., Schuurbiers C.A.H., and van Loosdrecht M.C.M. 2007. Phosphate and potassium recovery from source separated urine through struvite precipitation. Water Research, 41: 458-466.
37- Yazdanpanah N., Pazira E. Neshat A., and Mahmoodabadi M. 2012. Effect of different amendments on some physical and chemical properties of a saline-sodic soil. Arid Biome Scientific and Research Journal, 2(1): 83-97. (in Persian with English abstract).

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 2, May.-Jun. 2015, p. 322-335

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۴، ص. ۳۳۵-۳۲۲

Comparison of Some Rural Wastewater Refining Systems Considering Chemical Properties and Heavy Metals

N. Yazdanpanah[1]

Received:12-12-2013
Accepted:05-04-2015

Introduction: Water scarcity is an important challenge worldwide, especially in arid and semi-arid regions. In these areas, the excessive exploitation of groundwater for irrigation, inefficient irrigation methods, irrigation with low-quality water and uncontrolled utilization of fertilizers in agricultural lands in addition to contamination of water resources by domestic and industrial wastewater in urban as well as rural regions, have led to water pollution problems. Furthermore, pollution and transportation of pollutants through wastewater have been considered as an environmental issue. Wastewater is a term that is used to describe waste materials that includes liquid waste and sewage waste. Wastewaters from single houses in the countryside that are not connected to sewers are generally treated on-site by septic tank systems or individual domestic wastewater treatment systems. Study on wastewater quality derived from refining systems in rural areas has been rarely taken into account. This study investigates the efficiency of some refining systems in the reduction of wastewater pollution indices and heavy metal concentrations.

Materials and Methods: This study was done in four rural areas including Dehmilan, Hotkan, Sarbagh and Sekukan which are located around the city of Zarand in the Kerman province. Recently, some refining systems have been established in these areas in order to mitigate the environmental issues. An experiment was done to assess the efficiency of these refining systems and to determine the pollution indices for such small communities. Wastewater sampling was done in 10 replicates each at one week interval from four refineries. Different variables including BOD, COD, TOC, EC, TSS, TDS, DO, TKN, TP, pH, temperature, turbidity (Turb), alkanity (Alk) and also the concentrations of Cd, Zn, Pb, Ni and Mo were measured using standard methods. To quantify the performance of each system, the amount of each variable at the outlet was compared to the value of the same variable at the inlet. Also, the percentage change of wastewater properties at the outlet ratio to the inlet values in the refining systems was calculated. Meanwhile, the efficiency was evaluated using permissible values reported by the Environmental Protection Organization of Iran.

Results and Discussion: The results showed that after purification, the amounts of DO, Cd and Mo were not significantly different among the studied systems, while, the other parameters were found to be similar. In almost all the cases, the amounts of pollutants decreased at the outlets, nevertheless considering the permissible standards, just in few cases the pollution was reduced. Moreover, in comparison to the standard values, the amount of TP increased, while Turbidity decreased. Additionally, the amount of DO was higher than the threshold values. As a result of purification in all the studied systems, the concentrations of Cd and Pb were reduced, whereas the concentration of Ni increased. Also, the concentrations of heavy metals, except Mo were less than the standard values.

Conclusion: It was concluded that the selected refining systems had limited performance in the purification of wastewater in the studied rural areas. However, the amounts of pollutants showed some reductions at the outlets, based on the permissible standards reported by the Environmental Protection Organization of Iran. In just a few cases the pollution indices were reduced. In fact, the septic tank systems could not remove the chemical pollutants from wastewaters, although the best performance was observed for TSS and Turbidity, which were reduced with respect to permissible levels. The amounts of BOD and COD were higher than the standard values, indicating low efficiency of the refining systems in removal of chemical and biological agents. Also, the concentration of TP was found to be higher than the permissible level. The entrance of phosphorous into the surface runoff and water bodies may lead to eutrophication. The results of assessment of heavy metals indicated that the refining system could reduce the concentrations of Cd and Pb, whereas, the concentration of Ni increased. Anyway, the concentrations of heavy metals, except Mo were less than the standard values. The source of Mo seems to be within the wastewater generated by the rural communities, which can lead to serious environmental problems. The main concern arises from the high concentration of Mo, which was 4000 percent greater than the permissible level. Therefore, more studies are needed on the possible source of Mo in the rural

1- Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman
Email: najmeyazdanpanah@yahoo.com

study region. Also, a modification in the current systems particularly in removal of chemical agents is necessary.

Keywords: Critical level of pollution, Heavy metals, Pollutants, Rural wastewater, Zarand