فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸
صفحات ۵۰-۶۱
ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

# امکان سنجی تصفیه بی هوازی فاضلاب شهری
# (مورد مطالعه : شهر مرودشت)

**مهران زارع**
[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب و فاضلاب - عمران آب و فاضلاب دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان

**چکیده**
امروزه باتوجه به بحران‌های زیست‌محیطی، لزوم اجرای راهکارهایی برای کاهش این بحران‌ها و در صورت امکان جبران آن‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. در همین راستا، تصفیه پساب به روش بی‌هوازی طی سالیان اخیر مورد توجه قرار گرفته است. به همین منظور، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی کارایی سیستم تصفیه بی‌هوازی در اصلاح کیفیت یا کاهش پارامترهای مورد نظر در فاضلاب شهری مرودشت انجام گرفت. بر این اساس، از یک سیستم چرخشی استفاده گردید. ۵۰ لیتر فاضلاب در شرایط کاملاً بی‌هوازی به مدت ۱۹۲ ساعت با دبی مشخص و سرعت ثابت مشخص شده در سیستم جریان پیدا کرد. ابتدا از فاضلاب ورودی و سپس در زمان‌های ۰، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت، از فاضلاب در حال گردش نمونه‌برداری انجام گردید و در هر یک از زمان‌های ذکر شده، پارامترهای مربوط به کیفیت از جمله COD، $BOD_5$، TSS، TP، NH3، NO3 و PH اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین پارامترهای مورد بررسی (به استثنای PH و آمونیاک) در فاضلاب ورودی از استاندارد تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست پایین‌تر است. سیستم ساخته شده سبب شد تا مقادیر فسفات، BOD و COD و مواد جامد معلق به محدوده استاندارد برای مصارف کشاورزی و آبیاری تعیین شده برسند. این درحالی بود که سیستم طراحی شده نتوانست میانگین آمونیاک و PH را به حد استاندارد برساند. بنابراین می‌توان بیان کرد که طبق نتایج، کارایی سیستم بی‌هوازی چرخشی گردان که در مطالعه حاضر طراحی گردید در دسته خوب ارزیابی می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** مرودشت، فاضلاب شهری، سیستم بی‌هوازی چرخان

## ۱- مقدمه

افزایش جمعیت از یک سو و توسعه صنعتی و اقتصادی دنیا در قرن اخیر از سوی دیگر، مشکلات زیادی را برای زندگی بشر به وجود آورده است که از آن جمله می توان به آلودگی محیط زیست و بحران‌های ناشی از آن اشاره نمود. در همین راستا، امروزه حفظ منابع آب، یعنی حیاتی‌ترین ماده‌ای که بشر به آن نیاز دارد به طور فزاینده‌ای مورد توجه مجامع مختلف بین المللی قرار گرفته است. رشد روزافزون جمعیت و در نتیجه بهره‌برداری بیش از حد از منابع محدود آب از یک طرف و آلوده شدن آنها به سبب فعالیت‌های گوناگون زیستی، کشاورزی و صنعتی بشر از طرف دیگر همگی دست به دست همدیگر داده و زنگ خطر بحران آب را در سال‌های آینده به صدا در آورده است. این امر از دو جنبه کلی قابل توجه است، اولاً افزایش کیفیت آبی که باید به مصارف گوناگون برسد که تحت تاثیر سه عامل عمده افزایش آلاینده‌ها در منبع طبیعی آب، آزمایش‌های کیفی آب و فاضلاب با دقت بالا و افزایش سطح استاندارد آب آشامیدنی است و ثانیاً افزایش کیفیت فاضلاب تصفیه شده گوناگون شهری، روستایی، کشاورزی و صنعتی می‌باشد (شهیدی و ترکاشوند، ۱۳۹۱). بنابراین لزوم توجه به تصفیه فاضلاب‌های شهری برای دستیابی به منابع آبی قابل استفاده مجدد، امری ضروری به نظر می‌رسد. در این میان، فرایندهای بیولوژیکی یکی از روش‌های متداول و به صرفه در تصفیه فاضلاب هستند. هدف عمده از تصفیه بیولوژیکی، استفاده از میکروارگانیسم‌ها برای تبدیل مواد آلی به محصولات دیگر از جمله متان، حذف یا کاهش مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) و سایر آلاینده‌هاست. تصفیه بیولوژیکی به عنوان بهترین انتخاب تصفیه برای مواد آلی دارای مقدار کالری پایین در مواد زائد جامد شهری پذیرفته شده است. روش تصفیه بیولوژیکی شامل کمپوست هوازی و هضم بی‌هوازی می‌باشد. همچنین گوارش بی‌هوازی زیست توده یکی از فناوری‌های تولید انرژی است (گنجی دوست و همکاران، ۱۳۸۳).

طی بیست سال اخیر، به دلیل افزایش استانداردهای سخت گیرانه تخلیه فاضلاب به محیط زیست که توسط سازمان‌های ملی و بین المللی تعیین شده است، کاربرد سیستم‌های کاراتر برای تصفیه فاضلاب افزایش یافته است. به همین منظور، فرآیندهای بی‌هوازی به ویژه برای تصفیه فاضلاب‌های خیلی قوی، در چند سال اخیر ثابت کرده است که گزینه بهتری برای تصفیه نسبت به فرآیندهای هوازی است (Langenhoff and Stuckey, 2000; McCarty, 2012). هضم بی هوازی جزء آلی مواد زائد جامد شهری یک پدیده نسبتاً جدید است و مزیت‌های زیادی در مقایسه با گزینه‌های دیگر دفع مواد جامد شهری دارد. بهره‌دهی واقعی این روش بستگی به ترکیب خوراک و پارامترهای بهره‌برداری درون هاضم دارد. همچنین می‌تواند دارای مزیت اقتصادی جهت فرآیند کمپوست هوازی باشد که یک مصرف کننده خالص انرژی است. هضم بی‌هوازی دارای تولید خالص انرژی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلو وات ساعت در هر تن مواد زائد است در حالی که کمپوست کردن هوازی ۵۰۰ تا ۷۵۰ کیلو وات ساعت برای تصفیه هرتن مواد زائد انرژی مصرف می‌کند. بیشتر انرژی شیمیایی موجود در مواد مغذی در واقع بوسیله باکتری‌های بی‌هوازی به متان تبدیل می‌گردد. استات، هیدروژن و دی‌اکسیدکربن مهمترین موادغذایی برای مصرف متان سازها هستند (De Baere, 2000; Fayyaz et al., 2014).

از دیگر مزایای سیستم‌های بی‌هوازی می‌توان به تولید لجن کمتر و امکان عملکرد متناوب لجن در غلظت‌های بیشتر نسبت به سیستم‌های هوازی اشاره نمود. در این راستا، تصفیه بی‌هوازی فاضلاب شهری به صورت مطالعه موردی در شهر مرودشت، هدف پژوهش حاضر قرار گرفت. در واقع هضم بی‌هوازی و تولید بیوگاز، ضمن تأمین قسمتی از انرژی مورد نیاز یک تصفیه خانه فاضلاب شهری اثرات زیست محیطی بسیار مناسبی نیز دارد. که از آن جمله می‌توان به حفظ جنگل‌ها، جلوگیری از آلودگی آب‌های زیر زمینی، کاهش اثرات گلخانه‌ای جو زمین، تولید کود غنی و آب مناسب برای توسعه کشاورزی و فضای سبز اشاره نمود (Hobson et al., 1993).

مطالعات زیادی در این زمینه در ایران و در خارج از کشور انجام گرفته است:

باقری اردبیلیان و همکاران (۱۳۸۹)، کارآیی تصفیه خانه فاضلاب شهر زنجان را ارزیابی نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که راندمان حذف TSS، $BOD_5$ و COD از فاضلاب ورودی، به ترتیب ۷۷/۹۱، ۸۷/۲۵ و ۸۷/۲۹ درصد بوده و میانگین غلظت پارامترهای مذکور در پساب خروجی به ترتیب ۳۰/۰۲، ۱۸/۶۳ و ۳۳/۳۷ میلی گرم در لیتر می‌باشد که با استانداردهای سازمان

حفاظت محیط زیست ایران در استفاده مجدد از پساب برای مصارف کشاورزی، مطابقت دارد. ایشان نتیجه گرفتند سیستم لجن فعال مورد استفاده در این تصفیه خانه کارآمد بوده و پساب تولیدی، از نظر پارامترهای مورد TSS، $BOD_5$ و COD با استانداردهای رایج مطابقت دارد، لذا قابلیت استفاده مجدد و یا تخلیه به آب‌های پذیرنده را دارا می‌باشد.

جمشیدی و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی به بررسی عملکرد راکتور بافلدار بی‌هوازی در تصفیه فاضلاب شهری پرداختند. در این پژوهش ملکرد راکتور بافلدار بی‌هوازی (ABR) بعنوان واحدی مستقل برای تصفیه فاضلاب شهری مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، از زمستان سال ۱۳۸۹ تا شهریورماه ۱۳۹۰، به مدت ۸ ماه، مطالعات پایلوتی در مقیاس آزمایشگاهی با حجم ۲۰ لیتر و نیمه‌صنعتی با حجم ۴۸ لیتر انجام پذیرفت. مطابق نتایج حاصل، این سامانه در دو مقیاس مذکور بطور مشابه توانسته است در زمان ماند بهینه ۱۰ تا ۱۲ ساعت، بطور متوسط میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی محلول فاضلاب (COD) را تا ۷۲٪ کاهش دهد که در بهترین شرایط محیطی و دمایی به ۸۵٪ نیز رسیده است. همچنین در مقیاس آزمایشگاهی، کاهش زمان ماند تا ۶ ساعت، بازده کلی سیستم را تنها ۴٪ کاهش می‌دهد که بیانگر تأثیر بافل‌بندی راکتور می‌باشد. این خاصیت باعث می‌شود شرایط بی‌هوازی اجباری مانند پتانسیل اکسیداسیون و احیا به مقادیر مطلوب متان‌سازی رسیده و منجر به آزادسازی فسفات محلول شود.

مکاری و همکاران (۱۳۹۴)، امکان سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی پالایشگاه شیرین سازی گاز کارون (GTP) جهت مصارف کشاورزی و آبیاری را مطالعه نمودند. پس از شناخت فرآیند تولید و شناخت منابع آلوده کننده پساب، نقاط نمونه برداری مشخص و از پساب خروجی ازحوضچه جدا کننده API نمونه گیری و به مدت ۶ ماه پارامترهای کیفی پساب مورد سنجش قرارگرفت. سپس فاکتورهای مهم و کلیدی آلایندگی شاملPH، COD، TSS، TDS، $BOD_5$، Oil Grease شناسایی گردید. میانگین پارامترهای پساب خروجی به ترتیب ۸/۷۰، ۵۲۹، ۳۰۷، ۳۲۸۱، ۲۰۸، ۳/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و بیشتر از استانداردهای سازمان محیط‌زیست ایران جهت تخلیه می باشد،که این امر نشان از ناکارآمدی سیستم API می باشد. بنابراین استفاده مجدد از پساب های صنعتی می تواند راهکاری مفید برای حل مشکل کم‌آبی به خصوص در مناطق با آب و هوای خشک و نیمه خشکی همچون کشورمان باشد.

رحیمی و همکاران (۱۳۹۵)، تصفیه فاضلاب شهری با بررسی عملکرد فرآیندهای هوازی و بی‌هوازی فیلم ثابت را مطالعه کردند. غلظت ورودی COD، ازت و فسفر کل به هر دو سیستم به ترتیب ۱۱۰ تا ۶۷۳، ۳/۲ تا ۲۵ و ۲/۵ تا ۲۰/۷ میلی‌گرم در لیتر بود. همچنین متوسط راندمان حذف COD، ازت و فسفر کل به ترتیب در سیستم های SBBR و ASBBR ۹۳/۲۵، ۸۹/۲۱ و ۸۷/۰۳ و ۶۲/۷۷، ۵۶/۳۶ و ۵۴/۳۳ به دست آمد. بنابراین براساس نتایج، عملکرد سیستم SBBR نسبت به ASBBR مناسبتر بوده و مکانیسم های موثر در این فرایند دنیتریفیکاسیون، جذب فسفر و همچنین نیتریفیکاسیون همزمان در مرحله هوادهی است. نتایج حاصل از TEM نشان داد که جمعیت باکتریهایی که توانایی تشکیل بیوفیلم را داشته‌اند در سیستم SBBR نسبت به ASBBR بیشتر بوده است.

آقانژاد و موسوی (۱۳۹۵)، کارایی راکتورهای بافل‌دار بی‌هوازی با بسترمدیای ثابت و چرخان برای تصفیه فاضلاب شهری را بررسی نمودند. خروجی راکتور FABR در زمان ماند ۱۸ تا ۴۸ ساعت به ترتیب حذف ۸۰ تا ۹۳ درصد COD، ۱۰ تا ۲۱ درصد TKN و ۲۱ تا ۳۰ درصد فسفات بوده است. در همه شرایط به استاندارد خروجی TSS و با HRT بهینه ۳۶ ساعت به استاندارد خروجی COD و BOD رسیده است. RABR در زمان ماند ۲۴ ساعت و دور ۵۰ rpm به این استانداردها رسید ولی در هیچکدام از زمان‌های ماند نتوانسته است استاندارد خروجی مواد مغذی را تامین کند. ایشان نتیجه گرفتند که FABR سامانه مناسبی برای تصفیه فاضلاب شهری هست اما با توجه به حذف ناکافی مواد مغذی ضروری است پساب خروجی آن با یک روش هوازی تصفیه تکمیلی گردد و یا با توجه به مفید بودن خروجی راکتور در آبیاری زمین هایی با خاک کشاورزی فقیر بصورت زیرسطحی مورد استفاده قرار گیرد.

بنابراین پژوهش حاضر در صدد است تا ضمن ارزیابی کارایی سیستم تصفیه بی‌هوازی در اصلاح کیفیت فاضلاب شهری، پارامترهای مربوط به کیفیت از جمله COD، $BOD_5$، TSS، TP، $NH_3$، $NO_3$ و PH را تعیین کند.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان مرودشت از شهرستان‌های استان فارس است. مرکز این شهرستان، شهر مرودشت است. جمعیت این شهرستان طبق سرشماری سال ۱۳۹۵، برابر با ۳۲۳۴۳۴ نفر بوده و آب و هوای آن در نواحی کوهستانی سردسیر و در سایر نواحی معتدل است. پتروشیمی شیراز یکی از نزدیکترین و بزرگترین بخش‌های صنعتی اقتصادی است که در ۴ کیلومتری این شهرستان قرارگرفته که علیرغم رونق اقتصادی خوب از نظر تولید، آلودگی زیست‌محیطی زیان زیادی را به شهروندان این منطقه وارد نموده‌است. رودخانه کر که از کوه‌های اقلید سرچشمه می‌گیرد از ورودی این شهر عبور می‌کند که البته پتروشیمی آب آن را تا حد زیادی آلوده نموده که نتایج آلودگی کاملاً مشهود می‌باشد. شبکه فاضلاب شهر مرودشت در سال ۱۳۷۱ به بهره‌برداری رسید و تا سال ۱۳۸۲ کل شبکه با لوله‌های سیمانی و آزبست اجرا شد و حدود ۱۴ کیلومتر از خط انتقال این شبکه را لوله‌های بتنی در اقطار ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر تشکیل می‌دهند. بر اساس مطالعات صورت گرفته به دلیل موقعیت ویژه جغرافیایی شهرستان و این که سطح آب‌های زیر زمینی بالا بوده است، شیب مناسبی برای خطوط شبکه طراحی و اجرا نشده است و این موضوع لزوم استفاده از ایستگاه‌های پمپاژ در طول خط جریان را ضروری کرده است. همچنین، درجه حرارت بالا بویژه در فصل‌های گرم سال دمای فاضلاب را تا ۴۰ درجه سانتیگراد افزایش می‌دهد (خادم مدرسی و همکاران، ۱۳۹۱).

### ۲-۲- روش انجام پژوهش

به منظور ارزیابی کارایی سیستم تصفیه بی هوازی در اصلاح کیفیت فاضلاب شهری مرودشت، از یک سیستم چرخشی استفاده گردید. سیستم ساخته شده شامل یک لوله ، یک مخزن که محل ذخیره فاضلاب است و پمپ کفکش که فاضلاب را در سیستم به جریان می اندازد (شکل ۱). اتصالات و لوله ها نیز وظیفه انتقال فاضلاب از مخزن به لوله و برگرداندن مجدد آن به مخزن را بر عهده دارند. ۵۰ لیتر فاضلاب در شرایط کاملا به هوازی به مدت ۱۹۲ ساعت با دبی مشخص و سرعت ثابت مشخص شده در سیستم جریان پیدا می کند.

شکل ۱. سیستم طراحی شده

فاضلاب به مدت ۱۹۲ ساعت در سیستم جریان پیدا کرد، ابتدا از فاضلاب ورودی و سپس در زمان‌های ۰ و ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت، از فاضلاب در حال گردش نمونه برداری انجام گردید و در هر یک از زمان های ذکر شده، پارامترهای مربوط به کیفیت از جمله COD، $BOD_5$، TSS، TP، $NH_3$، $NO_3$ و PH اندازه‌گیری شد.

پارامترهایی که لازم است برای تعیین کیفیت فاضلاب، بررسی عملکرد و کنترل سامانه‌های مختلف تصفیه فاضلاب انداز ه‌گیری شوند، بسته به نوع فرایند متفاوت می باشد. پارامترهایی که به طور معمول در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اندازه‌گیری می شوند عبارتند از: PH، اکسیژن محلول، خواست اکسیژن زیست شیمیایی (BOD)، خواست اکسیژن شیمیایی (COD)، کربن ارگانیک کل (TOC)، کربن ارگانیک فرار (VOC)، انواع مواد محلول و معلق (TS، TSS، TDS، VSS، FSS)، نیتروژن ($NH_3$، $NO_3$، TKN)، فسفر (فسفر کل، اورتو فسفات)، چربی و روغن، فلزات سنگین، رنگ، بو و کدورت، میکروبیولوژی فاضلاب، شاخص‌های، باکتریولوژیکی، آزمایش های میکروسکوپی، نسبت خوراک به میکروارگانیزم، متوسط زمان اقامت باکتر یها، MLVSS، MLSS، حجم لجن ته‌نشین شده، اندیس حجمی لجن، بده فاضلاب (لحظه ای، میانگین، حداقل و حداکثر)، بار آلودگی و اندازه‌گیری رقوم هستند. در مطالعه حاضر کارایی تصفیه بی‌هوازی فاضلاب در یک سیستم چرخشی جهت اصلاح کیفیت فاضلاب شهر مرودشت بررسی گردید، برای این منظور پارامترهای PH، خواست اکسیژن زیست شیمیایی ($BOD_5$)، خواست اکسیژن شیمیایی COD، TSS، TP، $NH_3$ و $NO_3$ اندازه‌گیری شدند.

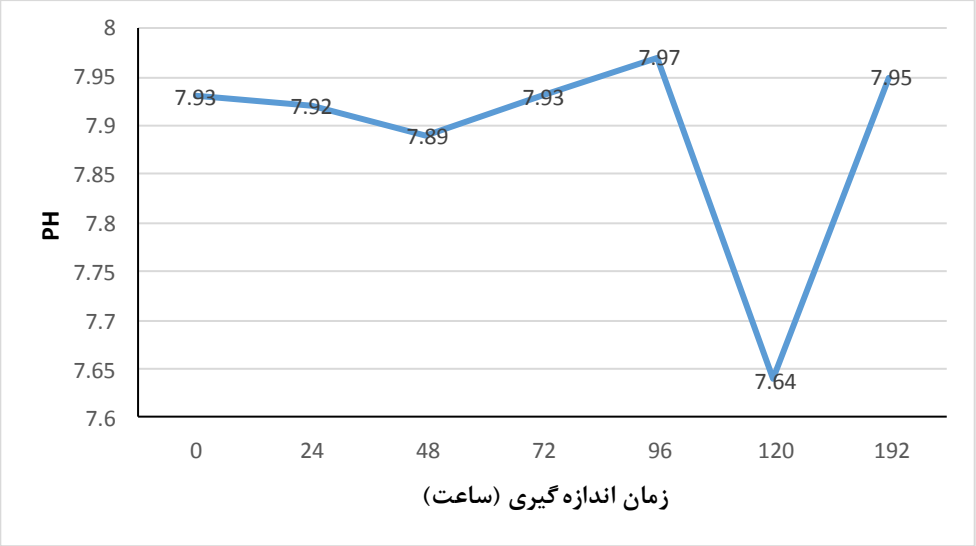
پژوهش حاضر از نوع توصیفی می‌باشد لذا برای تجزیه و تحلیل داده از طرح آزمایشی خاصی انجام نشد بنابراین بعد از اندازه-گیری پارامترهای مختلف در زمان‌های متفاوت داده‌ها به نرم افزار Excel وارد شدند و توصیفات آماری انجام و نمودارهای مربوطه نیز ترسیم گردید.

## ۳- یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که ذکر گردید پارامترهایی که در مطالعه حاضر و در زمان‌های مختلف (۰، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت) اندازه‌گیری گردید شامل PH، خواست اکسیژن زیست شیمیایی ($BOD_5$)، خواست اکسیژن شیمیایی (COD)، TSS، TP، $NH_3$ و $NO_3$ بودند که به ترتیب نتایج بررسی آنها در ذیل بیان می‌شود:

### ۳-۱- نتایج بررسی PH

تغییرات ناشی از میزان PH فاضلاب شهری مرودشت در زمان‌های مختلف در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان تعیین گردید. دامنه تغییرات PH از ۷/۶۴ تا ۷/۹۷ متغیر بود. در زمان صفر میزان PH برابر ۷/۹۳ برآورد شد. کمترین میزان PH یا حالت اسیدی که در سیستم تصفیه بی هوازی مشاهده شد هنگامی بود که ۱۲۰ ساعت از چرخش فاضلاب در سیستم گذشته بود و برابر ۷/۶۴ برآورد گردید. بیشترین مقدار PH یا حالت قلیایی با گذشت ۹۶ ساعت از ماندن فاضلاب در سیستم دیده شد، در این حالت مقدار ۷/۹۷ مشاهده گردید. جدول ۲ نتایج حاصل از بررسی PH را نشان می‌دهد.

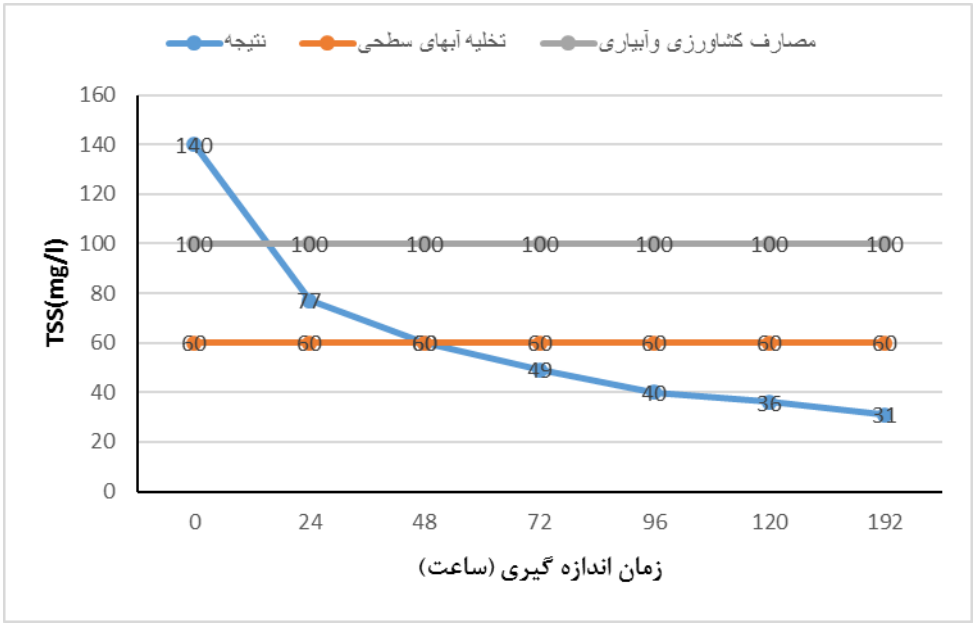



شکل ۲. تغییرات میزان PH در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان

همانطور که شکل ۲ نشان می‌دهد، استاندارد میانگین PH برای تخلیه به آب‌های سطحی، تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی و آبیاری به ترتیب برابر ۷/۵، ۷/۲۵ و ۷ است، که در این مطالعه میانگین میزان PH در همه زمان‌های نگهداری در مخزن تصفیه بی‌هوازی بیشتر از استاندارد مربوطه برای تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی و آبیاری می‌باشد.

### ۲-۳- نتایج بررسی کل مواد جامد معلق (TSS)

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان مواد جامد معلق فاضلاب در چرخش در سیستم تصفیه بی هوازی و در زمان‌های مختلف نمونه‌گیری در شکل ۳ آمده است. میانگین مواد جامد معلق در زمان صفر برابر ۱۴۰میلی گرم در لیتر برآورد شد. مقدار مورد نظر از استاندارد تخلیه فاضلاب به آب‌های سطحی و استفاده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری بیشتر بود. استفاده از سیستم تصفیه بی هوازی چرخان سبب شد تا میانگین مواد جامد معلق در زمان‌های نمونه‌برداری ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت در سیستم مورد نظر به ترتیب برابر ۷۷ و ۶۰ و ۴۰، ۳۶ و ۳۱ محاسبه شد.

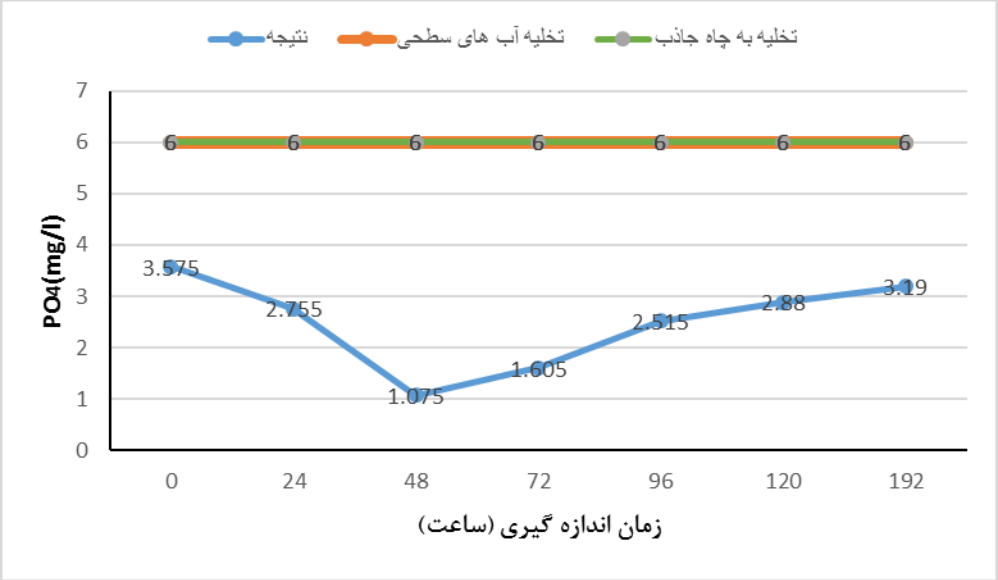



شکل ۳. تغییرات میانگین مواد جامد معلق در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان

استاندارد میانگین مواد جامد محلول فاضلاب جهت تخلیه به آب‌های سطحی و استفاده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری به ترتیب برابر ۶۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بود که در مطالعه حاضر و بعد از تصفیه توسط سیستم بی‌هوازی چرخان مقادیر فوق کمتر از استانداردهای مربوطه بود.

### ۳-۳- نتایج بررسی فسفات بر حسب فسفر

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فسفات فاضلاب در سیستم تصفیه بی هوازی و در زمان‌های مختلف نمونه‌گیری در شکل ۴ نمایش داده شده است. میانگین فسفات در زمان صفر برابر ۳/۵۷۵ میلی گرم در لیتر برآورد شد. مقدار مورد نظر از استاندارد تخلیه فاضلاب به آب‌های سطحی، تخلیه به چاه جاذب و استفاده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری کمتر بود.

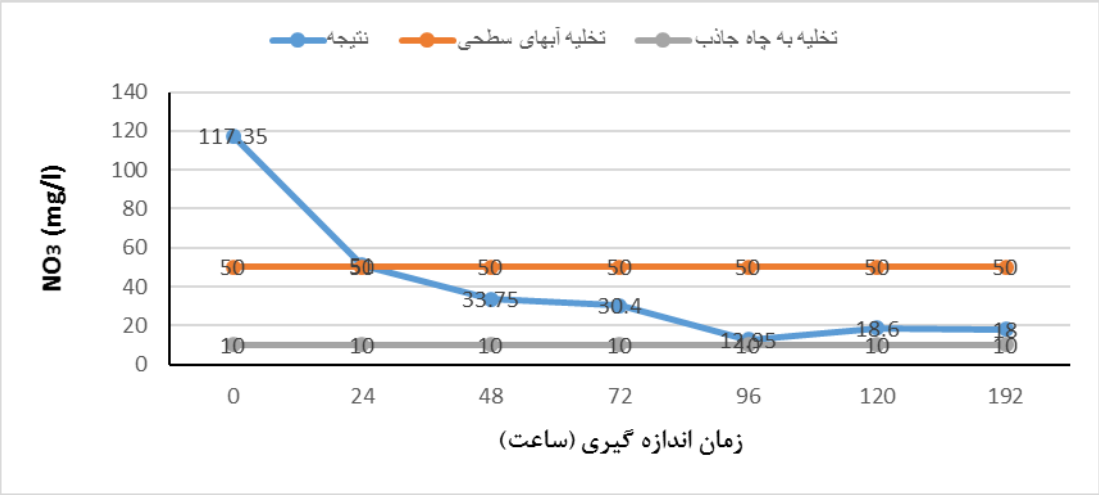



شکل ۴. تغییرات میانگین فسفات در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان

### ۳-۴- نتایج بررسی نیترات (NO3)

میانگین نیترات در زمان صفر برابر ۱۱۷/۳۵میلی گرم در لیتر به دست آمد. مقدار مورد نظر از استاندارد تخلیه فاضلاب به آب-های سطحی و تخلیه به چاه جاذب بیشتر بود. نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیترات فاضلاب در سیستم تصفیه بی‌هوازی و در زمان‌های مختلف نمونه‌گیری در شکل ۵ ارائه گردیده است.

استفاده از سیستم تصفیه بی هوازی چرخان سبب شد تا میانگین نیترات در زمان‌های نمونه‌برداری ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت در سیستم مورد نظر به ترتیب برابر ۵۱ و۳۳/۷۵ ۳۰/۴ و ۱۲/۹۵و ۱۸/۶ و ۱۸ میلی‌گرم در لیتر به دست آید. بر اساس نتایج مورد نظر کمترین و بیشترین میانگین نیترات در سیستم تصفیه مورد نظر مربوط به نمونه‌های گرفته شده در زمان‌های۰و ۹۶ساعت بودند. استاندارد میانگین نیترات فاضلاب جهت تخلیه به آب‌های سطحی و تخلیه به چاه جاذب به ترتیب برابر ۵۰ و ۱۰ میلی گرم در لیتر است که در مطالعه حاضر و با تصفیه توسط سیستم بی هوازی چرخان مقادیر مورد نظر در پساب خروجی کمتر از استانداردهای مربوطه جهت تخلیه به آب‌های سطحی بوده است. این در حالی است که سیستم تصفیه بی هوازی طراحی شده در این مطالعه نتوانست میانگین نیترات فاضلاب را به حد استاندارد تخلیه به چاه جاذب (۱۰ میلی گرم در لیتر) برساند. سیستم تصفیه بی هوازی طراحی شده کارایی متوسطی در حذف نیترات فاضلاب شهری مرودشت داشته است.

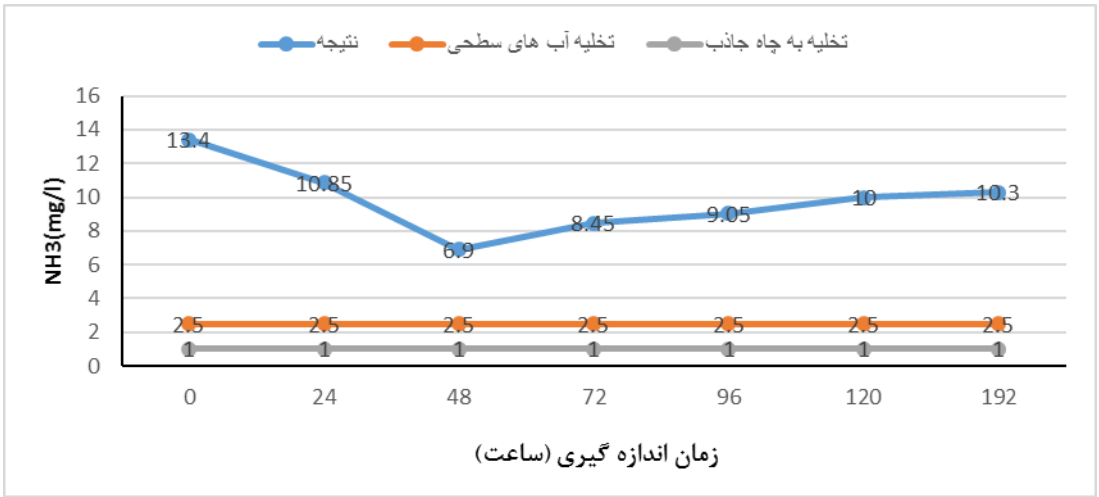



شکل ۵. تغییرات میانگین نیترات فاضلاب مرودشت در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان

### ۵-۳- نتایج بررسی آمونیاک (NH3)

میانگین آمونیوم در زمان صفر برابر ۱۳/۴میلی گرم در لیتر به دست آمد. مقدار مورد نظر از استاندارد تخلیه فاضلاب به آب-های سطحی و تخلیه به چاه جاذب بیشتر بوده است. در شکل ۶ نتایج حاصل از اندازه‌گیری آمونیوم فاضلاب در سیستم تصفیه بی‌هوازی و در زمان‌های مختلف نمونه‌گیری نشان داده شده است.

استفاده از سیستم تصفیه بی هوازی چرخان طراحی شده موجب گردید تا میانگین آمونیوم در زمان‌های نمونه‌برداری ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت در سیستم مورد نظر به ترتیب برابر ۱۰/۸۵ و ۶/۹ و ۸/۴۵ و ۹/۰۵ و ۱۰ و ۱۰/۳ بر اساس نتایج مورد نظر کمترین و بیشترین میانگین آمونیوم در سیستم تصفیه مورد نظر مربوط به نمونه‌های گرفته شده در زمان‌های ۰ و ۴۸ ساعت بودند. همچنین استاندارد میانگین آمونیوم فاضلاب جهت تخلیه به آب‌های سطحی و تخلیه به چاه جاذب به ترتیب برابر ۲/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر است که در مطالعه حاضر و با تصفیه توسط سیستم بی هوازی چرخان مقادیر مورد نظر در پساب خروجی به کمتر از استانداردهای مربوطه جهت تخلیه به آب‌های سطحی نرسید و سیستم تصفیه بی هوازی طراحی شده در این مطالعه نتوانست میانگین آمونیوم فاضلاب را به حد استاندارد تخلیه به چاه جاذب (۱ میلی گرم در لیتر) برساند.

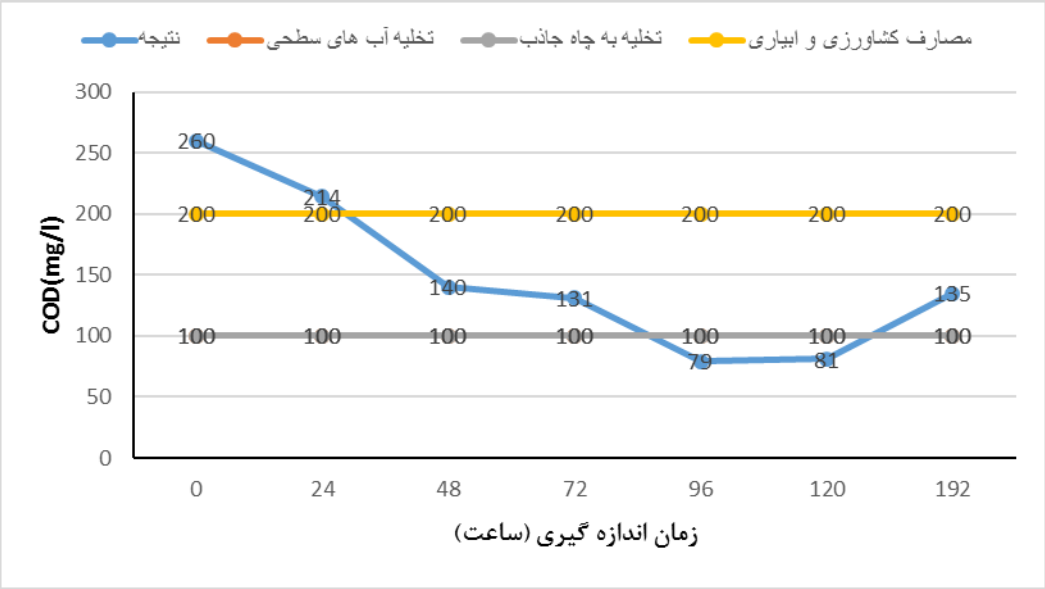



شکل ۶. تغییرات میانگین آمونیاک فاضلاب مرودشت در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان

### ۶-۳- نتایج بررسی اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)

میانگین خواست اکسیژن شیمیایی در زمان صفر برابر ۲۶۰میلی گرم در لیتر به دست آمد. مقدار مورد نظر از استاندارد تخلیه فاضلاب به آب‌های، تخلیه به چاه جاذب و مصرف کشاورزی بسیار بیشتر بوده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواست

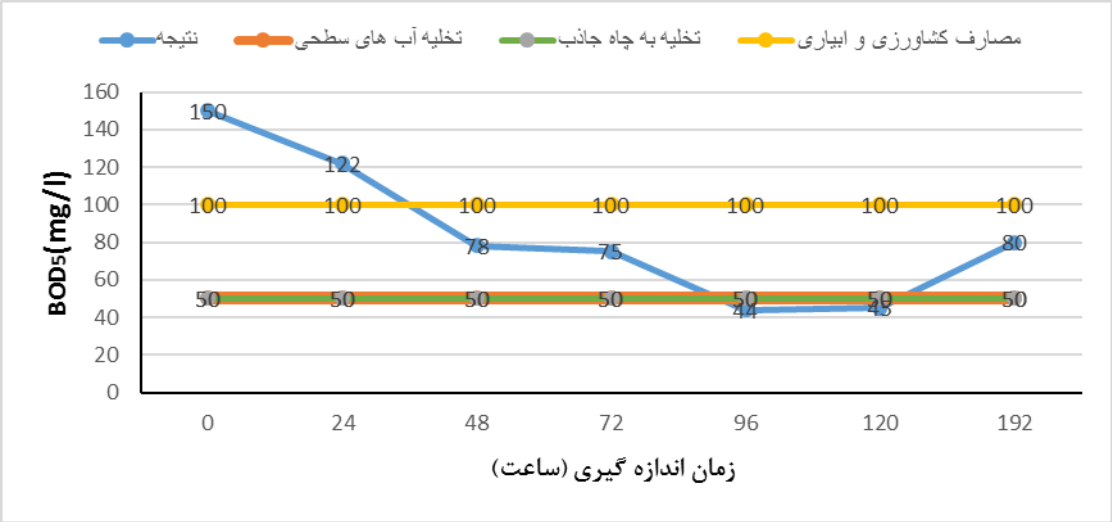
اکسیژن شیمیایی فاضلاب در سیستم تصفیه بی‌هوازی چرخان و در زمان‌های مختلف نمونه‌گیری در شکل ۷ نشان داده شده است. استفاده از سیستم تصفیه بی هوازی چرخان طراحی شده سبب شد تا میانگین خواست اکسیژن شیمیایی در زمان‌های نمونه‌برداری ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت در سیستم مورد نظر به ترتیب برابر ۲۱۴ و۱۴۰و ۱۳۱و ۷۹ و ۸۱ و ۱۳۵ میلی گرم در لیتر به دست آید. بر اساس نتایج مورد نظر کمترین و بیشترین میانگین خواست اکسیژن شیمیایی در سیستم تصفیه مورد نظر مربوط به نمونه‌های گرفته شده در زمان‌های ۹۶ و ۰ بودند. همچنین استاندارد میانگین خواست اکسیژن شیمیایی فاضلاب جهت تخلیه به آب‌های سطحی، تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی به ترتیب برابر ۱۰۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر است که در مطالعه حاضر و با تصفیه توسط سیستم بی هوازی چرخان مقادیر مورد نظر در پساب خروجی بیشتر از استانداردهای مربوطه است ولی از استاندارد مصارف کشاورزی پایین تر می‌باشد.




شکل ۷. تغییرات میانگین COD فاضلاب مرودشت در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان

### ۷-۳- نتایج بررسی اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD5)

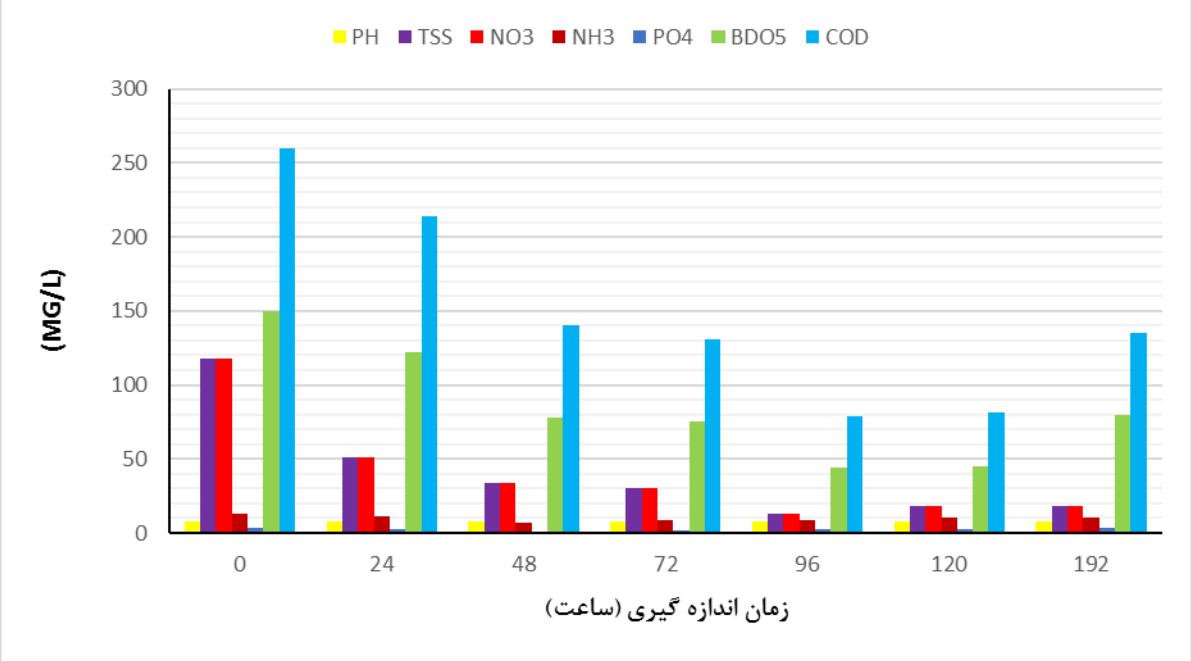
نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواست اکسیژن بیوشیمیایی فاضلاب در سیستم تصفیه بی‌هوازی چرخان و در زمان‌های مختلف نمونه‌گیری نشان داد که میانگین خواست اکسیژن بیوشیمیایی در زمان صفر برابر ۱۵۰میلی گرم در لیتر می‌باشد. مقدار مورد نظر از استاندارد تخلیه فاضلاب به آب‌های سطحی و تخلیه به چاه جاذب بیشتر بود (جدول ۸). استفاده از سیستم تصفیه بی هوازی چرخان سبب شد تا میانگین خواست اکسیژن بیوشیمیایی فاضلاب در زمان‌های نمونه‌برداری ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت در سیستم مورد نظر به ترتیب برابر ۱۲۲و ۷۸ و ۷۵ و ۴۴ و ۴۴ و ۸۰ میلی گرم در لیتر به دست آید. بر اساس نتایج مورد نظر کمترین و بیشترین میانگین خواست اکسیژن بیوشیمیایی فاضلاب در سیستم تصفیه مورد نظر مربوط به نمونه‌های گرفته شده در زمان‌های ۱۹۶ و ۰ ساعت بودند. همچنین استاندارد میانگین خواست اکسیژن بیوشیمیایی فاضلاب جهت تخلیه به آب‌های سطحی، تخلیه به چاه جاذب و مصارف کشاورزی به ترتیب برابر ۵۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر است که در مطالعه حاضر و با تصفیه توسط سیستم بی هوازی چرخان مقادیر مورد نظر در پساب فقط قابل استفاده برای مصارف کشاورزی می‌باشد.




شکل ۸. تغییرات میانگین خواست اکسیژن بیوشیمیایی فاضلاب مرودشت در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان

### ۸-۳- ارزیابی کارایی سیستم

روند تغییرات میانگین پارامترهای فاضلاب شهری مرودشت شامل خواست اکسیژن بیوشیمیایی (BOD5)، خواست اکسیژن شیمیایی (COD)، TSS، TP، $NH_3$ و $NO_3$ اندازه‌گیری شده در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در شکل۹ ارائه گردیده است. بر این اساس، بیشترین کارایی سیستم تصفیه بی هوازی چرخان طراحی شده در حذف پارامترهای TSS، از طرفی کمترین کارایی سیستم در حذف پارامترهای فسفات و آمونیاک سیستم حاصل گردید.




شکل ۹. تغییرات پارامترهای مورد آزمایش فاضلاب مرودشت در سیستم تصفیه بی هوازی چرخان

## ۴- بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر امکان سنجی تصفیه بی هوازی فاضلاب شهری شهر مرودشت مدنظر قرار گرفت. در مطالعه حاضر، از سیستم تصفیه بی‌هوازی چرخان جهت تصفیه فاضلاب شهری مرودشت استفاده شد. برای این منظور پارامترهای PH، نیترات، آمونیوم، فسفات، کل مواد جامد محلول، خواست اکسیژن شیمیایی و خواست اکسیژن بیوشیمیایی ۵ روزه بررسی گردید. پارامترهای

مذکور در زمان‌های مختلف (۰، ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۹۲ ساعت) از چرخش فاضلاب در سیستم اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از آن بوده است که با افزایش زمان گردش فاضلاب در سیستم و در واقع طول دوره بی‌هوازی، کارایی سیستم در حذف پارامترهای بررسی شده افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که حذف پارامترها با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه گردید و راندمان سیستم ارزیابی شد. نتایج پژوهش نشان داد که میانگین مواد جامد محلول فاضلاب کمتر از استاندارد تعیین شده بود. از طرفی به نظر می‌رسد سیستم تصفیه بی هوازی طراحی شده کارایی مناسبی در حذف نیترات فاضلاب شهری مرودشت داشته است. همچنین کارایی متوسطی در حذف BOD و COD فاضلاب شهری مرودشت داشت. میانگین آمونیاک، در پساب خروجی بیشتر از استانداردهای تعیین شده برآورد شدند.

نتایج مطالعه حاضر با نتایج سایر محققین مطابقت داشته است. زرولی و همکاران (۱۳۸۹) بیان نمودند که میزان PH فاضلاب خروجی از تصفیه خانه آق قلا در سال ۱۳۸۶ در محدوده‌ی ۷ تا ۸/۱ قرار داشت. آنها بیان نمودند که میزان PH فاضلاب خروجی در ماه‌های مختلف سال متفاوت بوده است. آقانژاد و موسوی (۱۳۹۵) کارایی راکتورهای بافل‌دار بی‌هوازی با بستر مدیای ثابت و چرخان برای تصفیه فاضلاب شهری را بررسی نمودند و میانگین میزان PH در خروجی سیستم را برابر ۷/۵۵ گزارش نمودند که در محدوده‌ی PH در این مطالعه هم خوانی دارد.

Shibao و همکاران (۲۰۱۵) کارایی حذف COD و $BOD_5$ فاضلاب از طریق تالاب‌های مصنوعی چند لایه جدید را به ترتیب ۹۰/۶ و ۸۷/۹ درصد عنوان کردند. در واقع غلظت‌های بالاتر COD و $BOD_5$ قابل تجزیه منجر به حجم بیشتر حوض هوادهی، نیاز به انتقال اکسیژن بیشتر و تولید لجن بیشتر می‌شود. لازم به ذکر است که حضور اکسیژن و نیترات در فاضلاب شهری می‌تواند فرآیند تصفیه بی‌هوازی را به تاخیر انداخته یا کارایی آن را کاهش دهد، چرا که این مواد پتانسیل اکسیداسیون فاضلاب را بالا نگه می‌دارند. لذا در این هنگام، باکتری‌های متان ساز نیاز است تا شرایط احیایی با حذف این مواد توسط سایر باکتری‌ها در بخش های نخست سیستم تصفیه رخ دهد و با کاهش تدریجی این پتانسیل در سیستم، شرایط متان سازی فراهم گردد (Bayrakdar et al, 2009). رابطه بین COD و BOD که نسبت COD به BOD باشد معمولاً برای فاضلاب ورودی ۱ به ۰/۵ خواهد بود. در مورد پساب ثانویه که خوب تثبیت شده است به ۱ به ۰/۱ کاهش می یابد. در این مطالعه نسبت COD به $BOD_5$ در فاضلاب ورودی برابر ۱ به ۰/۴۴ بود که بعد از تصفیه توسط سیستم بی‌هوازی چرخان طراحی شده به ۱ به ۰/۱ رسید. برایی و همکاران (۱۳۸۹) تاثیر میزان بارگذاری مواد آلی در عملکرد تصفیه خانه فاضلاب صنعتی آبادان را مطالعه کردند. حداکثر بازده حذف آلاینده‌ها در تصفیه خانه فاضلاب مربوط به مرداد ماه بوده است، در این ماه میانگین مقادیر COD و$BOD_5$ به ترتیب برابر ۸۰۵ و ۴۴۰ میلی گرم درلیتر بودند که نسبت آنها معادل ۱ به ۰/۵۴ بدست آمده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

با توجه به مشکلات تامین آب در آینده نه چندان دور، به نظر می‌رسد استفاده از پساب تصفیه شده از لحاظ اقتصادی و فنی توجیه پذیرتر از سایر گزینه‌ها بوده و از طرفی نیز راهکاری را برای دفع فاضلاب‌های تولیدی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست فراهم می‌آورد. در کشور ما با توجه به دیدگاه اخیر و مساله جمع آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، پتانسیل مورد نیاز برای استفاده از پساب تصفیه شده فراهم می‌باشد. اما با توجه به لزوم توجه به مسایل بهداشتی استفاده از فاضلاب-های تصفیه شده نیاز به تدوین استانداردهای جامعی در این زمینه در کشور دارد.

هم اکنون هیچ استاندارد ملی برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشور وجود ندارد. تنها استاندارد موجود در رابطه با فاضلاب، استاندارد تخلیه پساب است که به وسیله سازمان حفاظت از محیط زیست و با همکاری وزارتخانه بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، نیرو، صنایع، معادن و فلزات، کشور و کشاورزی در سال ۱۹۹۴ تهیه و تدوین گردیده است. این استاندارد حدود مجاز کیفیت فاضلاب را برای تخلیه به آب‌های سطحی، چاه‌های جاذب و آبیاری محصولات کشاورزی تعیین می‌نماید. در هر حال این استاندارد هیچ معیاری را برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در مصارف صنعتی، تفریحی، زیست محیطی و... فراهم نمی‌کند. با این وجود در مطالعه حاضر کارایی سیستم تصفیه بی هوازی چرخان با استانداردهای سازمان حفاظت از محیط زیست مقایسه گردید و به این شیوه کارایی سیستم طراحی شده مد نظر قرار گرفت.

## ۵- منابع


- آقانژاد محمد ، موسوی غلامرضا. ۱۳۹۵. بررسی کارایی راکتورهای باف لدار ب یهوازی با بسترمدیای ثابت و چرخان برای تصفیه فاضلاب شهری. مجله سلامت و محیط زیست. دوره نهم، شماره سوم، ص ۴۲۱ تا ۴۳۲.
- باقری اردبیلیان پری ، صادقی هادی ، نبئی امیر ، باقری اردبیلیان مریم. ۱۳۸۹. ارزیابی کارآیی تصفیه خانه فاضلاب: مطالعه موردی شهر زنجان. دوره اول، شماره سوم، ص ۶۷ تا ۷۵.
- برایی ایران ، فرزادکیا مهدی ، جعفرزاده نعمت الله. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر میزان بارگذاری مواد آلی در عملکرد تصفیه خانه فاضلاب صنعتی آبادان. علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دوازدهم، شماره دو. ص ۸۸-۷۹.
- خادم مدرسی زهرا ، بازرگان لاری رضا. و بختیاری فرشته. ۱۳۹۱. بررسی خوردگی میکروبی شبکه فاضلابرو بتنی شهرستان مرودشت با توجه به غلظت سولفید هیدروژن. مجله مواد نوین. جلد ۲. شماره ۴. ص ۱۰۴-۹۷.
- رحیمی سجاد ، مکمل عادل ، رضائی مینا. ۱۳۹۵. تصفیه فاضلاب شهری با بررسی عملکرد فرآیندهای هوازی و بیهوازی فیلم ثابت. مجله سلامت محیط و کار سال دوم، شماره سوم. ۱۸۰-۱۶۸.
- زولی محمد علی.، قهرمانی اسمعیل ، قربانیان اله آباد مهدی ، نیکویی ایوب ، هاشمی مریم السادات. ۱۳۸۶. بررسی عملکرد فرآیند لجن فعال در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی آق‌قلا استان گلستان در سال ۱۳۸۶. دوره ۳، شماره ۱. ص ۵۹-۶۶.
- شهیدی علی، ترکاشوند علی، ۱۳۹۱، بررسی روش های تصفیه فاضلاب، تصفیه فاضلاب، ص ۱۱-۱.
- گنجی دوست، حسین.، برقعی، سیدمهدی.، یادکوبی، احمد.، آیتی، بیتا. ۱۳۸۳. عملکرد راکتورهای ترکیبی در تصفیه فاضلاب کارخانه تولید تخته فیبر، فنی و مهندسی مدرس، شماره ۲۱، ص ۵۷-۴۹.
- نوروزمکاری علی رضا ، کیانی الناز ، ظاهری عبده وند سمیرا. ۱۳۹۴. امکان سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی پالایشگاه شیرین سازی گاز کارون GTP جهت مصارف کشاورزی و آبیاری. کنفرانس بین المللی محیط زیست و منابع طبیعی.
- Bayrakdar, A., Sahinkaya, E., Gungor, M., Uyanik, S., Atasoy, A.D. 2009. Performance of sulfidogenic anaerobic baffled reactor (ABR) treating acidic and zinccontaining wastewater. Bioresource Technology. 100(19): 4354-4360.
- De Baere, L. 2000. Anaerobic Digestion of solid waste state-of-the art-Water Science and Technology. 41(3): 283-290.
- Fayyaz, A.Sh., Mahmood, Q., Maroof Shah, M., Pervez, A. and Ahmad Asad, S. 2014. Microbial Ecology of Anaerobic Digesters: The Key Players of Anaerobiosis. Scientific World Journal. 183752.
- Hobson, P.N and Wheatley, A. 1993. Anaerobic digestion modern theory and practice. London and Newyork: Elsevier applied science.
- Langenhoff, A. A., and Stuckey, D. C. 2000. Treatment of dilute wastewater using an anaerobic baffled reactor: effect of low temperature. Water Research. 34(15): 3867-3875.
- McCarty, P. L. 2012. Environmental biotechnology: principles and applications. Tata McGraw-Hill Education.
- Shibao, L., Liang, P., Xiao, B. 2015. Study on method of domestic wastewater treatment through new-type multi-layer artificial wetland. International Journal of Hydrogen Energy. 40(34): 11207-11214.