

Feasibility of Reuse of Wastewater of Municipal Sewage Treatment Plant No. 4 of Mashhad (Case Study: Alteymur)

ABSTRACT

Background and Aim:The aim of this study was to evaluate the performance of biological process treatment (Modified Ludzack Ettinger) of municipal wastewater treatment plant No. 4 in Mashhad- Alteymur.

Materials and methods: The performance of the treatment plant was evaluated in a 12-month period. Sampling of raw sewage inlet and outlet effluent has been done in combination based on flow changes. Also, the studied parameters including BOD5, COD, TSS, TDS, EC, pH, total coliform, fecal coliform were measured according to the methods presented in the standard method book for water and wastewater tests. ANOVA test was used to analyze the data and compare them.

Results: Based on the results, the highest removal efficiencies are related to the parameters of T.C, FC, TSS, BOD5, COD, TDS and EC, respectively, with 100, 100, 98.48, 97.88, 48.96, 25.97 and 25.88 percent, respectively. have been. Significant removal efficiency of the measured parameters in the effluent from the wastewater treatment plant No. 4 of Mashhad (Alteymur) shows the proper performance of the MLE process system. The results of ANOVA test to compare the removal efficiency of the parameters in different seasons showed that the performance of the treatment plant was not affected by the change of seasons.

Conclusion:The amounts of pollutants were compared with the standard of the Environmental Protection Organization of Iran for discharge to the environment and the use of wastewater. According to the studies performed on the tested parameters, the effluent is in line with the standards of the Environmental Protection Organization for irrigation and agriculture, surface water and absorption wells, but for other uses and proper efficiency of the effluent, all aspects must be considered.

Keywords: Environmental effects, Reuse, Effluent, Removal efficiency

Mehdi Pahlavani

Master's degree, Water and Sewage Engineering, Mashhad Water and Wastewater Company, Supervisor of wastewater treatment plants. Mashhad, Iran.

Elahe Khayyami

* Ph.D. Student, Department of Environmental Science and Engineering, Islamic Azad University, West Tehran Branch. Laboratory manager of Sewage Treatment plant No. 4 Mashhad (Alteymur) .Mashhad, Iran. (Corresponding author):
Email : khayami_elahe@yahoo.com

Ebrahim Esmaeilzadeh

Ph.D. Student in Industrial Management - Operations Research Ternd in Ferdowsi University. Mashhad Water and Wastewater Company, Head of Sewage Treatment Plant No. 4 Mashhad (Alteymur).Mashhad, Iran.

Received: 2022/02/17

Accepted: 2022/05/17

Document Type: Research article

► **Citation:** Pahlavani M, Khayyami E, Esmailzadeh E. Feasibility of Reuse of Wastewater of municipal Sewage treatment plant No. 4 of Mashhad (Case study: Alteymur). *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2022; 8(2): 172-181.

امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شماره ۴ مشهد (مطالعه موردی: التیمور)

چکیده

زمینه و هدف: امروزه تصفیه فاضلاب شهری و دفع مناسب آن به منابع پذیرنده به لحاظ محیط زیستی، یکی از ضروری‌ترین خدمات شهری به‌شمار می‌رود. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عملکرد تصفیه فرآیند بیولوژیکی (Modified Ludzack Ettinger) تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شماره ۴ مشهد - التیمور انجام شد.

مواد و روش‌ها: ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه در یک دوره ۱۲ ماهه انجام شد. نمونه‌برداری از فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی به‌صورت مرکب بر اساس تغییرات دبی انجام شد. همچنین پارامترهای مورد بررسی شامل اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، کل مواد جامد معلق، کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، pH، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی مطابق روش‌های ارائه شده در کتاب استاندارد متد برای آزمایشات آب و فاضلاب اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آماری آنووا انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، بیشترین راندمان حذف به‌ترتیب مربوط به پارامترهای T.C, F.C, TSS, BOD₅, COD, TDS, EC به‌ترتیب با ۱۰۰٪، ۱۰۰٪، ۹۸/۴۸٪، ۹۷/۸۸٪، ۹۶/۴۸٪، ۲۵/۸۸٪ و ۲۵/۸۸٪ بود. راندمان حذف قابل توجه پارامترهای اندازه‌گیری شده در پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور) نشان‌دهنده عملکرد مناسب سیستم فرآیند MLE_۱ می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون آنووا در مقایسه راندمان حذف پارامترها در فصول مختلف، عملکرد تصفیه‌خانه تحت تأثیر تغییر فصل نبود.

نتیجه‌گیری: مقادیر آلاینده‌ها با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت تخلیه به محیط‌زیست و استفاده از پساب مقایسه گردید. طبق بررسی‌های انجام شده در خصوص پارامترهای مورد آزمایش پساب خروجی با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست جهت مصارف آبیاری و کشاورزی، آب‌های سطحی و چاه جاذب هم‌خوانی دارد، اما برای سایر مصارف و بهره‌وری مناسب از پساب باید تمام جنبه‌های آن در نظر گرفته شود.

کلید واژه‌ها: اثرات محیط زیستی، استفاده مجدد، پساب، راندمان حذف

مهدی پهلوانی

کارشناسی ارشد، مهندسی آب و فاضلاب، کارشناس ناظر بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب مشهد، ایران.

الهه خیامی

دانشجوی دکترا، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، مسئول آزمایشگاه تصفیه خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور)، مشهد، ایران. (مسئول مکاتبات)

Email: khayami_elahe@yahoo.com

ابراهیم اسماعیل‌زاده

دانشجوی دکترا، مدیریت صنعتی، گرایش تحقیق در عملیات دانشگاه فردوسی مشهد، رییس تصفیه خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور)، شرکت آب و فاضلاب مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

◀ **استناد:** پهلوانی م، خیامی الف، اسماعیل‌زاده الف. امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شماره ۴ مشهد (مطالعه موردی: التیمور). *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۴۰۱؛ ۱۷۲-۱۸۱.

مقدمه

امروزه تصفیه فاضلاب شهری و دفع مناسب آن به منابع پذیرنده به لحاظ محیط زیستی، یکی از ضروری ترین خدمات شهری به شمار می رود (۱). به این منظور تصفیه خانه های فاضلاب برای رعایت محدودیت های تخلیه فاضلاب با چالش هایی روبرو هستند (۲). یکی از مشکلاتی که امروزه با افزایش جمعیت، توسعه صنایع و شهرنشینی خطر جدی را برای سلامت انسان ها و موجودات ایجاد کرده، فاضلاب تولیدی و میزان آن است؛ به گونه ای که هر متر مکعب فاضلاب می تواند ۴۰ تا ۶۰ مترمکعب آب آشامیدنی تمیز را آلوده کند. با توجه به افزایش مخاطره های زیست محیطی این گونه فاضلاب ها، امروزه جمع آوری سریع، تصفیه و دفع آن ها جهت حفظ بهداشت همگانی، جلوگیری از آلودگی منابع آب، حفاظت از محیط زیست و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در مناطق شهری و صنعتی، امری کلیدی و ضروری تلقی می شود (۳). استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده و فرستادن آن در شبکه شهری به ویژه برای آبیاری فضای سبز و مصارف صنعتی از سال ۱۹۲۸ در آمریکا آغاز شده است. در کشورهایی مانند ژاپن، کشورهای عربی حاشیه خلیج فارس و برزیل که با مشکل کم آبی مواجه هستند، روزبه روز استفاده مجدد از فاضلاب برای مصارف شهری و کشاورزی افزایش می یابد (۴). جوامع شهری و روستایی، کانون اصلی مصارف آب برای مقاصد شرب، زراعی، صنعت و تولید فاضلاب انسانی می باشند. افزایش مصارف آب و به تبع آن تولید فاضلاب و روند رو به رشد این تولید و همچنین توجه به استفاده غیراصولی در وضع موجود، ایجاب می نماید برای جلوگیری از گسترش مشکلات محیط زیستی و همچنین تأمین بخشی از آب مورد نیاز مصارف مختلف از طریق بازچرخانی و استفاده مجدد از پساب ها و آب های برگشتی برنامه ریزی شود. هدف کلی استفاده مجدد، بهینه سازی و حفظ موجودیت منابع آب از طریق برگشت دادن جریان های فاضلاب به زمین و استفاده منطقی منابع آب شیرین است (۵). از جمله موارد مصرف پساب ها شامل مصارف کشاورزی، فضای سبز، تفریحی، تغذیه آبخوان، مصارف صنعت، شیلات، محیط زیست و

... می باشد. بخش کشاورزی با توجه به مصرف بالای آب، دارای بزرگ ترین پتانسیل برای استفاده مجدد پساب تصفیه شده است. از فاضلاب شهری با جمعیت یک میلیون نفر، می توان برای آبیاری ۱۵۰۰ تا ۳۵۰۰ هکتار زمین استفاده نمود (۶). مطالعات متعددی بر روی سیستم های مختلف جهت تصفیه فاضلاب شهری در مورد قابلیت استفاده از پساب تصفیه خانه های فاضلاب در کشور و دنیا انجام شده است. در مطالعه یزدان بخش و همکاران که به ارزیابی عملکرد سیستم لجن فعال به روش آنوکسیک - اکسیک در مهدی شهر استان سمنان پرداختند، راندمان حذف پارامترهای اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5)^۱ و کل ذرات جامد معلق (TSS)^۲ به ترتیب ۸۷/۲۹٪، ۸۷/۲۵٪ و ۹۱/۷۷٪ محاسبه شد. همچنین دریافتند که فرآیند تصفیه خانه کارآمد بوده و پساب تولیدی از نظر پارامترهای مورد مطالعه با استاندارد سازمان محیط زیست ایران مطابقت داشته و دارای قابلیت استفاده مجدد یا تخلیه به آب های پذیرنده است (۷). در مطالعه نورمرادی و همکاران که در مورد ارزیابی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب شهر ایلام انجام شد، شدت آلودگی فاضلاب خام در حد متوسط و راندمان حذف BOD_5 ، COD، ذرات معلق، نیتروژن کل، کل کلیرفرم ها و کلیرفرم های مدفوعی به وسیله تصفیه خانه به ترتیب ۸۰/۴۹٪، ۷۸/۸۲٪، ۸۲/۶٪، ۸۲/۵۹٪، ۲۳/۷۵٪ و ۵۱/۸۵٪ بود. نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که تصفیه خانه فاضلاب ایلام، کارایی لازم جهت تولید پساب مطابق با استانداردهای زیست محیطی را ندارد و نیاز است اقدامات اساسی در خصوص اصلاح و ارتقاء ظرفیت واحدهای تصفیه خانه انجام پذیرد (۱). در سال ۲۰۰۸ به این نتیجه رسیدند که بهترین و مهم ترین پارامترها برای ارزیابی عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب، پارامترهای BOD_5 ، COD، TSS، کل جامدات محلول (TDS)^۴ (و

1. Chemical Oxygen Demand
2. Biochemical Oxygen Demand
3. Total Suspended Solids
4. Total Dissolved Solids

تصفیه بیولوژیکی آن به صورت فرآیند اصلاح شده لودزاک اتینگر (MLE) ^۲ می‌باشد. در حال حاضر، تصفیه‌خانه با ظرفیت معمول شبانه‌روزی ۵۷-۶۷ هزار متر مکعب، فاضلاب شهری را تصفیه می‌کند.

فرآیند اصلاح شده لودزاک اتینگر (MLE)

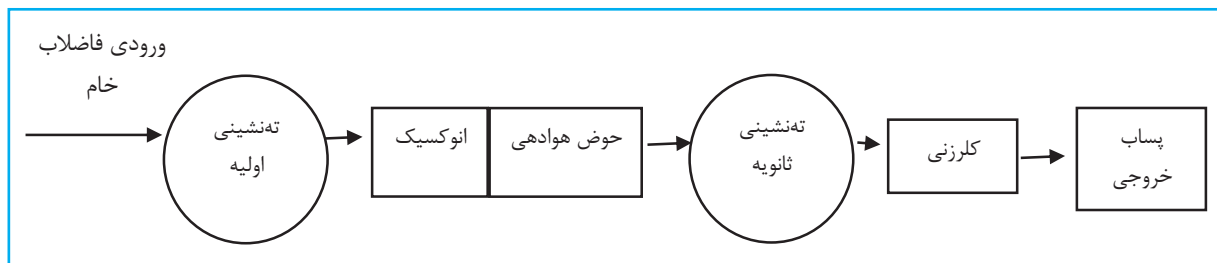
فرآیند اصلاح شده لودزاک اتینگر، یکی از متداول‌ترین فرآیندهای مؤثر جهت از بین بردن آلودگی‌های فاضلاب است. در این روش، واحد هوادهی از دو بخش تشکیل شده است؛ ابتدا واحد انوکسیک و سپس واحد هوازی که نیتريت‌زدایی بیولوژیکی در بخش انوکسیک رخ می‌دهد. در بخش هوازی کاهش BOD و همزمان نیتريت‌زدایی صورت می‌گیرد (۱۰، ۱۱). در این سیستم یک خط برگشت لجن فعال داخلی از مخازن ته‌نشینی ثانویه به واحد انوکسیک وجود دارد که موجب افزایش دنیتريفیکاسیون و در نهایت افزایش راندمان حذف نیتروژن می‌گردد. نحوه قرارگیری واحدهای تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور) در شکل ۱ آمده است.

pH خروجی از تصفیه‌خانه است (۸-۱۰). مطالعه حاضر با هدف امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شماره ۴ مشهد (التیمور) انجام شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌تواند جهت شناخت کارایی تصفیه‌خانه در کاهش پارامترهای کیفی مورد آزمایش و همچنین به منظور برنامه‌ریزی طرح ارتقاء راندمان تصفیه‌خانه در صورت وجود مشکل مورد استفاده قرار گیرد. نتایج با استاندارد های سازمان محیط زیست ایران (IRNDOE) ^۱ مقایسه گردید.

روش کار

موقعیت و ویژگی تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور)

تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور) به عنوان یکی از بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شرق کشور با ظرفیت ۷۵ هزار متر مکعب بر روز، در جنوب شرقی شهر مشهد در اراضی اولنگ به فاصله ۲۵ کیلومتری از محدوده شهری واقع شده است. همچنین



شکل ۱. نحوه قرارگیری واحدهای تصفیه‌خانه فاضلاب

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها طبق روش‌های استاندارد متد Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater and صورت گرفت که برای آزمون BOD_5 ، COD و TSS از کد استاندارد ۵۲۲۰، ۵۲۱۰ و ۲۵۴۰ استفاده و برای پارامترهای میکروبی به روش ۱۵ لوله انجام شد. برای آزمون TDS، هدایت الکتریکی (EC) ^۳ و pH از پرتابل استفاده گردید.

نمونه‌برداری از تصفیه‌خانه در یک دوره ۱۲ ماهه از فروردین ۱۳۹۹ تا اسفند ۱۳۹۹ انجام شد. برای بررسی میزان آلودگی در فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی، عملیات نمونه‌برداری به صورت روزانه (مرکب) هر ۴ ساعت یک‌بار متناسب با دبی نمونه گرفته شد. پس از نمونه‌گیری، نمونه‌ها سریعاً به آزمایشگاه تصفیه‌خانه تحت شرایط دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. برای انجام آزمایشات میکروبی نمونه به صورت لحظه‌ای برداشت گردید.

2. Modified Ludzack Ettinger
3. Electrical Conductivity

1. Iranian Department of Environment

پارامترهای مورد بررسی

یافته‌ها

در این پژوهش ۸ شاخص کیفی تصفیه فاضلاب شامل: اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، کل ذرات جامد معلق (pH، TSS)، باکتری‌های کلیفرم (Total Coliform) و باکتری‌های کلیفرم مدفوعی (Fecal Coliform) طبق روش‌های استاندارد متد اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفت.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، ورژن ۲۲ و آزمون آماری تحلیل واریانس به منظور بررسی اختلاف میانگین چند جامعه آماری استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل مقایسه راندمان حذف پارامترها در فصول مختلف بود.

عملکرد سیستم MLE تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد نتایج سنجش پارامترهای اندازه‌گیری شده در فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی در سال ۱۳۹۹ به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از جدول ۱ می‌توان بیان نمود که میانگین بیشترین مقدار فاضلاب ورودی دیبی BOD_5 ، TSS و COD مربوط به تیرماه به ترتیب با مقادیر ۶۸۳۳۴ مترمکعب بر روز و ۶۲۸، ۶۸۱ و ۹۶۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. همچنین بیشترین مقدار EC، TDS، pH به ترتیب مربوط به ماه‌های آبان و بهمن با مقادیر ۹۵۱ میلی‌گرم بر لیتر، ۱۶۱۱ میکروموس بر سانتیمتر و ۷/۵۹ و کمترین مقدار فاضلاب ورودی برای پارامترهای pH، TSS، EC، TDS، COD، BOD_5 و Flow به ترتیب مربوط به ماه‌های اردیبهشت، اسفند، آذر، فروردین و خرداد بوده است.

جدول ۱. مقدار میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده در فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور)

پارامترهای اندازه‌گیری شده							ماه‌های نمونه‌برداری
pH	TSS (میلی گرم بر لیتر)	BOD_5 (میلی گرم بر لیتر)	COD (میلی گرم بر لیتر)	EC (میکروموس بر سانتیمتر)	TDS (میلی گرم بر لیتر)	Flow (مترمکعب در روز)	
۷/۴۶	۳۲۷	۴۰۰	۷۴۴	۱۴۰۰	۷۸۰	۶۶۵۴۸	فروردین
۷/۰۴	۵۱۲	۴۷۰	۹۲۶	۱۴۸۰	۸۵۰	۶۵۹۱۳	اردیبهشت
۷/۵۳	۵۶۲	۴۱۳	۹۴۴	۱۴۱۰	۸۱۰	۶۱۷۸۸	خرداد
۷/۳۴	۶۲۸	۶۸۱	۹۶۷	۱۵۲۰	۸۵۰	۶۸۳۳۴	تیر
۷/۴۱	۵۳۴	۵۲۱	۹۴۷	۱۵۱۰	۸۶۰	۶۴۷۰۷	مرداد
۷/۵	۲۶۹	۴۴۵	۷۶۲	۱۵۳۰	۸۳۰	۶۳۱۰۶	شهریور
۷/۵	۲۴۷	۳۹۳	۷۷۶	۱۵۲۰	۸۵۰	۶۵۳۳۴	مهر
۷/۵۷	۲۰۴	۴۱۸	۸۵۹	۱۶۱۱	۹۵۱	۶۴۸۳۶	آبان
۷/۵۲	۲۳۲	۳۵۱	۶۷۷	۱۴۹۶	۸۳۸	۶۶۷۷۷	آذر
۷/۵۶	۲۵۳	۴۰۲	۶۸۹	۱۵۱۹	۸۴۳	۶۵۷۹۸	دی
۷/۵۹	۲۷۶	۴۱۵	۷۰۰	۱۵۳۶	۸۵۷	۶۶۴۳۴	بهمن
۷/۴	۱۹۲	۴۰۰	۶۸۲	۱۵۳۴	۸۶۶	۶۴۹۰۰	اسفند
۷/۴۵	۳۵۳	۴۴۲	۸۰۶	۱۵۰۵/۵	۸۴۸/۷۵	۶۵۳۷۲/۹۱	میانگین
۰/۱۴۹	۱۵۸/۱۱۶	۸۶/۳۹۷	۱۱۵/۰۷۹	۵۶/۴۷۷	۴۰/۰۹۱	۱۷۲۳/۲۶۳	انحراف معیار

نتایج ارائه شده، میانگین بیشترین غلظت COD و BOD_5 خروجی تصفیه‌خانه مربوط به ماه مهر به ترتیب برابر با ۵۲ و ۳۸ میلی‌گرم

میانگین کل کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور) در جدول ۲ گزارش شده است. بر اساس

بر لیتر و کمترین مقدار آن مربوط به تیر ماه بود. همچنین بیشترین مقدار pH، EC، TDS، و دبی به ترتیب مربوط به ماه‌های اسفند، مرداد و تیر با مقادیر ۲۹ و ۷۹۰ میلی‌گرم بر لیتر، روز و کمترین آنها به ترتیب مربوط به ماه‌های تیر، فروردین و خرداد بوده است.

جدول ۲. مقدار میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده پس‌اب خروجی فرآیند MLE

ماه‌های نمونه‌برداری	پارامترهای اندازه‌گیری شده						
	pH	TSS (میلی گرم بر لیتر)	BOD ₅ (میلی گرم بر لیتر)	COD (میلی گرم بر لیتر)	EC (میکروموس بر سانتیمتر)	TDS (میلی گرم بر لیتر)	Flow (مترمکعب در روز)
فروردین	۷۴/۶	۲۷	۳۱	۵۰	۱۱۹۴	۶۸۰	۶۵۷۱۲
اردیبهشت	۷/۱۲	۲۶	۳۷	۵۱	۱۲۶۰	۷۰۰	۶۳۹۸۹
خرداد	۷/۵۱	۲۳	۲۳	۴۵	۱۲۸۰	۷۱۰	۶۰۹۱۶
تیر	۷/۳۷	۱۱	۱۱	۳۴	۱۳۲۰	۷۴۰	۶۷۷۲۲
مرداد	۷/۵۲	۱۲	۱۱	۳۹	۱۴۴۰	۷۹۰	۶۲۴۷۱
شهریور	۷/۴۶	۱۶	۲۰	۴۱	۱۴۰۰	۷۸۰	۶۳۰۴۶
مهر	۷/۳۲	۲۲	۳۸	۵۲	۱۳۸۰	۷۷۰	۶۲۰۶۷
آبان	۷/۱۴	۱۷	۱۲	۳۹	۱۲۴۰	۷۰۴	۶۱۵۹۴
آذر	۷/۱۱	۲۲	۲۱	۳۹	۱۲۳۳	۶۹۵	۶۴۴۳۸
دی	۷/۱۳	۲۵	۲۳	۴۳	۱۳۰۵	۷۳۲	۶۳۵۰۸
بهمن	۷/۱۶	۲۳	۱۷	۴۲	۱۲۸۹	۷۲۳	۶۳۱۰۲
اسفند	۷/۱۳	۲۹	۱۴	۴۷/۴	۱۳۱۶	۷۲۶	۶۱۲۶۶
میانگین	۷/۲۲	۲۱/۰۸	۲۱/۵	۴۳/۵۳	۱۳۰۴/۷۵	۷۲۹/۱۶	۶۳۳۱۹/۲۵
انحراف معیار	۰/۲۲۲	۵/۸۲۲۵	۹/۵۲۰۳	۵/۶۲۴۱	۷۲/۵۲۳۵	۳۵/۱۱۲	۱۹۵۹/۱۹۱

جدول ۳. مقدار میانگین و انحراف معیار پارامترهای کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی از فاضلاب ورودی و پس‌اب خروجی فرآیند MLE

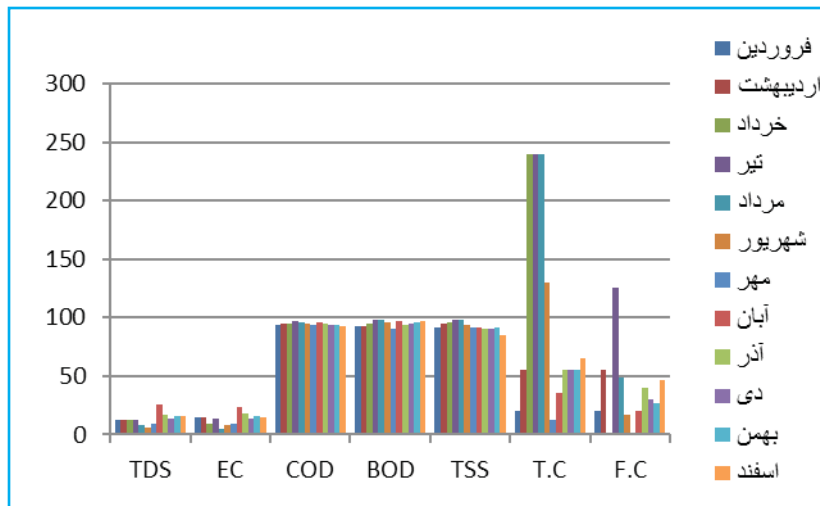
ماه‌های نمونه‌برداری	پارامترهای اندازه‌گیری شده				
	Fecal Coliform (MPN/100mL)		Total Coliform (MPN/100mL)		Free chlorine (میلی گرم بر لیتر)
	پس‌اب خروجی	فاضلاب خام ورودی	پس‌اب خروجی	فاضلاب خام ورودی	
فروردین	۲۰	۶۳×۱۰۷	۲۰	۶۳×۱۰۷	۱
اردیبهشت	۵۵	۶۶×۱۰۷	۵۵	۶۶×۱۰۷	۰/۷
خرداد	۲	۹۶×۱۰۶	۲۴۰	۹۶×۱۰۶	۰/۵
تیر	۱۲۶	۵۴×۱۰۷	۲۴۰	۵۴×۱۰۷	۰/۴
مرداد	۴۹	۵۹×۱۰۷	۲۴۰	۵۹×۱۰۷	۰/۵
شهریور	۱۷	۸×۱۰۸	۱۳۰	۸×۱۰۸	۰/۶
مهر	۲	۵۶×۱۰۷	۱۲	۵۶×۱۰۷	۱
آبان	۲۰	۶۸×۱۰۷	۳۶	۶۸×۱۰۷	۱
آذر	۴۰	۶۳×۱۰۶	۵۵	۶۳×۱۰۶	۱
دی	۳۰	۷۷×۱۰۷	۵۵	۷۷×۱۰۷	۱
بهمن	۲۷	۸۳×۱۰۷	۳۸	۸۳×۱۰۷	۱
اسفند	۴۶	۷۵×۱۰۷	۶۵	۷۷×۱۰۷	۰/۷
میانگین	۳۶	۵۸×۱۰۷	۹۸	۵۸×۱۰۷	۰/۷
انحراف معیار	۳۳/۰۹۴	۲۵×۱۰۷	۸۹/۹۸۳	۲۵×۱۰۷	۰/۲۳۹

میزان آلودگی میکروبی فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی

جدول ۳ روند تغییرات کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب در مدت زمان نمونه‌برداری را نشان می‌دهد که میانگین بیشترین باکتری‌های کلیفرم کل و باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در فاضلاب خام ورودی مربوط به بهمن ماه با مقدار 83×10^7 MPN/100mL و کمترین آن مربوط به ماه آذر بود. همچنین میانگین بیشترین باکتری‌های کلیفرم کل و باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی مربوط به تیرماه به ترتیب با مقادیر 240 MPN/100mL و 126 در و کمترین میزان مربوط به مهرماه بوده است.

راندمان حذف پارامترهای مورد بررسی

نمودار ۱ میانگین راندمان حذف پارامترهای مورد بررسی برحسب درصد را نشان می‌دهد. بیشترین راندمان حذف به ترتیب مربوط به پارامترهای TDS، COD، BOD₅، TSS، F.C. و EC به ترتیب با 100 ، 98 ، 97 ، 96 ، 97 و 88 درصد بوده است. راندمان حذف قابل توجه پارامترهای اندازه‌گیری شده در پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور) نشان‌دهنده عملکرد مناسب سیستم فرآیند MLE تصفیه‌خانه در جهت حذف مواد آلی و میکروبی می‌باشد



نمودار ۱. راندمان حذف (برحسب درصد) پارامترهای مورد بررسی به وسیله تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور)

استاندارد سازمان محیط زیست ایران جهت تخلیه فاضلاب

خروجی یا پساب خروجی

استانداردهای مختلفی به منظور استفاده از پساب برای مصارف مختلف توسط سازمان‌های بین‌المللی ارائه شده است که در این پژوهش از استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران در جدول ۴ استفاده شد. در تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور) مانند بسیاری از نقاط کشور، فاضلاب ورودی پس از تصفیه مورد استفاده مجدد برای مصارف کشاورزی و همچنین تخلیه به آب‌های سطحی قرار می‌گیرد. در نتیجه در این پژوهش قابلیت پساب خروجی برای کاربری‌های مختلف در قالب بخش‌های زیر مورد

سنجش و ارزیابی قرار گرفت.

آزمون تحلیل واریانس

در این مطالعه از آزمون پارامتریک تحلیل واریانس به منظور بررسی مقایسه راندمان حذف پارامترهای مورد آزمایش در فصول مختلف سال از تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور) در سطح معنی‌داری ۵٪ استفاده شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل مقایسه میانگین پارامترهای TSS، COD، BOD₅ و TDS برحسب فصل بود که آیا عملکرد تصفیه‌خانه تحت تأثیر تغییر فصل است یا خیر؟ بر اساس نتایج این آزمون در جدول ۵، فصول در حذف پارامترهای مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد ($p > 0.05$);

جدول ۴. استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای دفع فاضلاب و استفاده مجدد از پساب (۱۳۷۳)

پارامتر	واحد	تخلیه استاندارد به آب‌های سطحی	تخلیه استاندارد به چاه جاذب	استاندارد کشاورزی	پساب خروجی
pH	-	۶/۵-۸/۵	۵-۹	۶-۸/۵	۷/۲۲
TSS	(میلی گرم بر لیتر)	۴۰ (لحظه‌ای ۶۰)	-	۱۰۰	۲۱/۰۸
BOD ₅	(میلی گرم بر لیتر)	۳۰ (لحظه‌ای ۵۰)	۳۰ (لحظه‌ای ۵۰)	۱۰۰	۲۱/۵
COD	(میلی گرم بر لیتر)	۶۰ (لحظه‌ای ۱۰۰)	۶۰ (لحظه‌ای ۱۰۰)	۲۰۰	۴۳/۵۳
TDS	(میلی گرم بر لیتر)	-	-	-	۷۲۹
EC	میکروموس بر سانتیمتر	-	-	-	۱۳۰۴
Free Chlorine	(میلی گرم بر لیتر)	۱	۱	۰/۲	۰/۷
Total Coliform	MPN/100mL	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۹۸
Fecal Coliform	MPN/100mL	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۳۶

جدول ۵. نتایج آزمون ANOVA برای مقایسه راندمان حذف پارامترها در فصول مختلف

نتایج آزمون	TSS (میلی گرم بر لیتر)	BOD (میلی گرم بر لیتر)	COD (میلی گرم بر لیتر)	TDS (میلی گرم بر لیتر)	
میانگین	۲۵/۳	۳۰/۳	۴۸/۶	۶۹۶	فصل بهار
انحراف معیار	۲/۰۸۱۶	۷/۰۲۳۷	۳/۲۱۴۵	۱۵/۲۷۵۳	
میانگین	۱۳	۱۴	۳۸	۷۷۰	فصل تابستان
انحراف معیار	۲/۶۴۵۷	۵/۱۹۶۱	۳/۶۰۵۵	۲۶/۴۵۷۵	
میانگین	۲۰/۳	۲۳/۶	۴۳/۳	۷۲۳	فصل پاییز
انحراف معیار	۷/۵۰۵۵	۱۳/۲۰۳۵	۲/۸۸۶۷	۴۰/۹۵۱۲	
میانگین	۲۵/۶	۱۸	۴۴/۱	۷۲۷	فصل زمستان
انحراف معیار	۲/۸۷۲۸	۴/۵۸۲۵	۳/۰۵۵۰	۴/۵۸۲۵	
Sig.	۰/۲۱۰	۰/۵۳۵	۰/۷۴۳	۰/۶۶۹	
F	۲/۳۷۹	۱/۱۹۷	۰/۶۳۱	۰/۹۵۸	

به عبارت دیگر تغییر فصل بر روی کارایی و عملکرد تصفیه‌خانه

شماره ۴ مشهد (التیمور) تأثیری نداشت.

خام را مورد تصفیه بیولوژیکی قرار داد.

با توجه به کلر باقی‌مانده می‌توان گفت رابطه معکوس با

باکتری‌های کلیفرم کل و باکتری‌های کلیفرم مدفوعی دارد.

همان‌طور که گفته شد در تیر ماه کمترین میزان کلر باقی‌مانده و

در مهر ماه بیشترین کلر باقی‌مانده وجود داشت. در مطالعه زراعی

محمودآبادی و همکاران دریافتند در سیستم گندزدایی تصفیه‌خانه

فاضلاب اردکان شامل تزریق کلر که قبل از دیسک فیلتر می‌باشد

با انجام گندزدایی مناسب در فرآیند UV سیستم تصفیه باعث

راندمان حذف بالای کلیفرم کل و مدفوعی شده است (۱۳). همچنین

فرزادکیا و همکاران در ارزیابی کیفیت میکروبی پساب خروجی از

یکی از ویژگی‌های مهم در تصفیه فاضلاب نسبت BOD/COD

است که در فاضلاب خام شهری مقدار این نسبت ۰/۳-۰/۸ است.

اگر این نسبت ۰/۵ یا بیش‌تر باشد، می‌توان فاضلاب را به راحتی با

فرآیندهای بیولوژیکی تصفیه نمود (۱۲). در مورد فاضلاب خام ورودی

به تصفیه‌خانه فاضلاب شماره ۴ مشهد (التیمور) این نسبت برابر با

۰/۵۴ بود، در نتیجه می‌توان به راحتی و بدون پیش تصفیه، فاضلاب

بحث

نتیجه گیری: تصمیم‌گیری در مورد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب با بهترین عملکرد ممکن است پیچیده باشد، زیرا عملکرد آنها پارامترهای مختلفی را شامل می‌شود که وابسته یا غیروابسته به یکدیگر می‌باشد. نتایج مطالعه نشان داد که بازده سیستم فرآیند MLE در حذف پارامترهای BOD_5 ، TSS، T.C.F.C و COD در پساب خروجی نسبتاً بالا است. مقادیر آلاینده‌ها با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت تخلیه به محیط‌زیست و استفاده از پساب مقایسه گردید. بنابراین بررسی‌های انجام شده نشان داد پارامترهای پساب خروجی با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست جهت مصارف آبیاری و کشاورزی، آب‌های سطحی و چاه جاذب هم‌خوانی دارد. مقادیر کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی بسیار کمتر از حد استانداردها بوده، در نتیجه پساب خروجی تصفیه‌خانه از لحاظ بار میکروبی قابلیت استفاده مجدد در مصارف کشاورزی و آبیاری تخلیه به آب‌های سطحی و چاه جاذب را دارد.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت، ادبی انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین، هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند. **تشکر و قدردانی:** بدین وسیله از ریاست محترم تصفیه‌خانه شماره ۴ مشهد (التیمور) آقای مهندس اسماعیل زاده کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

چهار تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تهران با سیستم لجن فعال گزارش کردند که هیچ یک از نمونه‌های پساب، استانداردهای محیط زیست ایران را تأمین نمی‌کردند (۱۴).

در پژوهش فرهمند و همکاران بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس در مقایسه راندمان حذف پارامترها در دو فصل مختلف، عملکرد تصفیه‌خانه تحت تأثیر تغییر فصل نبود (۱۵) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت. در مطالعه حسینی و همکاران که در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرخوی انجام شد، متوسط دمای فاضلاب و هوای محیط در تابستان به ترتیب ۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد از متوسط دمای فاضلاب و هوای محیط در فصل پاییز بیشتر بود که این امر سبب کاهش کارایی سیستم در فصل سرما نسبت به فصل گرما به علت کندتر شدن سرعت فعالیت‌های بیولوژیکی شده بود. در نتیجه در این پژوهش در مقایسه کارایی سیستم در فصول مختلف نشان داده شد که میزان حذف مواد آلاینده فاضلاب در فصل تابستان بیش از سایر فصول می‌باشد (۱۶).

نتایج مطالعه نیک‌منش و همکاران در ارزیابی عملکرد سیستم لجن فعال هوادهی گسترده در تصفیه‌خانه فاضلاب نوشهر، راندمان حذف BOD_5 و COD را برای $61/4\%$ و $57/7\%$ نشان داد (۱۷). در ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب زنجان توسط اردبیلیان و همکاران، نتایج نشان داد که با راندمان ۸۴ درصدی تصفیه‌خانه زنجان در حذف آلاینده‌ها، سیستم مورد استفاده در این تصفیه‌خانه کارآمد بوده و پساب با استانداردهای رایج مطابقت دارد (۱۸).

References

1. Nourmoradi h. karimi h. alihosseini a. Farokhimoghadam k. Survey on the Performance of Ilam Wastewater Treatment Plant in the Removal of Coliform, Fecal Coliforms and other Parameters Effected on Water Quality. International Journal of Environmental Research and Public Health 2014;22(1):77-83. (In Persian)
2. Corona F. Mulas M. Haimi H. Sundell L. Heinonen, M. Vahala R. Monitoring nitrate concentrations in the denitrifying post-filtration unit of a municipal wastewater treatment plant. Journal of Process Control 2013; 23(2):158-170.
3. Emamjomeh M.M. Tari K. Jamali A. Karyab, H. Hosseinkhani M. Quality Assessment of Wastewater Treatment Plant Effluents for Discharge into the Environment and Reuse. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences JMUMS 2016; 26(145): 283-292. (In Persian)
4. Anbir L. Noori, Z. Investigation of Effluent Quality of Ekbatan Wastewater Treatment Plant for Farm and Green Space Irrigation. Journal of land Management (Soil and Water sci.) 2013; 6(1):96-102. (In Persian).
5. Nasser, S., Sadeghi, T., Vaezi, F. & Naddafi, K. Quality of Ardabil wastewater treatment plant effluent for reuse in agriculture. Journal of Health 2012;15,3(3):73-80.
6. Mehravaran B. Ansary H. beheshti A. Esmaili K. Investigate the Feasibility of Using Wastewater Purication in Irrigation Due to Its Environmental Impacts (The effluent treatment

- plants parkandabad Mashhad). Iranian Journal of Irrigation and Drainage 2015; 3(9):440-447. (In Persian)
7. Yazdanbakhsh A.R. Rafiee, M. Feizabadi, G.K. Evaluating the performance of activated sludge system by anoxic – oxic process (Case study in Mahdishahr). Journal of Sabzevar University of Medical Sciences 2019; 26 (1): 109-118. (In Persian)
 8. Cirja M. Ivashchkin P. Schäffer A. Corvini P. F. X. Factors affecting the removal of organic micro pollutants from wastewater in conventional treatment plants (CTP) and membrane bioreactors (MBR). Rev. Environ. Sci. Biotechnol 2008; 7: 61-78.
 9. Melidis P. Vaiopoulou E. Aivasidis A. Development and implementation of microbial sensors for efficient process control in wastewater treatment plants. Bioprocess Biosyst Eng 2008; 31: 277 -282.
 10. Guoqiang, L. & Wang J. Enhanced removal of total nitrogen and total phosphorus by applying intermittent aeration to the Modified Ludzack-Ettinger (MLE) process. Journal of Cleaner Production 2017; 166:163-171.
 11. Almasi A. Dargahi A. Pirsahab M. The effect of different concentrations of phenol on anaerobic stabilization pond performance in treating petroleum refinery wastewater. J. Water Wastewater 2013; 24(1): 61-68. (In Persian)
 12. Alipoor M. R. Alidadi H. Najafpoor A. A. Peirovi R. Rahmatiyar H. The evaluation of the performance of stabilization ponds in the wastewater treatment plant of Olang Mashhad, 2011-2012. Journal of Research in Environmental Health 2015; 1(1): 60-68. (In Persian)
 13. Zarei Mahmoudabadi T. Behnejad B. Pasdar P. Amooee S. Behnejad B. Evaluating the Performance of Ardakan Wastewater Treatment Plant and Feasibility of Effluent Reuse for Various Purposes. Journal of Research in Environmental Health 2020; 2(6): 135-144. (In Persian)
 14. Farzadkia M. Mirzaiee R. Ghaffarkhani M. Microbial quality assessment of disposal effluent and sludge from four decentralized wastewater. Journal of Health in the Field 2013; 1(3). (In Persian)
 15. Farahmand A. Heidari M. RiyahiKhoram M. Performance Evaluation of Qorveh Wastewater Treatment Plant and Survey the Possibility Usage of Effluent for Agriculture. Journal of Environment and Water Engineering 2020; 6(1):58-68. (In Persian)
 16. Hoseini M. M. Babaloo E. Vafadar Afshar M. Investigation of the effectiveness of lagoon by mechanical aeration in reduction of biochemical oxygen demand (BOD5), chemical oxygen demand (COD) and suspended solids (TSS) in Khoy wastewater treatment plant. Journal of Urmia University of Medical Sciences 2003; 14(3): 158-166. (In Persian)
 17. Nikmanesh A.S. Eslami, H. Momtaz S.M. Performance Evaluation of the Extended Aeration Activated Sludge System in the Removal of Physicochemical and Microbial Parameters of Municipal Wastewater: A Case Study of Nowshahr Wastewater Treatment Plant. Journal of Environmental Health and Sustainable Development 2018; 3(2):509-17.
 18. Bagheri Ardebilian P. Sadeghi, H. Nabaii A. Bagheri Ardebilian M. Assessment of Wastewater Treatment Plant Efficiency: a Case Study in Zanjan. Journal of Health 2010; 1(3): 67-75. (In Persian)