نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۴، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۱۵۵-۱۴۶

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 14, Apr.-May. 2020, p. 146-155

ارزیابی پایداری محیط‌زیست با بررسی عملکرد تصفیه‌خانه شهری

مرتضی شکری[1*]، سید هادی ابطحی[2]، محمد اعتمادی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۱۲

چکیده

بکارگیری غیرتجاری و صلح‌آمیز از فناوری‌های بین‌المللی معتبر و پیشرفته سازگار با سلامت انسان و محیط‌زیست، در تصفیه کامل و علمی آلودگی‌های سمی تحمیل‌شده به منابع آب سالم، در جهت استفاده بهینه از نعمات بینهایت و بی‌نظیر خالق مطلق جهان و رفع مشکلات خودساخته بشر دارای اهمیت ویژه است. بدین‌منظور در پژوهش حاضر، به بررسی توصیفی- مقطعی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب همدان که با سیستم تصفیه لجن فعال کار می‌کند، در بازه زمانی آذر تا انتهای بهمن ۱۳۹۷پرداخته شد. در ارزیابی تصفیه‌خانه مذکور، پنج پارامتر کیفی پساب ورودی و خروجی، در دو نوبت از روز و بطورکلی شش مرتبه در هر ماه اندازه‌گیری شدند. سپس، ضمن تحلیل نتایج توسط نرم‌افزار SPSS، گراف‌های پارامترهای مذکور با نرم‌افزار Excel ترسیم گردیدند. نتایج تحقیق حاضر به‌ترتیب بیانگر کاهش نسبی ۹۶/۲۷، ۹۴/۲۰، ۹۶/۱۱، ۹۴/۲۳ و ۷/۱۶ درصدی پارامترهای TSS، COD، BOD، NTU و pH بود. در نتیجه، پساب تصفیه‌شده به دلیل خاصیت اسیدی بسیارکم، می‌تواند در صنعت نیروگاه‌های برقی استفاده گردد. همچنین، علی‌رغم ظاهر مجاز استفاده کوتاه‌مدت از پساب آلوده تصفیه‌خانه در کشاورزی-محیط‌زیست، به‌جهت حساسیت غیرقابل ریسک و صدمات روزافزون فاجعه‌بار وجبران‌ناپذیر سرطان‌زابودن تصفیه ناقص پساب-فاضلاب، اعتبارسنجی بیشتر بین‌المللی کاربرد آنها بسیار ضروری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سلامت انسان، پایداری محیط‌زیست، تصفیه‌کامل-علمی، پارامترهای کیفی

مقدمه

ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک کره زمین واقع شده است، و بر اساس پیش‌بینی‌های بانک جهانی، در صورت ابقای شرایط جوی در حالت معمول تا سال ۲۰۲۵، بحران کمبود آب در این کشور افزایش چشمگیری یافته و به دو برابر خواهد رسید (ببران و هنربخش، ۱۳۸۷). فاضلاب و پساب، همان آب مصرفی جامعه است، که به دلایل مختلف و با کاربری‌های متفاوت آلوده شده است (Metcalf and Eddy, 2003). از آنجا که، پساب-فاضلاب دارای مقادیر زیادی آلاینده‌های مختلف میکروبی و شیمیایی است، تخلیه آن به‌صورت تصفیه‌نشده به محیط‌زیست مشکلات زیادی را به وجود می‌آورد. به‌عنوان مثال، استفاده از فاضلاب تصفیه‌نشده در کشاورزی، موجب آلودگی منابع خاک، آب و محصولات کشاورزی می‌گردد و در نتیجه، خطرات جبران‌ناپذیری بر سلامت انسان و سایر جانداران به‌جا خواهد گذاشت. میزان آلاینده‌ها در فاضلاب به قدری است، که طبق تحقیقات انجام گرفته، تخمین زده شده است که هر مترمکعب فاضلاب تصفیه‌نشده قادر است ۴۰ تا ۶۰ متر مکعب آب سالم را به طور قابل‌توجهی آلوده نماید (ترابیان و مطلبی، ۲۰۰۳). بطور کلی فاضلاب، مجموعه‌ای از مواد زائدی است که توسط آب از مناطق شهری نظیر مناطق مسکونی، اداری، تأسیسات تجاری و صنعتی حمل می‌شود، و امکان دارد در برخی مناطق با آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و یا سیلاب‌ها آمیخته شود (حسینی میرمختار، ۱۳۸۱). براساس تحقیق انجام‌گرفته توسط رنگ‌زن و همکاران (۱۳۸۵)، حجم آب‌های نامتعارف موجود در کشور که شامل فاضلاب‌های شهری و صنعتی نیز می‌شود، در سال ۱۳۷۵ درحدود ۳/۴ میلیارد متر مکعب در سال بوده که از این مقدار، فاضلاب و پساب شهری به تنهائی ۲/۵ میلیارد متر مکعب در سال را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۸۰ با توجه به رشد جمعیت و توسعه‌ی شهرها مقدار این فاضلاب‌ها به ۴/۵ میلیارد متر مکعب در سال رسید، و پیش‌بینی شد که این مقدار در سال ۱۳۹۰ به ۷ میلیارد مترمکعب در سال برسد (رنگ‌زن و همکاران، ۱۳۸۵).

به‌منظور جلوگیری از اثرات مخرب تخلیه فاضلاب به محیط‌زیست و نیز جلوگیری از کاهش سطح بهداشت جامعه، لزوم

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی- مهندسی کبودراهنگ، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۲- دکتری تخصصی (PhD) علوم و مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email: Msh.Shokri@gmail.com

تصفیه فاضلاب بطور ویژه حائز اهمیت می‌باشد (میرمختار و همکاران، ۱۳۸۳). یکی از مهمترین چالش‌های زیست‌محیطی جوامع مختلف خصوصاً کشور ایران، دفع آلاینده‌ها و مواد اضافی فاضلاب‌ها است (Vidal and Moraes, 2019). عملکرد تصفیه خانه‌های فاضلاب تابع عوامل مختلف کیفی، نظیر مسائل زیست‌محیطی و پارامترهای اقتصادی، میزان مواد آلاینده فاضلاب و شرایط مدیریتی تصفیه‌خانه می‌باشد (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۹۱). در تصفیه فاضلاب‌ها، تکنولوژی‌های مورد استفاده، بسیار متنوع هستند (Biase et al., 2019; Cheremisinoff, 2019). از جمله این موارد، می‌توان به سیستم‌هایی همچون ممبران‌های بیوراکتور (MBR) و اولترافیلتراسیون (UF) اشاره کرد، که علاوه بر هزینه‌های اولیه، لازم است جهت بهره‌برداری و نگهداری از آنها از افراد با تخصص و تجربه کافی استفاده شود. در فرآیند تصفیه فاضلاب، موادی که معمولاً بایستی جداسازی شوند، عبارتند از مواد معلق و شناور، مواد کلوئیدی و مواد محلول، که روش‌های متفاوتی برای جداسازی این مواد وجود دارد. از مهم‌ترین این روش‌ها، می‌توان به عملیات فیزیکی برای جداسازی مواد معلق و شناور، و عملیات شیمیایی و زیستی برای جداسازی مواد کلوئیدی و محلول اشاره کرد. در کل، راهبری درست و دقیق تصفیه‌خانه‌های فاضلاب از مهم‌ترین چالش‌های مدیریتی در بخش آب و فاضلاب کشور می‌باشد (رمضانی گورابی و رجبی، ۱۳۹۳؛ متولی و همکاران، ۱۳۹۲). در نتیجه، اهداف اصلی و عمده پژوهش حاضر استفاده سالم صلح‌آمیز-غیرتجاری از فناوری‌های معتبر بین‌المللی-پیشرفته‌ای است، که بطور پیوسته تحت جدیدترین آزمایش‌های اعتبارسنجی و سازگار با سلامت انسان و محیط‌زیست، با حداکثر دقت صحت‌سنجی-اعتبارسنجی شده‌اند. در این راستا، پژوهش در زمینه جداسازی تکمیل و کاملاً علمی و تجربی آلاینده‌های مختلف و مواد سمی گوناگون جهت استفاده در مصارف صنعتی دوست‌دار محیط‌زیست، و تلاش حداکثری در جهت پیشگیری بدون آزمون و خطا از تأثیرات مخرب و فاجعه‌بار بر محیط‌زیست بی‌نظیر بین‌المللی بسیار ضروری می‌باشد.

روش بررسی

تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال، اولین بار توسط آردن و لاکت در سال ۱۹۱۵ در شهر منچستر مورد استفاده قرار گرفت (Arden, E. and Lockett, W.T. 1915). علت نامگذاری این روش، تولید توده‌های میکروبی فعال است که به صورت هوازی قادر به تثبیت و تصفیه توده‌های فاضلاب هستند. در اصل، تصفیه فاضلاب به کمک روش لجن فعال بدین صورت است، که پساب تصفیه اولیه در مخزن هوادهی که در آن یک محیط کشت میکروبی هوازی به حالت تعلیق قرار دارد وارد می‌شود، و فضولات آلی جهت سوخت و ساز میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و به لخته‌های بیولوژیکی تبدیل می‌گردند. محیط هوازی با استفاده از هوادهی مکانیکی با دمنده‌های هوا (حباب‌های هوا) ایجاد می‌شوند، که علاوه بر هوادهی باعث اختلاط کامل محتویات درون استخر نیز می‌گردند. این مخلوط، سپس در مخازن ته نشینی ثانویه وارد شده و لخته‌های بیولوژیکی تولید شده از طریق روش ثقلی ته‌نشین می‌گردند، که بخشی از این سلول‌های ته‌نشین شده (لجن فعال) برای رساندن غلظت میکروارگانیسم‌ها به حد مطلوب به استخر هوادهی برگشت داده می‌شوند و بخشی دیگر به عنوان لجن اضافی دفع می‌گردند. سپس، پساب مخزن ته‌نشینی ثانویه پس از اختلاط با کلر وارد حوضچه کلرزنی شده و از آنجا به محل دفع نهایی تخلیه می‌گردد. روش لجن فعال، به صورت یک فرایند پیوسته همراه با بازگشت مجدد لجن بیولوژیک شناخته می‌شود. سیستم لجن فعال از سه بخش اصلی تشکیل یافته است. نخست، یک راکتور که در آن میکروارگانیسم‌های موجود در فاضلاب به صورت معلق و در معرض هوادهی قرار دارند؛ بخش دیگر جداسازی فاز جامد از مایع که معمولاً در یک تانک جداسازی انجام می‌شود؛ و در مرحله آخر یک سیستم برگشتی، که برای بازگرداندن مواد جامد جدا شده از فاز مایع در تانک جداسازی به راکتور ایجاد می‌گردد.

ویژگی مهم روش لجن فعال، شکل‌گیری مواد جامد لخته‌شده و قابل ته‌نشینی است که این مواد در تانک‌های ته‌نشینی از فاضلاب جدا می‌شوند. نسبت F/M و غلظت لجن موجود در حوضچه هوادهی (MLSS)، از پارامترهای مهم طراحی و بهره‌برداری سیستم در فرآیندهای بیولوژیکی محسوب می‌گردد. به‌منظور کنترل غلظت جرم سلولی در حوضچه هوادهی، برگشت لجن از حوضچه ته‌نشینی به ابتدای حوضچه هوادهی اجتناب‌ناپذیر بوده و به این منظور معمولاً از ایستگاه پمپاژ استفاده می‌شود. به این ترتیب، علاوه بر هزینه‌های سرمایه‌گذاری ایستگاه پمپاژ، هزینه‌های انرژی مصرفی نیز به سیستم تحمیل می‌گردد. هم‌چنین، بهره‌برداری ویژه جهت تنظیم و ثابت نگه‌داشتن غلظت مواد جامد ضرورت دارد. یکی از مشکلات بهره‌برداری از سیستم‌های لجن فعال اپراتوری صحیح است و هر اندازه، این وابستگی بهره‌برداری به نیروی انسانی و تجهیزات مکانیکی بیشتر باشد، این مشکلات، بیشتر نمایان می‌گردد. لذا این ضرورت، همواره در میان بهره‌برداران تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به‌ویژه صنعتی، جهت کاهش این وابستگی وجود داشته و دارد. استفاده از روش‌های ابتکاری برگشت خود به خودی لجن، روشی مؤثر در این زمینه است که بدون نیاز به ایستگاه پمپاژ لجن، بر اساس تفاوت غلظت مواد در حوضچه ته‌نشینی و حوضچه هوادهی، برگشت لجن انجام می‌شود (آقاجانی نژاد، ۱۳۹۱).

در ارزیابی کارایی تصفیه‌خانه‌های شهرهای مختلف، روش‌ها و ایده‌های مختلفی به‌کار گرفته شده است (Falcone et al., 2017؛

دهقانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ شکری و همکاران، ۱۳۹۳). در تحقیق میران‌زاده و بابامیر (۱۳۸۲) در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان، در یک بازه زمانی یک‌ساله، پارامترهای COD، BOD و TSS اندازه‌گیری‌شده و مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت، نتایج بررسی آنان نشان داد که راندمان حذف غیرکامل هر یک از پارامترهای فوق، به ترتیب ۹۲، ۹۴ و ۹۶ درصد می‌باشد. در بررسی تصفیه‌خانه شهر زنجان نیز، باقری اردبیلیان و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند، که راندمان حذف نسبی پارامترهای COD، BOD و TSS به ترتیب ۸۷/۲۹، ۸۷/۲۵ و ۷۷/۹۱ درصد بوده است. ضمناً در این بررسی ملاحظه شد، که کارایی تصفیه‌خانه زنجان در حذف غیرتکمیل آلاینده‌های فاضلاب بطور متوسط ۸۴ درصد است. در پژوهشی دیگر، ندافی و همکاران (۱۳۸۴) در راستای بررسی عملکرد لاگون‌ها در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان، پارامترهای TSS، BOD، COD، کل کلیفرم‌ها از جمله کلیفرم‌های مدفوعی در فاضلاب ورودی و خروجی اندازه‌گیری شد. در پایان بررسی نتایج پژوهش مذکور مشخص گردید، که راندمان حذف غیرکامل برای آلاینده‌های فوق به ترتیب ۷۳/۵۶، ۹۱/۵۸، ۸۹/۹۵، ۹۹/۹۷ و ۹۹/۷۱ درصد بوده است. مطالعاتی نیز در رابطه با سیستم‌های مختلف تصفیه انجام گردیده است، که در یکی از این سیستم‌ها به بررسی روش لجن فعال تغییریافته برای بررسی تصفیه فاضلاب حاوی ماده فورفورال و پارامترهای COD، MLSS و SVI به عنوان شاخص‌های کلی راهبری تصفیه‌خانه پرداخته شده است. بطوری‌که بررسی نتایج آنها، حکایت از کاهش نسبی و ۹۸ درصدی میزان آلودگی در تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال داشته است (Sharifi-Yazdi et al., 2001). همچنین در سیستم تصفیه دیگری که به ارزیابی تصفیه بیولوژیکی از نوع سیستم لجن فعال برروی پساب پرداخته بود، پارامترهای BOD و COD اندازه‌گیری شده و در پایان، ملاحظه گردید که این سیستم تصفیه نیز بطور غیرکامل، تا ۹۸ درصد در کاهش آلاینده‌ها مؤثر بوده است (نوری و همکاران، ۱۳۸۴). با توجه به مباحث اخیر در زمینه بررسی پساب تصفیه‌شده در تصفیه‌خانه، لازمست قابلیت استفاده از آن در بخش‌های مختلفی نظیر صنعت مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین‌منظور با نمونه‌برداری و انجام آزمایشاتی در مورد پارامترهای زیست‌محیطی پساب تصفیه‌خانه همدان و مقایسه نسبی نتایج مذکور با معیار سازمان محیط‌زیست، تاحدی به این موضوع پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

استان همدان در نیمه غربی کشور و در همسایگی استان‌های مرکزی، قزوین، زنجان، کرمانشاه، کردستان و لرستان واقع شده و شهر همدان به عنوان مرکز استان شناخته شده است. طبق آخرین سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت این شهر ۶۷۶۱۰۵ نفر اعلام شد. شهر همدان دارای شبکه قدیمی و مدرن جمع‌آوری فاضلاب است که با توجه به جمعیت شهر، پوشش خدمات شبکه جمع‌آوری قدیمی و مدرن در حدود ۶۹/۹۸ درصد است. استان همدان ۲۳۰۰۰۰ مشترک فاضلاب دارد، که از این تعداد ۱۶۲۰۰۰ مشترک آن مربوط به شهر همدان است. بدلیل عدم برنامه‌ریزی اصولی توسعه در گذشته، شهر همدان با مشکلات بسیار زیادی، در زمینه عدم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب روبرو گردید. در این شرایط، طرح جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهر همدان مطرح و در همین راستا مراحل فراهم‌سازی مقدمات پروژه شامل مطالعات اولیه، رایزنی‌های محلی و تملک اراضی، نقشه‌برداری و طراحی بخش‌های سیستم تصفیه‌خانه انجام شد (حسین‌لو و تائبی، ۱۳۸۷). تصفیه‌خانه فاضلاب شهر همدان در موقعیت جغرافیائی $34^{\circ}55'38''N\ 48^{\circ}30'18''E$ در زمینی به مساحت ۱۰۰ هکتار و به فاصله حدود ۲۳ کیلومتری از مرکز شهر همدان، خارج از شهر و در زمین‌های روستای امیرآباد، در سال ۱۳۹۵ و با طراحی تا افق سال ۱۴۱۰ افتتاح گردید. در ساخت تصفیه‌خانه فاضلاب فوق، حدود ۴۰ میلیارد تومان هزینه شده که حدود ۳۵ میلیارد تومان آن برای تکمیل بخش لجن فعال بوده است. با انجام مطالعات گسترده، اهدافی که برای تصفیه خانه مذکور در نظر گرفته شدند، عبارت بودند از: انتقال و تصفیه بهداشتی فاضلاب شهر همدان و شهرهای مجاور، آزادسازی آب رودخانه‌ها و قنوات شهر از فاضلاب، پیشگیری از آسیب‌های دفع غیربهداشتی پساب و فاضلاب و در نتیجه، کاهش آلودگی و مرگ و میر ناشی از آن، پیشگیری از بکارگیری فاضلاب و پساب در آبیاری کشاورزی، تثبیت لجن و در پایان، تأمین آب مورد نیاز نیروگاه شهید مفتح. تصفیه‌خانه شهر همدان دارای چهار مدول تصفیه فاضلاب شهری است که هر کدام قابلیت پوشش ۲۵۰۰۰۰ نفر را داراست. هر مدول، ظرفیت تصفیه ۶۴۰ لیتر بر ثانیه فاضلاب را دارد. این تصفیه‌خانه با حجم ۱۲۸۰ لیتر بر ثانیه برای تصفیه فاضلاب طراحی شده است که اکنون با ظرفیت ۱۲۰۰ لیتر بر ثانیه فعال است. در این تحقیق به بررسی کارایی تصفیه‌خانه شهر همدان پرداخته شده است.

سیستم تصفیه فاضلاب در تصفیه‌خانه مذکور، از نوع لجن فعال متداول است. در تحقیق حاضر، برداشت داده‌ها در یک بازه زمانی سه ماهه از ابتدای آذر تا انتهای بهمن‌ماه سال ۱۳۹۷ صورت پذیرفت، و در پایان با معیار سازمان محیط‌زیست مقایسه گردیده است. مطالعه حاضر به صورت توصیفی–مقطعی و در دوره سه ماهه اشاره شده انجام شده است. نمونه‌برداری به صورت هر پنج روز یک‌بار یا به عبارت دیگر شش بار در ماه صورت گرفته است. تمامی نمونه‌ها در ورودی و خروجی تصفیه‌خانه و به صورت لحظه‌ای و به حجم یک لیتر و در دو نوبت از روز– یک‌بار راس ساعت ۸:۳۰ صبح و بار دیگر

در ساعت ۱۲:۳۰ ظهر که دبی ورودی به تصفیه‌خانه حداکثر است- برداشت شده‌اند. نمونه‌های مذکور، بعد از نمونه‌گیری به آزمایشگاه مستقر در محل تصفیه‌خانه منتقل و نتایج به‌صورت میانگین ثبت شده‌اند. تعداد کل نمونه ها، در پایان مدت تحقیق ۷۲ نمونه در ورودی و خروجی بوده است. با بررسی مطالعات مشابه و معیار سازمان محیط‌زیست، تصمیم برآن شد که برای بررسی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب همدان پارامترهای TSS جامدات معلق، COD اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، BOD اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، NTU کدورت، pH و MLSS مواد اندازه‌گیری شوند.

شاخص حجمی لجن (SVI)، یکی از پارامترهای مهم در طراحی و کنترل مخازن ته‌نشینی ثانویه محسوب می‌شود. مورد استفاده دیگر از SVI، در تعیین مقادیر کمی مشخصات ته‌نشینی جامدات لجن فعال با رشد معلق است. ضمناً دسته‌بندی لجن هم برحسب SVI انجام می‌شود. بدین‌صورت که اگر SVI کمتر از ۱۰۰ باشد، لجن با ته‌نشینی خوب، بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ لجن با ته‌نشینی متوسط و اگربیشتر از ۱۵۰ باشد، لجن با ته‌نشینی بد نامیده می‌شود (Mattheus and Goosen, 2000). لازم به ذکر است که آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌ها، بر اساس آخرین روش‌های ارائه شده در ویرایش بیستم کتاب روش‌های استاندارد انجام شده است (استاندارد ۴۰۹ و APHA, 2005). در پایان، داده‌های بدست‌آمده تحت نمودارهای مربوطه در Excel ترسیم گردیدند.

جدول ۱، زمان‌های دقیق نمونه‌برداری از تصفیه‌خانه فاضلاب مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- زمان‌های نمونه‌برداری از تصفیه‌خانه مورد مطالعه

ردیف	تاریخ نمونه‌برداری	ردیف	تاریخ نمونه‌برداری
۱	۹۷/۹/۱	۲	۹۷/۹/۶
۳	۹۷/۹/۱۱	۴	۹۷/۹/۱۶
۵	۹۷/۹/۲۱	۶	۹۷/۹/۲۶
۷	۹۷/۱۰/۱	۸	۹۷/۱۰/۶
۹	۹۵/۱۰/۱۱	۱۰	۹۷/۱۰/۱۶
۱۱	۹۵/۱۰/۲۱	۱۲	۹۷/۱۰/۲۶
۱۳	۹۵/۱۱/۱	۱۴	۹۷/۱۱/۶
۱۵	۹۷/۱۱/۱۱	۱۶	۹۷/۱۱/۱۶
۱۷	۹۷/۱۱/۲۱	۱۸	۹۷/۱۱/۲۶

یافته‌ها

پس از نمونه‌برداری از پساب ورودی و پساب خروجی از محل تصفیه‌خانه و جمع‌بندی مقادیر اخذ شده از آزمایشگاه، میانگین هریک از پارامترهای مورد نظر در جداولی ثبت شدند.

نیز، مقادیر اندازه‌گیری‌شده پارامتر TSS، COD، BOD، NTU و pH در بخش‌های خروجی تصفیه‌خانه به همراه میانگین آن‌ها را نمایش می‌دهد.

همچنین در جدول ۴، مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای SVI، MLSS و MLVSS که پارامترهای مربوط به راهبری حوضچه¬های هوادهی تصفیه‌خانه نام دارند، به همراه میانگین آن‌ها مشخص شده‌اند.

در ادامه، نمودارهای مقادیر ورودی و خروجی TSS، COD، BOD، NTU و pH در طی زمان نمونه‌برداری ارائه گردیده است(شکل ۱).

بحث و بررسی

جهت بررسی عملکرد واحدهای مختلف تصفیه خانه، نیاز به محاسبه راندمان حذف هریک از پارامترهای ثبت شده می باشد. لازم به توضیح است، راندمان حذف براساس میانگین پارامتر ورودی و خروجی محاسبه می گردد. جدول ۵، درصد کاهش نسبی مقدار میانگین پارامتر خروجی نسبت به ورودی را، برای هریک از پارامترهای اندازه‌گیری‌شده نشان می‌دهد.

جدول ۵ نشان می‌دهد که علی‌رغم کارکرد نسبتاً مناسب تصفیه خانه، هنوز تا عملکرد کاملاً مطلوب قسمت‌های مختلف تصفیه خانه و کاهش صددرصدی آلاینده های مورد مطالعه در پژوهش حاضر و نیز آلودگی‌های متعدد دیگر، فاصله باقی است. هم‌چنین، راندمان کاهش ۷/۱۶ درصدی pH، نشان دهنده اختلاف پائین در مقادیر ورودی و خروجی این پارامتر پساب تصفیه‌خانه می‌باشد.

جدول ۲، مقادیر اندازه‌گیری شده پارامتر TSS، COD، BOD، NTU و pH در قسمت‌های ورودی به همراه میانگین آن‌ها را نمایش می‌دهد. ۳ نیز، مقادیر اندازه‌گیری‌شده پارامتر TSS، COD، BOD، NTU و pH در بخش‌های خروجی تصفیه‌خانه به همراه میانگین آن‌ها را نمایش می‌دهد.

جدول ۲- مقادیر ثبت‌شده TSS، COD، BOD، NTU و pH ورودی (برحسب میلی‌گرم بر لیتر) در زمان نمونه‌برداری از تصفیه‌خانه

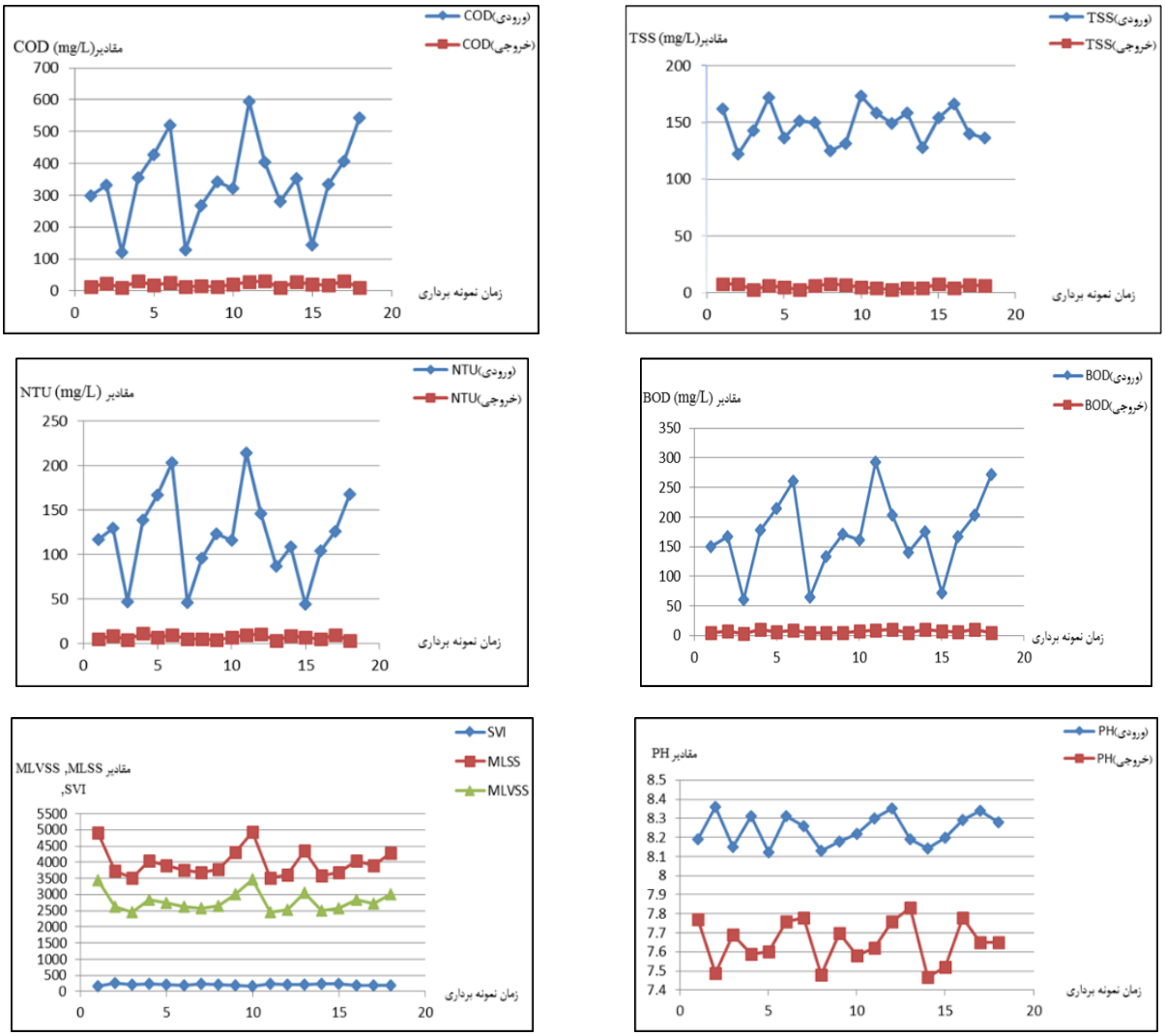
ردیف	TSS ورودی	COD ورودی	BOD ورودی	NTU ورودی	pH ورودی
۱	۱۶۲	۲۹۹	۱۵۰	۱۱۷	۸/۱۹
۲	۱۲۲	۳۳۳	۱۶۷	۱۳۰	۸/۳۶
۳	۱۴۳	۱۲۱	۶۱	۴۷	۸/۱۵
۴	۱۷۲	۳۵۶	۱۷۸	۱۳۹	۸/۳۱
۵	۱۳۶	۴۲۸	۲۱۴	۱۶۷	۸/۱۲
۶	۱۵۱	۵۲۱	۲۶۱	۲۰۳	۸/۳۱
۷	۱۵۰	۱۲۹	۶۵	۴۶	۸/۲۶
۸	۱۲۵	۲۶۷	۱۳۴	۹۶	۸/۱۳
۹	۱۳۱	۳۴۲	۱۷۱	۱۲۳	۸/۱۸
۱۰	۱۷۳	۳۲۱	۱۶۱	۱۱۶	۸/۲۲
۱۱	۱۵۸	۵۹۵	۲۹۳	۲۱۴	۸/۳۰
۱۲	۱۴۹	۴۰۵	۲۰۳	۱۴۶	۸/۳۵
۱۳	۱۵۸	۲۸۰	۱۴۰	۸۷	۸/۱۹
۱۴	۱۲۸	۳۵۲	۱۷۶	۱۰۹	۸/۱۴
۱۵	۱۵۴	۱۴۳	۷۲	۴۴	۸/۲۰
۱۶	۱۶۶	۳۳۴	۱۶۷	۱۰۴	۸/۲۹
۱۷	۱۴۰	۴۰۶	۲۰۳	۱۲۶	۸/۳۴
۱۸	۱۳۶	۵۴۳	۲۷۲	۱۶۸	۸/۲۸
میانگین ورودی	۱۴۷/۴۴	۳۴۳/۰۵	۱۷۱/۵۶	۱۲۱/۲۲	۸/۲۴

جدول ۳- مقادیر ثبت شده TSS، COD، BOD، NTU و pH خروجی (برحسب میلی‌گرم بر لیتر) در زمان نمونه‌برداری از تصفیه‌خانه

ردیف	TSS خروجی	COD خروجی	BOD خروجی	NTU خروجی	pH خروجی
۱	۸	۱۴	۵	۵	۷/۷۷
۲	۸	۲۲	۷	۹	۷/۴۹
۳	۳	۱۰	۳	۴	۷/۶۹
۴	۶	۳۰	۱۰	۱۲	۷/۵۹
۵	۵	۱۸	۶	۷	۷/۶۰
۶	۳	۲۶	۹	۱۰	۷/۷۶
۷	۶	۱۳	۴	۵	۷/۷۸
۸	۸	۱۵	۵	۵	۷/۴۸
۹	۷	۱۲	۴	۴	۷/۷۰
۱۰	۵	۲۰	۷	۷	۷/۵۸
۱۱	۴	۲۷	۹	۱۰	۷/۶۲
۱۲	۳	۳۱	۱۰	۱۱	۷/۷۶
۱۳	۴	۱۱	۴	۳	۷/۸۳
۱۴	۴	۲۹	۱۰	۹	۷/۴۷
۱۵	۸	۲۱	۷	۷	۷/۵۲
۱۶	۴	۱۷	۶	۵	۷/۷۸
۱۷	۷	۳۱	۱۰	۱۰	۷/۶۵
۱۸	۶	۱۱	۴	۳	۷/۶۵
میانگین خروجی	۵/۵	۱۹/۸۹	۶/۶۷	۷	۷/۶۵

جدول ٤- مقادیر ثبت‌شده SVI ، MLSS و MLVSS بر حسب میلی‌گرم بر لیتر در زمان نمونه‌برداری از تصفیه‌خانه

ردیف	SVI	MLSS	MLVSS	ردیف	SVI	MLSS	MLVSS
۱	۱۷۵	۴۹۱۱	۳۴۳۸	۲	۲۵۱	۳۷۳۶	۲۶۱۵
۳	۲۱۲	۳۵۱۱	۲۴۵۸	۴	۲۳۹	۴۰۴۶	۲۸۳۲
۵	۲۱۴	۳۹۰۶	۲۷۳۴	۶	۱۸۷	۳۷۴۹	۲۶۲۴
۷	۲۴۹	۳۶۹۰	۲۵۸۳	۸	۲۲۲	۳۷۹۰	۲۶۵۳
۹	۱۹۴	۴۳۱۳	۳۰۱۹	۱۰	۱۷۶	۴۹۳۶	۳۴۵۵
۱۱	۲۳۲	۳۵۰۶	۲۴۵۴	۱۲	۲۰۷	۳۶۲۰	۲۵۳۴
۱۳	۲۰۶	۴۳۶۳	۳۴۵۴	۱۴	۲۴۶	۳۵۸۹	۲۵۱۲
۱۵	۲۴۸	۳۶۷۱	۲۵۶۹	۱۶	۱۸۱	۴۰۵۴	۲۸۲۸
۱۷	۲۰۲	۳۸۹۸	۲۷۲۹	۱۸	۱۹۹	۴۲۸۴	۲۹۹۹



شکل ۱- نمودار تغییرات مقادیر TSS، COD، BOD، NTU، pH، SVI، MLSS و MLVSS ورودی و خروجی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر در زمان نمونه‌برداری

جدول ۵- درصد کاهش نسبی هریک از پارامترهای اندازه‌گیری شده

TSS	COD	BOD	NTU	pH
۹۶/۲۷ درصد	۹۴/۲۰ درصد	۹۶/۱۱ درصد	۹۴/۲۳ درصد	۷/۱۶ درصد

همچنین در جدول ۴، مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای SVI، MLSS و MLVSS که پارامترهای مربوط به راهبری حوضچه‌های هوادهی تصفیه‌خانه نام دارند، به همراه میانگین آن‌ها مشخص شده‌اند.

در ادامه، نمودارهای مقادیر ورودی و خروجی TSS، COD، BOD، NTU و pH در طی زمان نمونه‌برداری ارائه گردیده است(شکل ۱).

بحث و بررسی

جهت بررسی عملکرد واحدهای مختلف تصفیه‌خانه، نیاز به محاسبه راندمان حذف هریک از پارامترهای ثبت شده می‌باشد. لازم به توضیح است، راندمان حذف براساس میانگین پارامتر ورودی و خروجی محاسبه می‌گردد. جدول۵، درصد کاهش نسبی مقدار میانگین پارامتر خروجی نسبت به ورودی را، برای هریک از پارامترهای اندازه‌گیری‌شده نشان می‌دهد.

جدول ۵ نشان می‌دهد که علی‌رغم کارکرد نسبتاً مناسب تصفیه‌خانه، هنوز تا عملکرد کاملاً مطلوب قسمت‌های مختلف تصفیه‌خانه و کاهش صددرصدی آلاینده‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر و نیز آلودگی‌های متعدد دیگر، فاصله باقی است. هم‌چنین، راندمان کاهش ۷/۱۶ درصدی pH، نشان‌دهنده اختلاف پائین در مقادیر ورودی و خروجی این پارامتر پساب تصفیه‌خانه می‌باشد.

از طرف دیگر، جدول ۶ نشان می‌دهد که فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه مورد بررسی، خاصیت اسیدی نداشته، پس می‌توان از آن در بخش‌های مفید صنعتی جهت تامین منابع آب استفاده نمود. بر اساس نتیجه اخیر، سازمان آب و فاضلاب استان همدان با درنظرگیری سیستم انتقال شبکه آب، از پساب تصفیه‌شده در محل تصفیه‌خانه، به منظور خنک‌سازی برج‌ها و راکتورهای گازی نیروگاه تولید برق شهید مفتح همدان استفاده می‌نماید و این کار موجب کاهش نسبی برداشت از منابع آب زیرزمینی و مصارف کشاورزی می‌شود.

جدول ٦- مقایسه پارامترهای خروجی تصفیه‌خانه با معیارهای سازمان محیط زیست برای کاربردهای مختلف

پارامترهای مورد نظر	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l) کدورت	pH
مقادیر میانگین خروجی تصفیه‌خانه	۵/۵	۱۹/۸۹	۶/۶۷ ۷	۷/۶۵
استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی	کمتر از ۴۰	کمتر از ۶۰	کمتر از ۳۰ کمتر از ۶/۵۵۰	۸/۵ تا ۶
استاندارد تخلیه به چاه‌های جاذب	---	کمتر از ۶۰	کمتر از ۳۰ ---	۹ تا ۵
استاندارد برای کشاورزی و آبیاری	کمتر از ۱۰۰	کمتر از ۲۰۰	کمتر از ۱۰۰ کمتر از ۵۰	۸/۵ تا ۶

همچنین، لازم به ذکر است باتوجه به مقدار میانگین پارامتر SVI ۲۱۳/۳۳ در پساب تصفیه شده توسط تصفیه‌خانه شهر همدان، که مقدار آن از معیار ۱۵۰ بیشتر است، مشخص می‌شود که باکتری‌های رشته‌ای در لجن حضور دارند و خاصیت ته‌نشینی ضعیف است، و متعاقباً بالکینگ رشته‌ای به وجود خواهد آمد. علاوه براین، در پژوهش انجام شده، ارتباط مستقیم بین SVI و پارامترهای راهبردی تصفیه‌خانه نظیر MLSS مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری

در تصفیه‌خانه شهر همدان نیز همانند سایر تصفیه‌خانه‌ها و پژوهش‌های صورت گرفته گوناگون، پارامترهای مهم تصفیه‌خانه در مقدار مطلوب و بهینه، گزارش نمی‌گردد. یکی از علل این امر نیز، در عدم مدیریت صحیح پساب ورودی و لجن پمپاژ شده به ابتدای تصفیه‌خانه در ساعات پیک کاری بخش می‌باشد. جهت کاهش مقادیر MLSS و به تبع آن SVI، راهکارهای مختلفی ارائه می‌گردد. کاهش دبی جریان در قسمت‌های مختلف تصفیه‌خانه و به‌ویژه در محل ورودی پساب به تصفیه‌خانه از اقدام‌های بسیار کارآمد هستند. در این پژوهش، استفاده از حوضچه آرامش در ورودی تصفیه‌خانه، استفاده از دریچه‌های هوشمند با قابلیت نیم‌بندشدن درساعات پیک، استفاده از کانال‌های موازی انتقال پساب ورودی به تصفیه‌خانه، کاهش دبی پمپاژ لجن مازاد به ابتدای تصفیه‌خانه و هم‌چنین، تنظیم خودکار غلظت MLSS در حوض هوادهی با کمترین نیاز به پمپاژ لجن (فقط جهت دفع لجن مازاد) به عنوان راهکارهایی برای کاهش مقادیر پارامترهای مهم مذکور در تصفیه‌خانه مطرح می‌باشند.

منابع

آقاجانی‌نژاد، م. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی غلظت MLSS در تصفیه فاضلاب

صنایع با استفاده از سیستم برگشت خودبخودی لجن، در فرآیند لجن فعال (مطالعه موردی تصفیه‌خانه فاضلاب مرکزی شهرک صنعتی آمل). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم پایه. دانشگاه آزاد اسلامی- واحد شاهرود.

باقری اردبیلیان، پ.، صادقی، ه.، نبئی، ا. و باقری اردبیلیان، م. ۱۳۸۹. ارزیابی کارآیی تصفیه‌خانه فاضلاب: مطالعه موردی شهر زنجان در سال ۱۳۸۷. مجله سلامت و بهداشت اردبیل. ۱(۳): ۶۷-۷۵.

ببران، ص.، و هنربخش، ن. ۱۳۸۷. بحران وضعیت آب در جهان و ایران. راهبرد. ۴۸(۱): ۱۹۳-۲۱۲.

ترابیان، ع. و مطلبی، م. ۲۰۰۳. طرح مدیریتی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده (مطالعه موردی: شهرک اکباتان). محیط‌شناسی, ۲۹-۳۲.

حسین‌لو، ر. و تائبی، ا. ۱۳۸۷. بررسی اثر مواد افزوده طبیعی روی شاخص حجمی لجن در سیستم لجن فعال تصفیه فاضلاب. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه تهران. تهران.

حسینی، م. ۱۳۸۱. دفع فاضلاب در اجتماعات کوچک. موسسه فرهنگی انتشاراتی شاهد و ایثارگران. دانشگاه علوم پزشکی ارومیه.

حسینی، م.، بابالو، ع. و وفادار افشار، م. ۱۳۸۳. بررسی کارآیی لاگون به کمک هواده مکانیکی در کاهش میزان نیاز بیوشیمیایی اکسیژن (BOD5)، نیاز شیمیایی اکسیژن (COD) و اجسام جامد معلق (TSS) در تصفیه خانه فاضلاب شهر خوی. مجله پزشکی ارومیه، ۱۴(۳): ۱۵۸-۱۶۶.

دهقانی، ف.، کریمی جشنی، ا. و مینوسپهر، م. ۱۳۹۱. ارزیابی کارآیی تصفیه‌خانه فاضلاب شیراز. همایش ملی علوم مهندسی آب و فاضلاب. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته. کرمان.

راهنمای برنامه‌ریزی، مدیریت و تعیین تعرفه‌های پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به‌منظور استفاده مجدد. ۱۳۹۴. دفتر استانداردها و طرحها و آبفا، استاندارد ۴۰۹.

رفعت متولی، ف.، دانش، ش. و رجبی مشهدی، ح. ۲۰۱۴. استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی در راهبری تصفیه خانه های نیمه مکانیکال (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب شماره یک پرکندآباد مشهد). هفتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. تهران.

رمضانی گورابی، ب.، رجبی، ر. ۱۳۹۳. ارزیابی آسیب پذیری زیست محیطی گردشگری سواحل بندرانزلی با استفاده از مدلSWOT . فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. (۱۶)، ۱۷۵-۲۸۷.

رنگ‌زن، ن.، پاینده، خ. و لندی، ا. ۱۳۸۵. بررسی کیفیت پساب بر انباشت عناصر سنگین در دو گیاه سورگوم و شبدر. همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. کرج.

زارع ابیانه، ح.، بیات ورکشی، م. و بیات ورکشی، ج. ۱۳۹۱. کاربرد شبکهٔ عصبی مصنوعی در ارزیابی تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان. مجله محیط‌شناسی. ۳۸(۳): ۸۵-۹۸.

شکری، س.، ندیری، ع. و اصغری مقدم، ا. ۱۳۹۳. بررسی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب تبریز با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی. مجله محیط شناسی.۴۰(۴): ۸۲۷-۸۴۴.

ندافی، ک.، واعظی، ف.، فرزادکیا، م. و کیمیایی طلب، ع. ۱۳۸۴. بررسی عملکرد لاگون‌های هوادهی در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان. مجله آب و فاضلاب. ۱۶(۲): ۴۷-۵۳.

نوری، ج.، نبی زاده، ر.، یونسیان، م. و نوروزی، ح. ۱۳۸۴. ارزیابی اثرات زیست محیطی تصفیه خانه فاضلاب همدان. هشتمین همایش ملی بهداشت محیط. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران.

میران‌زاده، م.، بابامیر، ش. ۱۳۸۲. بررسی کارآیی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران طی سال‌های ۸۰-۱۳۷۹. مجله علمی پژوهشی فیض. ۷(۱): ۴۰-۴۷.

Arden, E. and Lockett, W.T. 1915. The Oxidation of Sewage without the Aid of Filters. Journal of the Society of Chemical Industry, 827-943.

Cheremisinoff, P. N. 2019. Handbook of water and wastewater treatment technology. Routledge.

Di Biase, A., Kowalski, M. S., Devlin, T. R. and Oleszkiewicz, J. A. 2019. Moving bed biofilm reactor technology in municipal wastewater treatment: A review. Journal of environmental management, 247, 849-866.

Falcone, A., Pucci, L., Guadagnuolo, S., De Rosa, R., Giuliani, A., d'Antoni, B. and Carotenuto, M. 2017. Analysis and Optimization of Energy Consumption in Relation to GHG Management: The Case Study of Medio Sarno Wastewater Treatment Plant. Frontiers International Conference on Wastewater Treatment and Modelling.

Mattheus F. A. and Goosen, W. H. S. 2000. Water Management, Purification & Conservation in Arid Climates: Water management.

Metcalf, W. and Eddy, C. 2003. Wastewater Engineering. 4th. in: McGraw-Hill Inc, New York.

Eddition.

Vidal, R. and Moraes, J. 2019. Removal of organic pollutants from wastewater using chitosan: a literature review. International journal of environmental science and technology, 16(3): 1741-1754.

Sharifi-Yazdi, M., Azimi, C. and Khalili, M. 2001. Study of the biological treatment of industrial waste water by the activated sludge unit. Iranian Journal of Public Health, 30(3-4): 87-90.

APHA/AWWA LWPCE. 2005. Standard methods for the examination of water and and wastewater .20th

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 14, Apr.-May. 2020, p. 146-155

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۴، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۱۵۵-۱۴۶

Environmental Sustainability Assessment by Investigating the Performance of urban Water Treatment Plant

M. Shokri[1*], S H. Abtahi[2], M. Etemadi[3]
Recived: Sep.25, 2019 Accepted: Dec.03, 2019

Abstract

Non-commercial and peaceful application of valid and advanced international technologies compatible with human and environmental health, for the complete and scientific treatment of toxic contaminants imposed on clean water resources, for optimal use of the ultimate blessings of the absolute Creator (GOD) of the world, and the elimination of human self-made problems has a particular importance. For this purpose, in the present study, a descriptive and cross-sectional study was performed on the Hamadan wastewater treatment plant operating with an activated sludge treatment system from December to February 2018-2019. In the evaluation of the treatment plant, five quality parameters of inlet and outlet wastewater were measured twice a day and in total six times per month. Then, while analyzing the results by SPSS software, graphs of these parameters were plotted with Excel software. The results showed a relative decrease of 96.27%, 20.20%, 96.11%, 94.23% and 7.16% of TSS, COD, BOD, NTU and pH parameters, respectively. As a result, the treated wastewater, due to its very low acidic properties, can be used in the electric power industry. Also, despite the permissible short-term use of contaminated wastewater in agriculture and the environment, further international validation of their application is essential for the sensitivity of the risk to the increasingly catastrophic and irreparable carcinogenicity of incomplete wastewater treatment.

Keywords: Human Health, Environmental Sustainability, Complete Scientific Purification, Qualitative Parameters

1- Assistant Professor, Department. of Civil Engineering., Bu–Ali Sina University, Kabodarahang Engineering Faculty, Hamadan
2- Ph.D. of Water Sciences and Engineering, Urmia University, Urmia
3- M.Sc Student, Civil Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran
(*- Corresponding Author Email: Msh.shokri@gmail.com)