

Research Paper

مقاله پژوهشی

Studying the Efficiency of Balancing Pond Function in Sanitary Sewage Treatment Using the Activated Sludge Method (Case Study: Sewage Treatment Plant of Brigade 37)

بررسی عملکرد حوضچه متعادل‌سازی در راندمان تصفیه فاضلاب بهداشتی به روش لجن فعال (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب پادگان نظامی تیپ ۳۷)

Mohammad Hadi Fattahi^{1*}, Mohammad Hosseini² and Sohrab karami¹

محمد هادی فتاحی^{۱*}، محمد حسینی^۲ و سهراب کریمی^۱

1- Department of Civil Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

۱- گروه مهندسی عمران، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

2- Department of Civil Engineering, Ghrokarzin Center, Islamic Azad University, Ghrokarzin, Iran.

۲- گروه مهندسی عمران، مرکز قیروکارزین، دانشگاه آزاد اسلامی، قیروکارزین، ایران.

*Corresponding Author, Email: fattahi.mh@miau.ac.ir

* نویسنده مسئول، ایمیل: fattahi.mh@miau.ac.ir

Received: 15/11/2020

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۵

Revised: 08/03/2021

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸

Accepted: 17/04/2021

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸

© IWWA

© انجمن آب و فاضلاب ایران

Abstract

چکیده

Aerobic biological treatment systems are very suitable for removing contaminants of organic matter in the sewage. Accordingly, the continuity of the inlet flow to the treatment plant, in design and exploitation of these processes, is necessary to consider. One of the differences between industrial and low population areas wastewater, such as military garrisons, and the Municipal sewage, is their volumetric fluctuations. These fluctuations may have a negative effect on the activated sludge process; thus the efficiency of using balancing pool in activated sludge systems has been analyzed in this research. Wastewater treatment process is based on biologically activated sludge method and extensive aeration. In this method, the raw wastewater is directed to the pumping station gravitationally. Results illustrated that, the inlet flow rate to the treatment plant, has high fluctuations from 0 to 40 ($m^3/hour$) at different hours of the day due to the low population. Based on the samplings, it has been determined that the efficiency of activated sludge process in removing the parameters of BOD₅, COD, TSS and ammonia during one week is averagely 61, 61, 68 and 24%, respectively. According to the sewage standards, this treated sewage is not suitable for injection into water wells or surface water or for reuse in agriculture. Whilst, using the balancing pond and controlling the inlet flow to the aeration pond at a rate of 12 cubic meters per hour, the removal efficiency of BOD₅, COD, TSS and ammonia escalates averagely 90, 90, 89.19 and 81.59%, respectively during a week.

سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی هوازی، سیستم‌های بسیار مناسبی برای حذف آلودگی‌های مواد آلی موجود در پساب هستند، لذا ضروری است در طراحی و بهره‌برداری این فرآیندها، پیوستگی جریان ورودی به تصفیه‌خانه مورد توجه قرار گیرد. یکی از موارد تمایز فاضلاب صنعتی و فاضلاب تولیدی اماکن کم جمعیت مانند پادگان‌های نظامی از فاضلاب شهری، نوسانات فاضلاب تولیدی هستند و این نوسانات ممکن است بروی فرآیند لجن فعال اثر منفی داشته باشد. لذا در این تحقیق اثر بهره‌برداری حوضچه متعادل‌سازی در راندمان فرآیند لجن فعال مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. فرآیند تصفیه‌خانه به روش بیولوژیکی لجن فعال و با استفاده از هوادهی گسترده است. در این روش فاضلاب خام تحت نیروی ثقل به ایستگاه پمپاژ هدایت می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان دبی ورودی به تصفیه‌خانه در ساعات مختلف شبانه‌روز به دلیل جمعیت پایین تحت پوشش، از نوسانات بالایی از ۰ تا ۴۰ مترمکعب بر ساعت برخوردار است. براساس نمونه‌برداری‌های صورت‌پذیرفته مشخص شده است میزان راندمان فرآیند لجن فعال در طول یک هفته در حذف پارامتر BOD₅، COD، TSS و آمونیاک در حالت میانگین به ترتیب ۶۱٪، ۶۱٪، ۶۸٪ و ۲۴٪ است که براساس استانداردهای پساب خروجی، پساب تصفیه‌شده برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب نیست. این درحالی است که با به کار بردن حوضچه متعادل‌سازی و کنترل دبی ورودی به حوض هوادهی در نرخ ۱۲ مترمکعب بر ساعت، راندمان حذف پارامترهای BOD₅، COD، TSS و آمونیاک در حالت میانگین در طول یک هفته به ترتیب به مقادیر ۹۰٪، ۹۰٪، ۸۹٪ و ۸۱٪ ارتقا یافت.

کلمات کلیدی: فاضلاب، لجن فعال، حوضچه متعادل‌سازی، فاضلاب بهداشتی پادگان نظامی، BOD.

Keyword: Wastewater, Activated sludge, Balancing pond, Garrison sanitary sewage, BOD.

جامدات معلق فرار مایع مخلوط (MLVSS) نامیده می‌شود. سپس مایع مخلوط شده به یک زلال‌ساز وارد می‌شود. سوسپانسیون میکروبی در زلال‌ساز ته‌نشین شده و تغلیظ می‌شود. بیومس ته‌نشین شده که به دلیل حضور میکروارگانیسم‌های فعال به‌عنوان لجن فعال نامیده می‌شود، به حوض هوادهی برگشت داده می‌شود تا تجزیه بیولوژیکی مواد آلی پساب ورودی را ادامه دهد. هم‌زمان با وقتی که فرایند، بیومس اضافی تولید می‌کند و با مواد غیرقابل تجزیه بیولوژیکی موجود در فاضلاب ورودی در طول زمان جمع شود، بخشی از لجن تغلیظ شده به‌صورت روزانه یا دوره‌ای حذف می‌شود. اگر جامدات تجمع یافته حذف نشوند، سرانجام آن‌ها به خروجی سیستم وارد می‌شوند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Eikelboom et al., 2000).

عملیاتی که به‌منظور همگن‌سازی فاضلاب‌ها با غلظت متغیر انجام می‌شوند، متعادل‌سازی نامیده می‌شود. غلظت فاضلاب در طول ساعات مختلف روز و یا حتی در طول روزهای مختلف هفته، تغییر می‌نماید. برای آن‌که تصفیه‌خانه دچار پذیرفتن بارهای ناگهانی نشود، فاضلاب باید از نظر غلظت و جریان حجمی، متعادل و سپس تصفیه واقع شود. هر قدر نوسانات کمی و کیفی فاضلاب کمتر باشد، فرآیند تصفیه فیزیکی-شیمیایی یا بیولوژیکی بهتر صورت می‌گیرد (Choi et al., 2018; Fillos et al., 2000; Stephenson et al., 2019).

متعادل‌سازی در مورد فرآیند تصفیه بیولوژیکی باعث می‌شود که بار آلی وارد بر سیستم بیولوژیکی و یا موادی که در غلظت زیاد اثر مسموم‌کننده‌ای بر روی میکروارگانیسم‌ها دارند تا حدودی متعادل و کنترل شده و فاضلاب با غلظت یکنواختی که قابل قبول برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد وارد مخازن تصفیه شود. متعادل‌سازی در تصفیه شیمیایی برای تسهیل در کنترل pH و یا کنترل مواد منعقدکننده نیز نقش موثری دارد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۸؛ داغبندان و همکاران، ۱۳۹۵؛ دهقان و همکاران، ۱۳۸۸؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۶). توقف و ماندگاری فاضلاب در مخازن متعادل‌سازی باعث غیر هوازی و عفونی شدن فاضلاب می‌شود. بنابراین مخازن متعادل‌سازی معمولاً هوادهی می‌شوند تا مانع ته‌نشین شدن مواد جامد و معلق و یا ایجاد شرایط غیر هوازی شوند. هوادهی هم‌چنین باعث اختلاط و ایجاد شرایط همگن و یکنواخت می‌شود (Alves et al., 2020; Dacewicz et al., 2019; Ottoson et al., 2018; Petrovic et al., 2017).

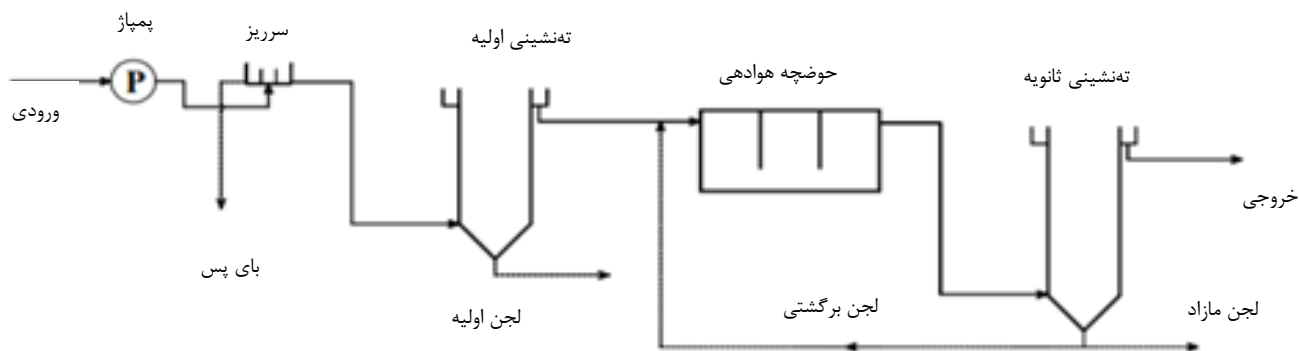
چون یکی از موارد تمایز فاضلاب صنعتی و فاضلاب تولیدی اماکنی خاص مانند پادگان‌های نظامی از فاضلاب شهری، نوسانات فاضلاب تولیدی است و این نوسانات ممکن است بروی فرآیند

مدت‌های مدیدی است که فرایندهای بیولوژیکی برای تبدیل ترکیبات آلی محلول و معلق فاضلاب به ترکیبات معدنی پایدار و یا توده‌های بیولوژیکی قابل ته‌نشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌ها، ترکیبات آلی پیچیده به کمک میکروارگانیسم‌های زنده (به‌خصوص باکتری‌ها) به ترکیبات ساده‌تر، جرم بیولوژیکی و گاز تجزیه می‌شوند (الماسی و همکاران، ۱۳۹۵؛ موسویان و همکاران، ۱۳۹۴). بسته به نوع جریان، نوع راکتور و محیط بیولوژیکی، سیستم‌های مختلف تصفیه فاضلاب با خصوصیات و کارایی‌های گوناگون، طراحی و برای تصفیه انواع فاضلاب‌های صنعتی و شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. با روند رو به رشد تکنولوژی، شناخت رفتارهای هیدرولیکی و هم‌چنین شناخت هرچه بیشتر عملکرد محیط‌های بیولوژیکی، فرایندهای پیشرفته و با راندمان بیشتر تصفیه فاضلاب حاصل شده است. به‌طور کلی این پیشرفت و ارتقای سیستم‌ها در جهت کاهش زمین موردنیاز تصفیه‌خانه، کاهش مصرف انرژی و افزایش بازدهی فرایند تصفیه است. فناوری اصلی در فرآیند تصفیه فاضلاب حذف مواد آلی توسط اکسیداسیون بیولوژیکی است. محصولات نهایی این فرآیند، سلول‌های جدید (لجن)، دی‌اکسیدکربن، محصولات میکروبی محلول و آب است از فرآیند لجن فعال به‌طور گسترده در سراسر جهان در تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی استفاده می‌شود. تولید روزانه لجن مازاد حاصل از فرآیند لجن فعال متعارف، حدود ۱۵ تا ۱۰۰ لیتر به‌ازای حذف هر کیلوگرم BOD₅ است که حاوی بیش از ۹۵ درصد آب است (Abdulsalam et al., 2020; Barker et al., 1997; Kwiatkowska et al., 2020; Tchobanoglous and Burton, 1991).

از آن‌جایی که سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی هوازی در قالب فرآیند لجن فعال، سیستم‌های بسیار مناسبی برای حذف آلودگی‌های مواد آلی موجود در فاضلاب‌های بهداشتی هستند و باتوجه به وابستگی شدید روش لجن فعال به حضور بیومس فعال و غذای مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها، ضروری است در طراحی و بهره‌برداری این فرایندها، پیوستگی جریان ورودی به تصفیه‌خانه برای تثبیت شرایط مناسب فعالیت میکروارگانیسم‌ها مورد توجه قرارگیرد. علت نام‌گذاری فرایند لجن فعال، تولید جرم فعالی از میکروارگانیسم‌ها است که قادر به تثبیت مواد زائد تحت شرایط هوازی است. در تانک هوادهی، زمان تماس برای اختلاط و هوادهی فاضلاب ورودی با سوسپانسیون میکروبی فراهم می‌شود که معمولاً تحت عنوان جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS) یا

به‌وسیله هوادهای عمقی از قسمت زیرین، اکسیژن موجود در هوا با فاضلاب موجود در مخازن مخلوط شده و کار بیولوژیکی تصفیه شروع خواهد شد. در این فعل و انفعال علاوه بر اختلاط کامل اکسیژن هوا با فاضلاب از تنشین شدن اجسام سنگین در مخزن هوادهی نیز جلوگیری می‌شود.

پس از مرحله هوادهی فاضلاب وارد مخزن ته‌نشینی شده و توده زیستی تحت‌عنوان لجن فعال ته‌نشین و پساب تصفیه شده از روی سطح مخزن وارد مخزن کلرزی می‌شود و پس از ضدعفونی شدن به‌وسیله هیپوکلریت کلیسم و عبور از فیلترهای فشار شنی وارد مخزن ذخیره و سپس برای آبیاری فضای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد. هم‌چنین لجن فعال ته‌نشین شده توسط یک عدد پمپ ایرلیفت به مخزن هوادهی و مازاد بر آن به مخزن‌های هاضم لجن هدایت می‌شوند. برای هوادهی در حوضچه های هوادهی از سیستم هواده عمقی به‌همراه تمامی متعلقات مربوطه برای تامین اکسیژن موردنیاز بیولوژیکی فاضلاب (شامل بلوئر یا دمنده‌های هوا، فیلتر ورودی، صدا خفه‌کن، فشارسنج، شیر اطمینان، شیر یکطرفه، لرزه‌گیر، پایه‌گیر، لرزه‌گیر، شاسی و گارد) استفاده شده است. جدول ۱ مشخصات فنی حوض هوادهی را ارائه می‌دهد است. در شکل ۱ نمودار جریان در پایلوت تصفیه‌خانه مشاهده می‌شود.



شکل ۱- دیاگرام واحد تصفیه‌خانه فاضلاب پادگان نظامی تیپ ۳۷

مشابه استفاده نمود. متعادل‌سازی در مورد فرآیند تصفیه بیولوژیکی باعث می‌شود که بار آلی وارد بر سیستم بیولوژیکی و یا موادی که در غلظت زیاد اثر مسموم‌کننده‌ای بر روی میکروارگانیسم‌ها دارند تا حدودی متعادل و کنترل شده و فاضلاب با غلظت یکنواختی که قابل‌قبول برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد وارد مخازن تصفیه شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۹).

حوضچه متعادل‌سازی به‌کار رفته (جدول ۱) دارای دو پمپ برای انتقال فاضلاب به حوض هوادهی است. با استفاده از بای‌پس

لجن فعال اثر منفی داشته باشد، در این تحقیق اثر به‌کاربردن حوضچه متعادل‌سازی در راندمان فرآیند لجن فعال در پادگان نظامی تیپ ۳۷ مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی تصفیه‌خانه فاضلاب مورد تحقیق

با توجه به ماهیت فاضلاب و استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست در مورد ویژگی‌های تخلیه فاضلاب، فرآیند تصفیه‌خانه به‌روش بیولوژیکی لجن فعال و با استفاده از هوادهی گسترده است. در این روش فاضلاب خام تحت نیروی ثقل به ایستگاه پمپاژ هدایت می‌شود. قبل از ورود به ایستگاه پمپاژ با استفاده از یک دستگاه آشغالگیر دهانه گشاد اجسام درشت از آن جدا شده و سپس توسط الکترو پمپ‌های شناور به‌صورت جریانی یکنواخت و به‌طور اتوماتیک با استفاده از فلوترهای کنترل‌کننده سطح فاضلاب به‌داخل تصفیه‌خانه هدایت می‌شود. در اولین واحد تصفیه‌خانه جدا کردن اجسامی تا قطر حدود ۱ سانتی‌متر مدنظر بوده که این عمل با عبور از آشغالگیر در نظر گرفته شده انجام می‌شود. پس از آن فاضلاب وارد مخزن هوادهی شده، فاضلاب خام به‌مدت حدوداً ۲۴ ساعت در مخزن هوادهی متوقف شده و

۲-۲- معرفی واحد متعادل‌سازی

برای اختلاط کامل پساب‌های واحدهای آشپزخانه، رخت‌شوها، دوش‌ها و سرویس‌های بهداشتی و نیز جلوگیری از شوک‌های هیدرولیکی از یک مخزن متعادل‌کننده که وظیفه پمپاژ فاضلاب به سیستم را نیز به‌عهده دارد و مجهز به دو دستگاه پمپ لجن‌کش همراه با کنترل‌کننده‌های سطح است، استفاده می‌شود. با بررسی راندمان حذف پارامترهای کیفی در حالت استفاده از متعادل‌سازی و مقایسه با حالت بدون متعادل‌سازی، می‌توان به اثرات مثبت استفاده از این واحد فرآیندی در تصفیه‌خانه‌های

ساعات شبانه روز برای حذف نوسانات دبی تولید و وارد حوض هوادهی شود. جدول ۲ مشخصات الکتروپمپ را نشان می‌دهد.

و هم‌چنین پمپاژ از مخزن متعادل‌ساز به حوض هوادهی و کنترل جریان با استفاده از کنترلر مغناطیسی و کنترل دور (RPM ۱۴۵۰)، سعی شده است دبی ۱۲ مترمکعب بر ساعت در بیشتر

جدول ۱- پارامترها و مشخصات اصلی واحد هوادهی و دمنده‌های هوا تصفیه‌خانه فاضلاب پادگان نظامی

مشخصات	اندازه و مقدار
دمای فاضلاب	۱۴-۱۵° Celsius
دبی روزانه فاضلاب خام	۸۰۰ m ³ /day
زمان ماند فاضلاب خام	۲۴ hr
حجم کل هر مخزن هوادهی	۴۰۰ m ³
تعداد مخزن هوادهی	۲
عمق مایع	۴/۷ m
ارتفاع آزاد	۰/۳ m
تعداد کل بلوئر	۳ unit
نوع بلوئر (مدل)	Arezen company in Germany
ظرفیت	۷۰۰ m ³ /min
فشار هوا	۶۰۰ milibar
مارک الکتروموتور	۳۸۰۷/۵۰ HZ/CLASS F/۲۹۳۰RPM

جدول ۲- مشخصات الکتروپمپ‌های مدل BEST ساخت کمپانی EBARA

مشخصات	اندازه و مقدار
ارتفاع پمپاژ	۱۰ m
دبی در ارتفاع ۱۰ متر (ارتفاع مطلوب)	۱۲ m ³ /hr
دبی در ارتفاع حداکثر (۱۷/۴ متر)	۱/۲ m ³ /hr
تعداد الکتروپمپ‌ها	۲
نوع الکتروپمپ‌ها	submersible pump for dirty water
سازنده	EBARA (Italy) - BEST
تعداد کنترلر سطح (فلوتر)	۲

۲-۳- اندازه‌گیری پارامترهای کیفی

نظامی و محدودیت اعمالی از طرف ستاد فرماندهی صورت گرفته است. هم‌چنین بازه زمانی انتخاب شده در ساعت اداری کارکنان آن حوزه انتخاب شده است. پارامترهای کیفی مورد مطالعه در تحقیق حاضر به شرح جدول ۳ است.

نمونه‌برداری در بازه زمانی ۸ صبح تا ۲ بعدظهر انجام گرفته و در این بازه زمانی هر ۳۰ دقیقه نمونه‌برداری انجام و در این بازه زمانی ۱۲ نمونه برداشته شده است. بازه زمانی یک هفته برای اندازه‌گیری پارامترها انتخاب شد. این امر به دلیل وجود منطقه

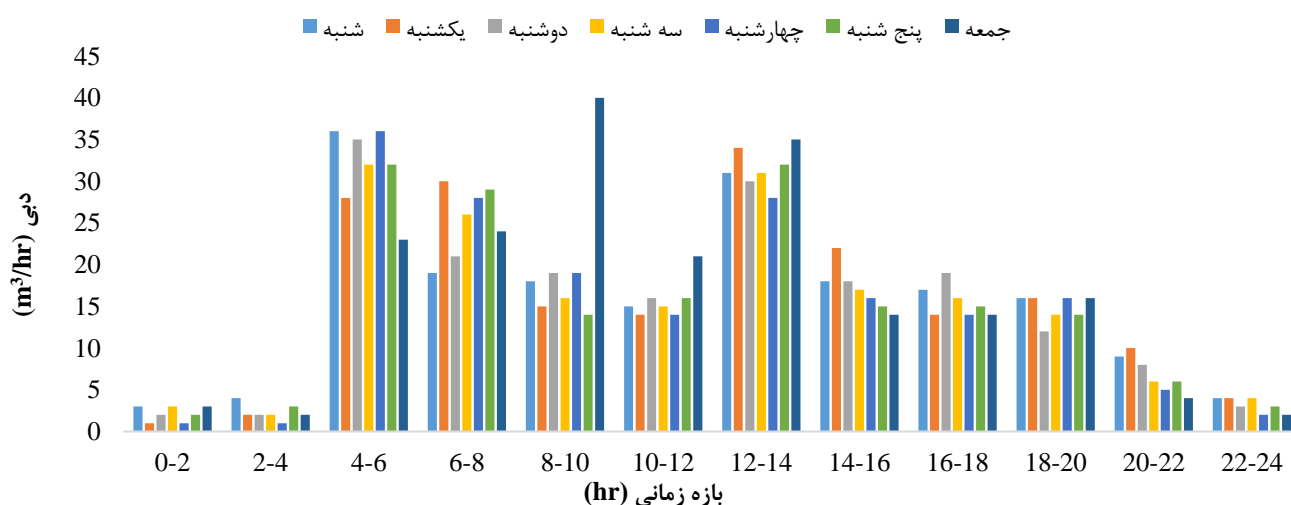
جدول ۳- ابزار و روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای کیفی براساس استاندارد سازمان محیط‌زیست ایران

پارامتر	دستگاه سنج
COD (mg/l)	۵۰۰۰DR-Hach-USA
BOD ₅ (mg/l)	روش رقیق‌سازی و اندازه‌گیری بعد از ۵ روز
DO (mg/l)	HI۹۱۴۲ Portable Dissolved Oxygen Meter (HANNA)
NH ₃ (mg/l)	اسپکتروفتومتر Hach DR ۲۰۰۰ (طول موج ۴۵۰ نانومتر)
TSS (mg/l)	روش خشک کردن به کمک اون
pH	سنج پرتابل / pH متر دیجیتالی Metrohm
(mg/l) کلر باقی‌مانده	کیت کلرسنجی پرتابل

۳- نتایج و بحث

مختلف به سیستم بیولوژیک و میکروارگانیسم‌های موجود در سیستم لجن فعال شده و سبب کاهش راندمان فرآیند و ایجاد اتصال کوتاه در حوض‌های ته‌نشینی و فرار لجن می‌شود (Hung and Cheng, 1984). از طرفی در دبی‌های پایین در ساعات شب، به دلیل فقر مواد غذایی در دسترس، تغییرات در میزان F/M و رشد باکتری‌های رشته‌ای دور از انتظار نیست که در هر دوی این حالات احتمال کاهش راندمان فرآیند در حذف BOD، COD و TSS افزایش می‌یابد (Parkin and McCarty, 1981; Parker and Wahlberg, 2001).

براساس شکل ۲ و پایش کمی فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه برای یک هفته، مشخص شد میزان دبی ورودی در محدوده صفر الی ۴۰ مترمکعب در ساعت قرار دارد. همچنین براساس نمونه‌برداری‌ها و آزمایش‌های صورت پذیرفته، نتایج آزمایش‌ها در قالب مشخصات کیفی فاضلاب ورودی به شرح جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان دبی در ساعات مختلف شبانه‌روز به دلیل جمعیت پایین تحت پوشش، از نوسانات بالایی برخوردار است. این میزان نوسان در دبی‌های بالا سبب شوک‌های



شکل ۲- پایش کمی میزان دبی ورودی فاضلاب خام به تصفیه‌خانه فاضلاب در بازه‌های زمانی دو ساعته در مدت یک هفته

جدول ۴- مشخصات کیفی فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب (بازه زمانی یک هفته)

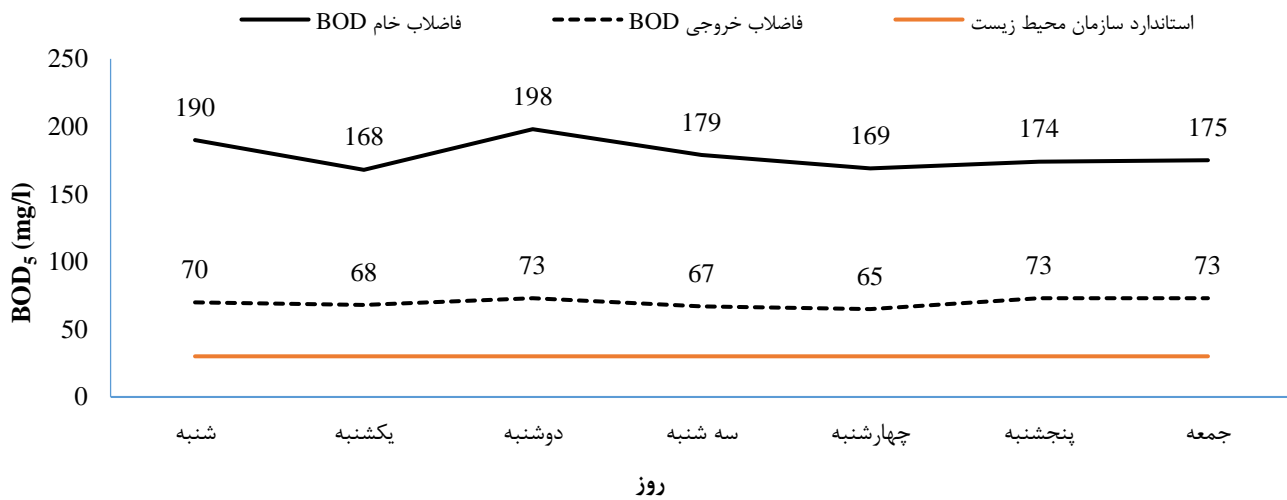
تاریخ	روز	ساعت	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	pH	دما (°C)
۹۵/۱۰/۰۴	شنبه	۰۸:۰۰	۱۹۰	۲۸۵	۱۸۸	۴۹	۲۲	۱/۵	۷/۶۲	۱۶/۵
		۱۴:۰۰	۱۹۶	۲۹۴	۱۸۳	۵۲	۲۳	۱/۷	۷/۵۳	۱۷
۹۵/۱۰/۰۵	یکشنبه	۰۸:۰۰	۱۶۸	۲۵۲	۱۷۶	۴۸	۲۱	۱/۲	۷/۶۳	۱۶
		۱۴:۰۰	۱۷۸	۲۶۷	۱۷۰	۵۳	۲۰	۱	۷/۶	۱۸
۹۵/۱۰/۰۶	دوشنبه	۰۸:۰۰	۱۹۸	۲۹۷	۱۹۵	۴۰	۲۳	۰/۹	۷/۴۶	۱۷
		۱۴:۰۰	۲۰۶	۳۰۹	۲۰۰	۵۵	۲۱	۱/۳	۷/۳	۱۹
۹۵/۱۰/۰۷	سه شنبه	۰۸:۰۰	۱۷۹	۲۶۹	۱۵۵	۴۲	۱۹	۰/۸	۷/۲۹	۱۵/۵
		۱۴:۰۰	۱۸۴	۲۷۶	۱۵۱	۵۰	۱۷	۰	۷/۵۹	۱۷
۹۵/۱۰/۰۸	چهارشنبه	۰۸:۰۰	۱۶۹	۲۵۴	۱۴۶	۴۰	۲۱	۱/۶	۷/۵۶	۱۵
		۱۴:۰۰	۱۷۶	۲۶۴	۱۶۸	۴۱	۲۳	۱/۱	۷/۶۱	۱۶
۹۵/۱۰/۰۹	پنجشنبه	۰۸:۰۰	۱۷۴	۲۶۱	۱۶۶	۳۶	۲۵	۱/۳	۷/۵۸	۱۶
		۱۴:۰۰	۱۸۳	۲۷۵	۱۷۶	۴۶	۲۰	۱/۲	۷/۴	۱۸
۹۵/۱۰/۱۰	جمعه	۰۸:۰۰	۱۷۵	۲۶۳	۱۳۶	۳۹	۲۱	۱/۱	۷/۳۶	۱۷
		۰۸:۰۰	۱۹۰	۲۵۴	۱۳۰	۴۴	۲۳	۱/۶	۷/۳۸	۱۹/۵
	میانگین		۱۸۲/۷۷	۲۷۴/۳۱	۱۷۰	۴۵/۴۶	۲۱/۲۳	۱/۱۳	۷/۵	۱۶/۷۷
	انحراف معیار		۱۱/۶۵	۱۷/۳۸	۱۹/۲	۶/۱۴	۲/۰۵	۰/۴۳	۰/۱۳	۱/۱۱

محیط‌زیستی، میزان BOD فاضلاب خروجی برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب نیست. هم‌چنین براساس نتایج مندرج در شکل ۴ مشخص شده است میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر COD همانند پارامتر BOD در طول یک‌هفته حداقل ۵۸/۵ درصد، حداکثر ۶۳/۳ درصد و به‌صورت میانگین ۶۱ درصد است.

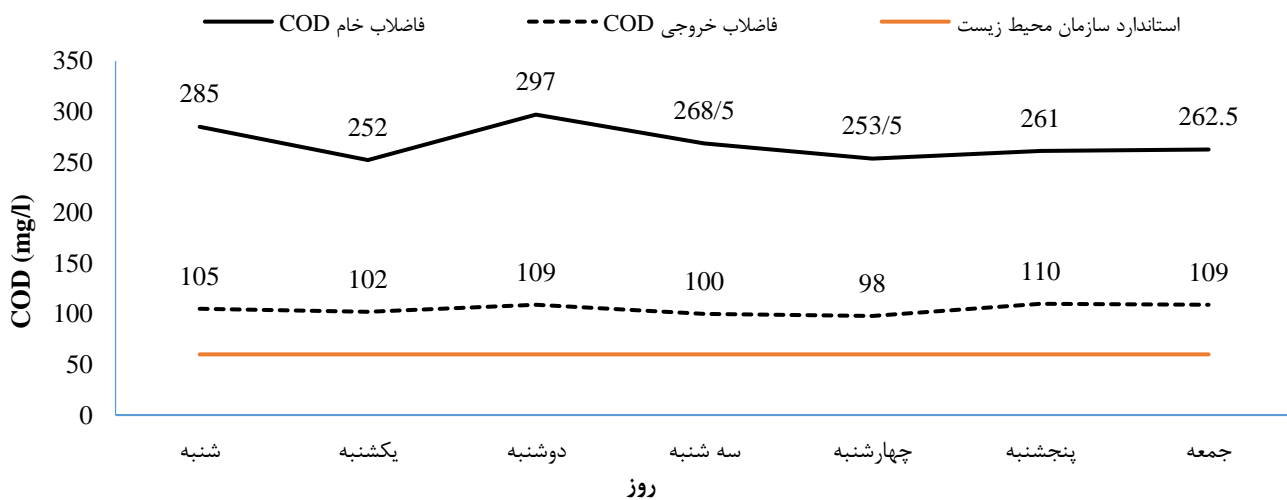
۳-۱- تحلیل نتایج حاصل از پایش سیستم لجن فعال در

حالت بهره‌برداری بدون متعادل‌سازی

براساس نمونه‌برداری‌های صورت‌پذیرفته و نتایج مندرج در شکل ۳ مشخص شده است. میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر BOD₅ در روزهای نمونه‌برداری در ساعت ۸ صبح در طول یک‌هفته حداقل ۵۸ درصد، حداکثر ۶۳ درصد و به‌صورت میانگین ۶۱ درصد است که با توجه به استانداردهای



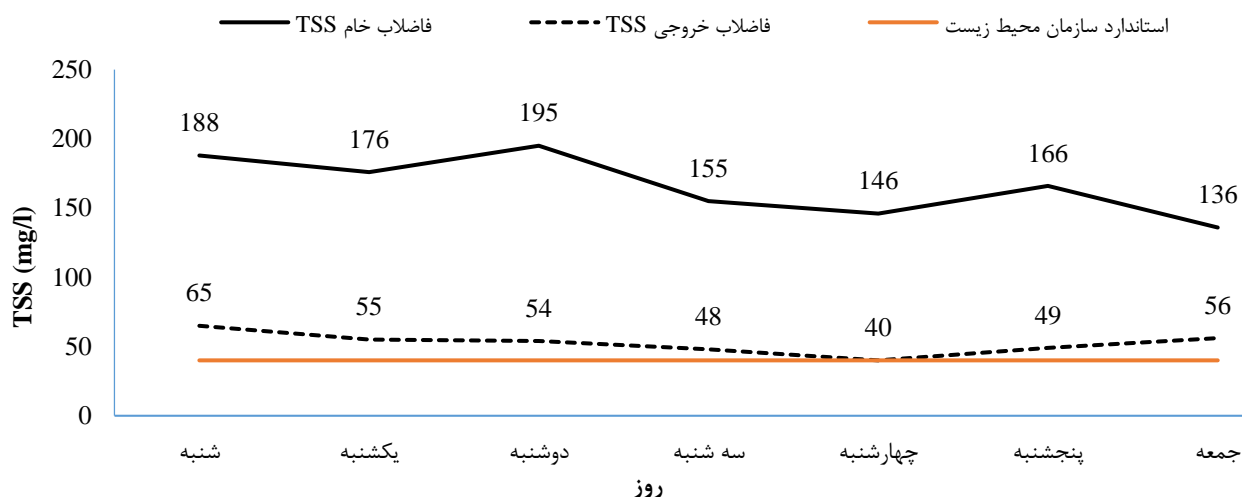
شکل ۳- میزان BOD₅ ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز



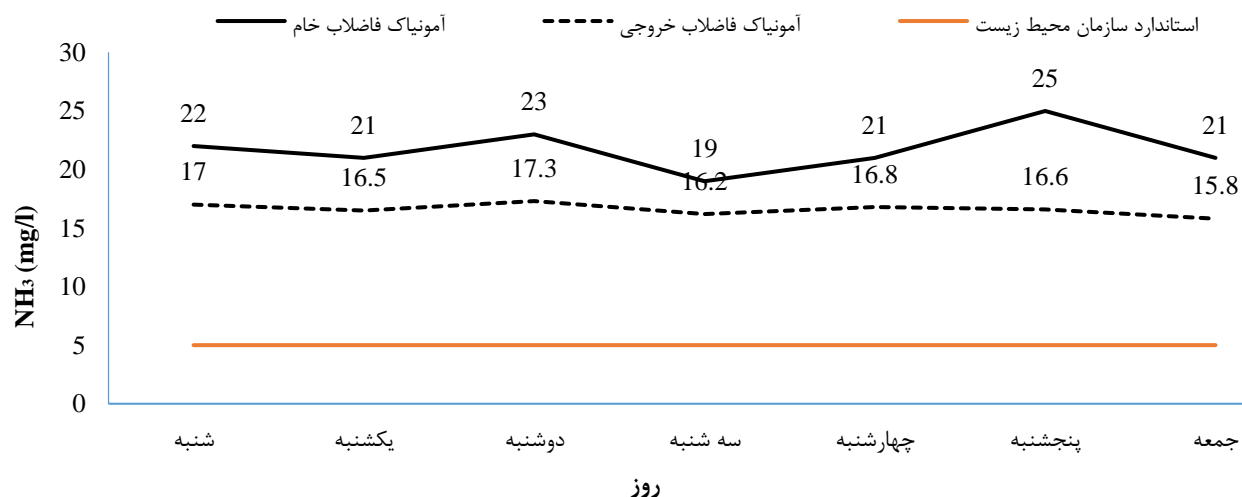
شکل ۴- میزان COD ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز

نتایج مندرج در شکل ۶ مشاهده می‌شود میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف آمونیاک از فاضلاب ورودی در طول یک‌هفته حداقل ۱۴ درصد، حداکثر ۳۳ درصد و به‌صورت میانگین ۲۴ درصد است. این عملکرد پایین فرآیند لجن فعال، نشان از شوک‌های دبی مختلف در ساعات مختلف شبانه‌روز دارد که در سیستم رخ می‌دهد.

براساس نتایج مندرج در شکل ۵ مشخص شده است میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر TSS (کل جامدات معلق) در روزهای نمونه‌برداری در طول یک‌هفته حداقل ۵۹ درصد، حداکثر ۷۲ درصد و به‌صورت میانگین ۶۸ درصد است که با توجه به استانداردهای محیط‌زیستی، میزان کل جامدات معلق فاضلاب خروجی برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب نیست. هم‌چنین براساس



شکل ۵- میزان کل جامدات معلق ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز

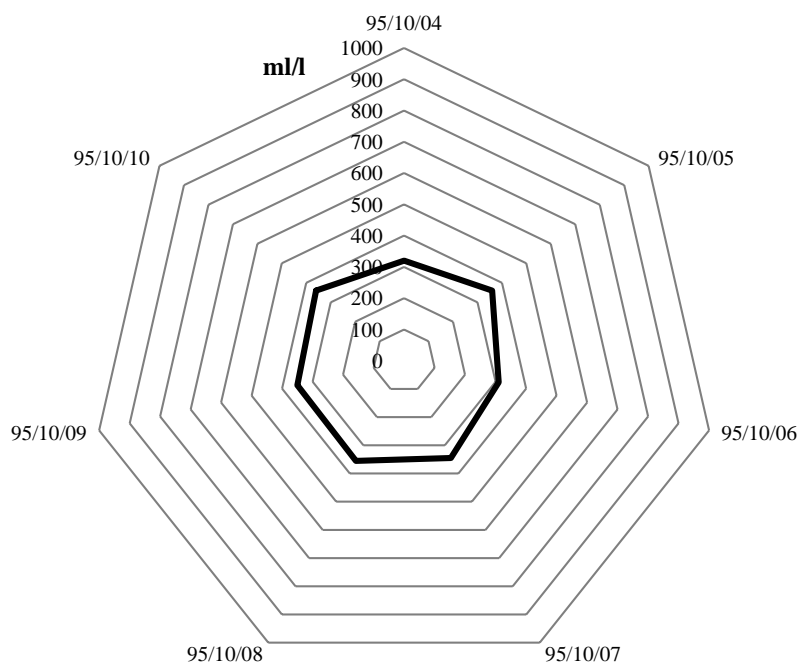


شکل ۶- میزان آمونیاک ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز

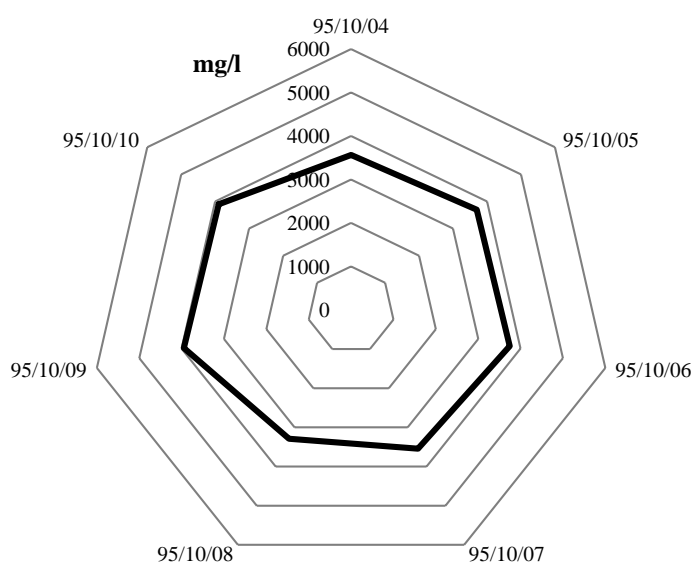
۳-۲- تحلیل نتایج حاصل از پایش سیستم لجن فعال در حالت بهره‌برداری با متعادل‌سازی

نتایج نشان می‌دهد که میزان دبی در ساعات مختلف شبانه‌روز با به‌کاربردن حوض متعادل‌ساز، از نوسانات کمی برخوردار است. این میزان نوسان کم در ساعات مختلف سبب پایداری در سیستم لجن فعال و افزایش راندمان فرآیند می‌شود. براساس نمونه‌برداری‌های انجام شده و نتایج مندرج در شکل ۹ مشخص می‌شود میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر BOD₅ در روزهای نمونه‌برداری (مندرج در جداول) در ساعت ۸ صبح در طول یک‌هفته حداقل ۸۹ درصد، حداکثر ۹۱ درصد و به‌صورت میانگین ۹۰ درصد است که با توجه به استانداردهای محیط‌زیستی، میزان BOD فاضلاب خروجی برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب است.

براساس نتایج مندرج در شکل ۵ و بررسی تست استوانه مندرج در روزهای مختلف در ساعت ۸ صبح، مشخص شده است که قابلیت ته‌نشینی توده بیولوژیک و هم‌چنین میزان MLSS (جامدات معلق مایع مخلوط) به‌دلیل شوک‌های دبی و عدم ثبات در میزان F/M و عدم رشد مناسب میکروارگانیسم‌ها، پایین‌تر از حد نرمال است. براساس نتایج، میزان ته‌نشینی نیم‌ساعته لجن حوض هوادهی در استوانه مندرج در این حالت در طول یک هفته حدود ۳۱۰ الی ۳۶۰ میلی‌لیتر در یک لیتر استوانه مندرج است که این میزان باید حدود ۷۰۰ الی ۹۰۰ میلی‌لیتر در یک لیتر استوانه مندرج باشد (شکل ۷). میزان MLSS که برای سیستم لجن فعال متعارف حدود ۴۰۰۰ الی ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است، در این حالت بهره‌برداری بین ۳۲۹۰ الی ۳۹۴۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌شود که این دو مورد، کاهش راندمان فرآیند لجن فعال را در پی خواهد داشت (شکل ۸).



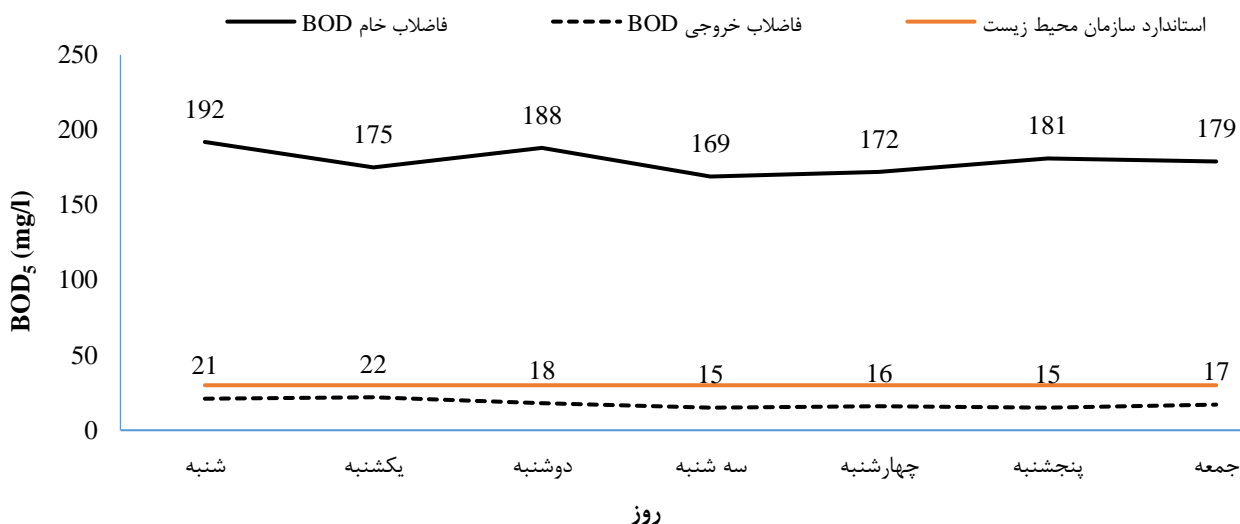
شکل ۷- میزان ته‌نشینی لجناب برداشتی از حوض هوادهی در تست استوانه مدرج برحسب ml/l (تست نیم ساعته)



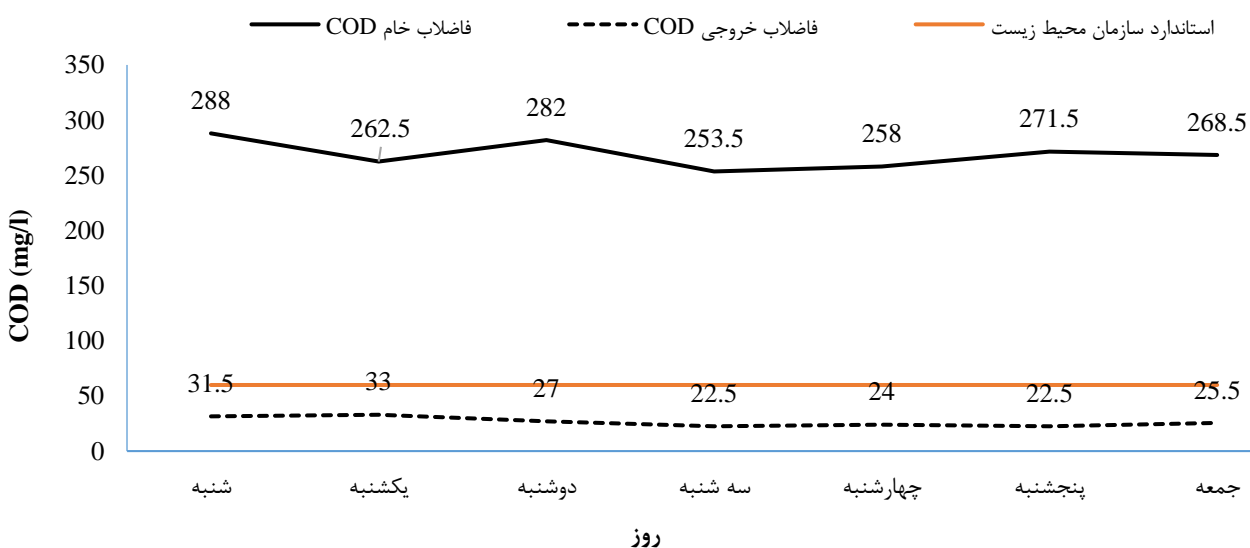
شکل ۸- میزان MLSS مایع مخلوط حوض هوادهی فعال برحسب mg/l

جامدات معلق فاضلاب خروجی برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب است. براساس نتایج شکل ۱۲ مشخص می‌شود میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف آمونیاک از فاضلاب ورودی در طول یک‌هفته حداقل ۷۷/۸۹ درصد، حداکثر ۸۴/۶۲ درصد و به‌صورت میانگین ۸۱/۵۹ درصد است. این عملکرد بالای فرآیند لجن فعال، نشان از ثبات دبی‌های مختلف در ساعات مختلف شبانه‌روز که در سیستم رخ می‌دهد، دارد و سبب بهبود فرآیند لجن فعال شده است.

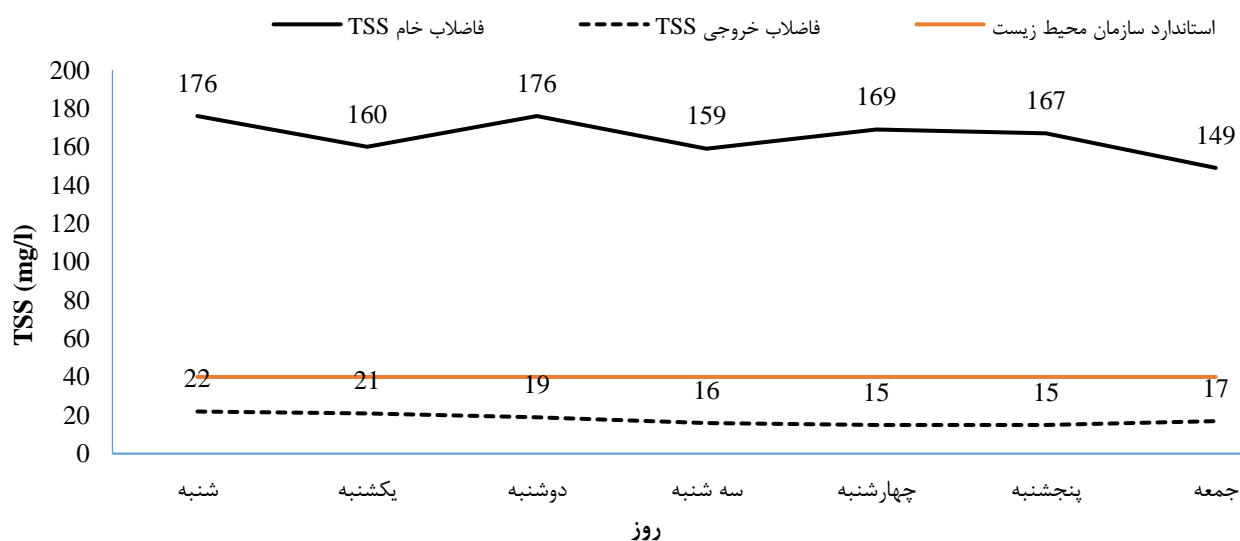
براساس نتایج مندرج در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر COD همانند پارامتر BOD در طول یک‌هفته حداقل ۸۹ درصد، حداکثر ۹۱ درصد و به‌صورت میانگین ۹۰ درصد است. هم‌چنین براساس نتایج ارائه شده در شکل ۱۱، میزان راندمان فرآیند لجن فعال در حذف پارامتر TSS در روزهای نمونه‌برداری در طول یک هفته حداقل ۸۶/۸ درصد، حداکثر ۹۱/۱ درصد و به‌صورت میانگین ۸۹/۱۹ درصد است که با توجه به استانداردهای محیط‌زیستی، میزان کل



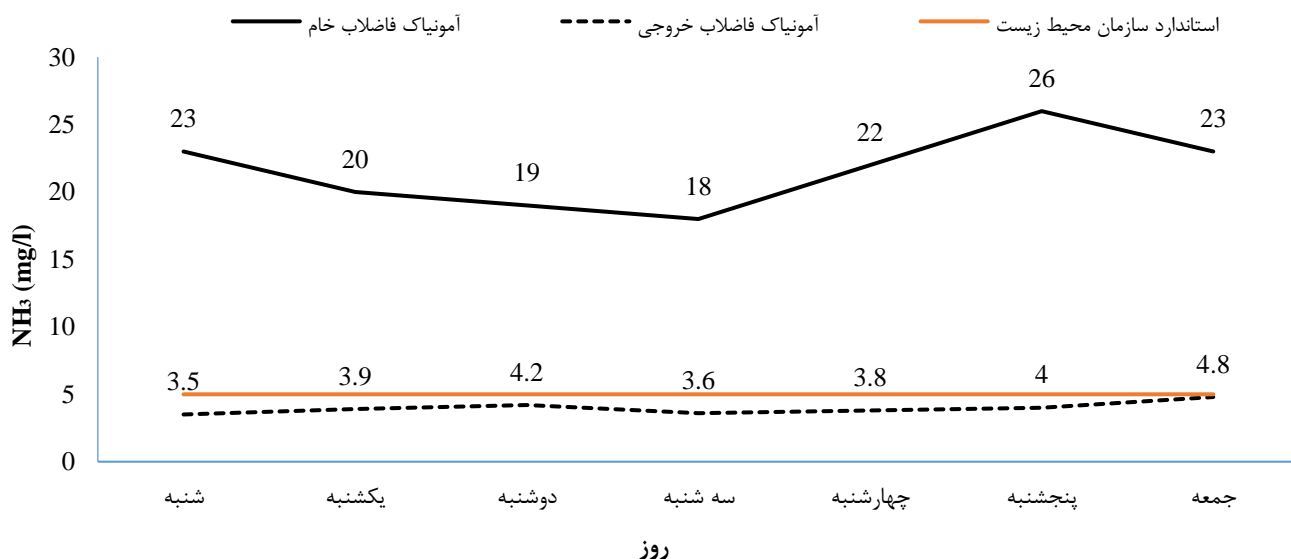
شکل ۹- میزان BOD₅ ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز



شکل ۱۰- میزان COD ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری بدون استفاده از حوض متعادل‌ساز



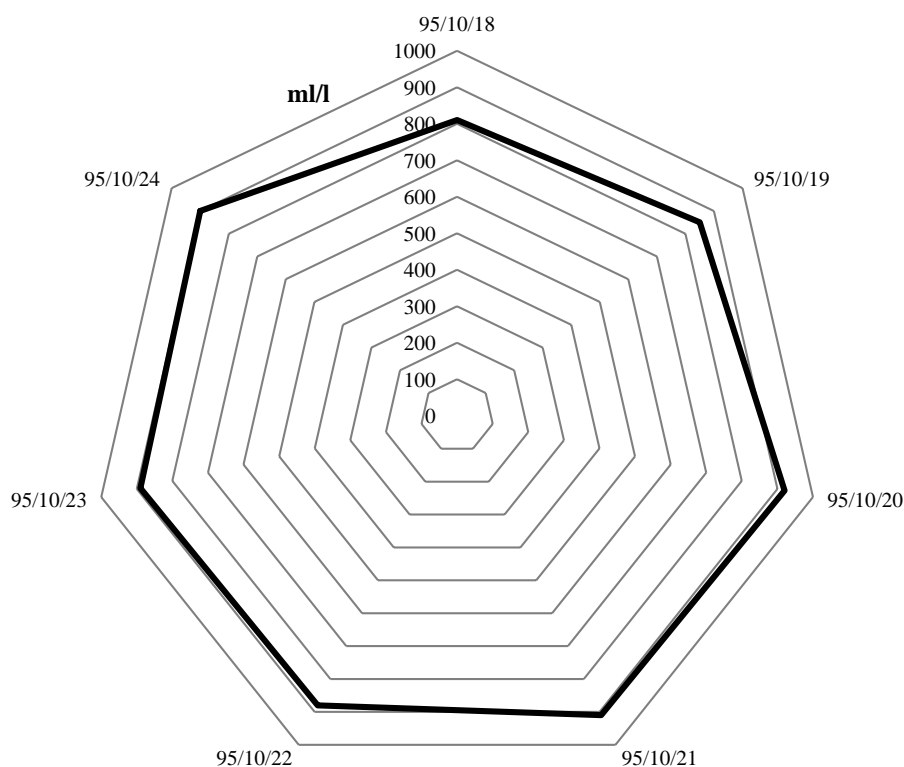
شکل ۱۱- میزان کل جامدات معلق ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره‌برداری با استفاده از حوض متعادل‌ساز



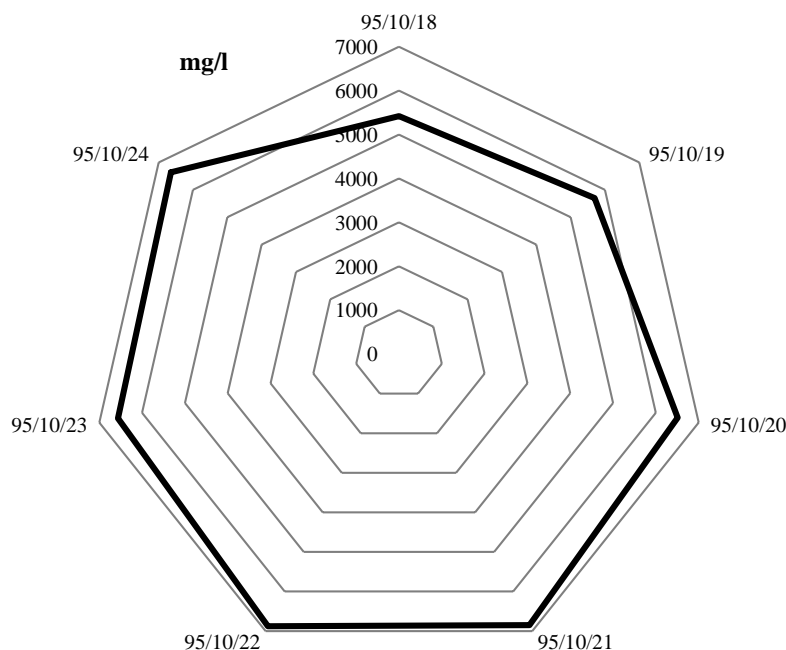
شکل ۱۲- میزان آمونیاک ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در حالت بهره برداری با استفاده از حوض متعادل‌ساز

۱۳). هم‌چنین میزان MLSS که باید برای سیستم لجن فعال حدود ۴۰۰۰ الی ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (و ترجیحاً بیشتر از ۶۰۰۰) باشد، در این‌حالت بهره‌برداری بین ۵۴۲۱ الی ۶۸۷۷ میلی‌گرم بر لیتر است که این دو مورد افزایش راندمان فرآیند لجن فعال را در پی خواهد داشت (شکل ۱۴).

براساس نتایج تست استوانه مدرج در روزهای مختلف در ساعت ۸ صبح، مشخص شده که قابلیت ته‌نشینی توده بیولوژیک و میزان MLSS (جامدات معلق مایع مخلوط) در حد نرمال و مناسب است. براساس نتایج میزان ته‌نشینی نیم‌ساعته لجن حوض هوادهی در استوانه مدرج در این‌حالت در طول یک‌هفته حدود ۸۱۰ الی ۹۲۰ میلی‌لیتر در یک لیتر استوانه مدرج است (شکل



شکل ۱۳- میزان ته‌نشینی لجناب برداشتی از حوض هوادهی در تست استوانه مدرج بر حسب ml/l (تست نیم ساعته)



شکل ۱۴- میزان MLSS مایع مخلوط حوض هوادهی فعال برحسب mg/l

۴- نتیجه‌گیری

یک لیتر استوانه مدرج است. هم‌چنین میزان MLSS که باید برای سیستم لجن فعال حدود ۴۰۰۰ الی ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (و ترجیحاً بیشتر از ۶۰۰۰) باشد، در این حالت بهره‌برداری بین ۵۴۲۱ الی ۶۸۷۷ میلی‌گرم بر لیتر است که این دو مورد، افزایش راندمان فرآیند لجن فعال را در پی خواهد داشت.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان دبی ورودی به تصفیه‌خانه در ساعات مختلف شبانه‌روز به دلیل جمعیت پایین تحت پوشش، از نوسانات بالایی برخوردار است. این میزان نوسان در دبی‌های بالا سبب شوک‌های مختلف به سیستم بیولوژیک و میکروارگانیسم‌های موجود در سیستم لجن فعال شده و سبب کاهش راندمان فرآیند و ایجاد اتصال کوتاه در حوض‌های ته‌نشینی و فرار لجن می‌شود. براساس نمونه‌برداری‌های صورت‌گرفته مشخص شده است میزان راندمان فرآیند لجن فعال در طول یک‌هفته در حذف پارامتر BOD_5 ، COD، TSS و آمونیاک در حالت میانگین به ترتیب ۶۱، ۶۱، ۶۸ و ۲۴ درصد است که مطابق استانداردهای پساب خروجی، پساب تصفیه شده برای تزریق به چاه‌های آب یا آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد در کشاورزی مناسب نیست. براساس نتایج، با به‌کاربردن حوضچه متعادل‌سازی و کنترل دبی ورودی به حوض هوادهی در نرخ ۱۲ مترمکعب بر ساعت، راندمان حذف پارامترهای BOD_5 ، COD، TSS و آمونیاک در حالت میانگین در طول یک‌هفته به ترتیب به مقادیر ۹۰، ۹۰، ۸۹/۱۹ و ۸۱/۵۹ درصد ارتقا یافت. هم‌چنین با بررسی تست استوانه مدرج در روزهای مختلف، مشخص شد میزان ته‌نشینی نیم‌ساعته لجن حوض هوادهی در استوانه مدرج در این حالت در طول یک‌هفته حدود ۸۱۰ الی ۹۲۰ میلی‌لیتر در

۵- تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از آقای مهندس امیری رئیس بخش تاسیسات راهبردی تصفیه‌خانه ۳۷ و هیئت داوران که ما را در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

۶- مراجع

الماسی، ع.، درگاهی، ع.، دل‌انگیزان، س.، هاشمیان، ا.، و نادری، م.، (۱۳۹۵)، "مقایسه هزینه - اثربخشی سیستم‌های لجن فعال با سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب در استان کرمانشاه"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۷(۳)، ۴۴-۵۳.
حسینی، ا. ح.، جاوید، ا. ح.، ترابیان، ع.، حسینیان، م.، و حیات بخش، ا.، (۱۳۸۸)، "بررسی عملکرد سیستم‌های هوادهی (لجن فعال) با بستر ثابت در تصفیه فاضلاب‌های با بار آلودگی بالا"، *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۱۱(۴)، ۹-۱.

- wastewater using a filter with a plastic waste filling", *Journal of Water Process Engineering*, 29(1), 1-10.
- Eikelboom, D.H., (2000), *Process control of activated sludge plants by microscopic investigation*, IWA Publishing, London.
- Fillos, J., Katehis, D., Ramalingman, K., Carrio, L.A., and Gopalakrishan, K., (2000), "Determination of nitrifier growth rate in New York city water pollution control plants", *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2000(13), 585-601.
- Hung, J., and Cheng, M.D., (1984), "Measurements and new applications of oxygen uptake rates in activated sludge process", *Journal Water Pollution Control Federation*, 56(1), 787-798.
- Kwiatkowska, A., and Zielinska, M., (2020), "Waste-organics supported treatment of nitrogen-rich digester supernatant", *Journal of Water Process Engineering*, 37(1), 2-8.
- Ottoson, A., Hansen, B., Björleinius, H., Norder, M., and Stenström, T., (2018), "Removal of viruses, parasitic protozoa and microbial indicators in conventional and membrane processes in a wastewater pilot plant", *Water Research*, 40(7), 1449-1457.
- Parker, D.S., Kinnear, D.J., and Wahlberg, E.J., (2001), "Review of folklore in design and operation of secondary clarifiers", *Journal of Environmental Engineering*, 127(1), 476-484.
- Parkin, G.F., and McCarty, P.L., (1981), "Source of soluble organic nitrogen in activated sludge effluents", *Journal Water Pollution Control Federation*, 53(1), 89-98.
- Petrovic, J., Radjenovic, D., and Barcalona, M., (2017), "Elimination of emerging contaminants (surfactants, pharmaceuticals) by membrane bioreactor", *MBR Technology*, 1164(1), 65-73.
- Stephenson, S., Judd, B., Jefferson, K., and Brindle, M., (2019), *Membrane Bioreactors for wastewater treatment*, IWA publishing, London.
- Tchobanoglous, G., and Burton, F., (1991), *Wastewater engineering, treatment, disposal, and reuse*, Metcalf & Eddy, USA.
- حسینی، م.، بیگی خسروشاهی، ی.، و آق‌بلاغی، س.، (۱۳۹۷)، "مدل‌سازی راکتور لجن گرانولی هوازی برای بررسی اثر اکسیژن و بار ورودی بر حذف همزمان COD، نیتروژن و فسفر"، *مجله آب و فاضلاب*، ۳۰(۶)، ۹۰-۹۸.
- داغبندان، ا.، طالشی فرشته، ع.، و یعقوبی، م.، (۱۳۹۵)، "مقایسه شبکه‌های عصبی نوع GMDH چندهدفی و شبکه خودباوری بیزین در پیش‌بینی کدورت آب تصفیه‌شده مطالعه موردی: تصفیه‌خانه بزرگ آب گیلان"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۷(۲)، ۸۳-۷۱.
- دهقان کنگ زیتون، ع.ا.، غلامی، م.، فرزاد کیا، م.، جوادی، ز.، و مویدی، ا.، (۱۳۸۸)، "ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی ایران"، *سلامت کار در ایران*، ۴(۶)، ۴۵-۵۱.
- کریمی، ع.، مهرداد، ن.، هاشمیان، س.، ج.، نبی بیده‌ندی، غ.ر.، و توکلی مقدم، ر.، (۱۳۸۹)، "انتخاب فرآیند بهینه تصفیه فاضلاب با استفاده از روش AHP"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۱(۴)، ۱۲-۲.
- کریمی، ف.، عروجی، ن.، و تکدستان، ا.، (۱۳۹۶)، "بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر اهواز و مقایسه آن با استانداردهای آب شرب در سال ۱۳۹۵"، *نشریه علوم مهندسی آب و فاضلاب*، ۲(۳)، ۵۱-۶۰.
- موسویان، س.، تکدستان، ا.، و نیسی، ع.، (۱۳۹۴)، "تعیین ضرایب سینتیکی واحد لجن فعال با اختلاط کامل تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی کشت و صنعت نیشکر"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۶(۲)، ۶۲-۷۰.
- Abdulsalam, M., Cheman, H., Yunos, K. F., Abidin, Z.Z., Idris, A.I., and Hamzah, M.H., (2020), "Augmented yeast-extract and dairy-waste for enhancing biodecolourization of palm oil mill effluent using activated sludge", *Journal of Water Process Engineering*, 36(1), 1-13.
- Alves, M.S., Lima, G.R., Araujo, A.L., Silva, F.J., and Pereira, E.L., (2020), "Monte Carlo simulation in the evaluation of failure probability in waste stabilization ponds", *Journal of Water Process Engineering*, 38(1), 1-7.
- Barker, P.L., and Dold, P.L., (1997), "General model for biological nutrient removal in activated sludge systems: model presentation", *Journal of Water Environment Research*, 69(5), 969-984.
- Choi, H.Y., (2018). "Effect of membrane type and material on performance of a submerged membrane bioreactor", *Chemosphere*, 71(5), 853-859.
- Dacewicz, W., and Chmielowski, K., (2019), "Application of multidimensional clustering for an assessment of pollutants removal from domestic



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.