15(2) 265-272, Summer 2023

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Efficiency of Bit Trap Filter in industrial wastewater treatment of alcohol factory discharge to Manjil Dam in Alborz province

Sayyed-Ali Moezzi, Arash Javanshir Khoei *, Kiadokht Rezaei

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Key Words

Bit Trap Filter
Stillage
Vinasse
Nano-bubbling
Wastewater treatment
Fermentation industry

Abstract

Introduction: Reuse of wastewaters and sewages has been considered for many years. In order to maintain the health of the environment and related organisms, it is necessary to reduce the amount of wastewaters pollution before release into the environment. In recent years, due to the advent of the Covid 19 epidemic and the increase in the production and use of alcohol, the wastewater from alcohol production has increased significantly. On the other hand, due to drought and water shortage in the current century, the reuse of sewages is an effective way to reduce problems.

Materials and Methods: Relying on the performance of the Bit Trap Filter, water treatment and recycling of sewage from alcohol production in two types of vinasse and stillage were studied. BOD, COD and pH factors were measured in two samples of vinasse and stillage wastewater. They were then exposed to pure oxygen nano-bubbling in a tank for three hours and after that, they entered the Bit Trap Filter and after ten days, a sample was randomly taken at the output every 24 hours and evaluated.

Results: BOD, COD and pH factors were obtained in vinasse wastewater at 37216.67±4348.08, 78566.65±3629.51 and 4.30 and in stillage wastewater at 43166.68±3003.89, 91700.00±9106.04 and 5.20, respectively. During the experimental stages and after ten days, the amount of these factors were reported in treated vinasse sewage 953.50±32.36, 2437.33±107.58 and 7.20 and in treated stillage sewage 1392.67±93.66, 3953.34±174.16 and 7.80. Based on the obtained results, the amount of BOD and COD factors in alcohol production wastewater of vinasse type have decreased by 97.44% and 96.90% and in alcohol production wastewater of stillage type decreased by 96.77% and 95.69%, respectively. The pH factor has increased by 40.28% in vinasse wastewater and 33.33% in stillage wastewater.

Conclusion: In this experiment, the efficiency of the Bit Trap Filter in both types of vinasse and stillage wastewaters is known and confirmed, but in the vinasse wastewater, it shows better performance. Also, in both types of wastewater, the BOD factor had the highest decrease and the lowest changes were numerically related to pH. Finally, due to the appropriate efficiency and low cost of construction, the Bit Trap Filter is proposed as an efficient and cost-effective system in the field of wastewater treatment in the alcohol industry.

* Corresponding Author's email: arashjavanshir@ut.ac.ir
Received: 20 February 2022; Reviewed: 30 March 2022; Revised: 10 June 2022; Accepted: 1 July 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.337903.2788

مقاله پژوهشی

کارایی سیستم تله ذره‌گیر در تصفیه فاضلاب صنعتی کارخانه الکل‌سازی تخلیه‌شونده به سد منجیل در استان البرز

سیدعلی معزی، آرش جوانشیرخوئی، کیادخت رضایی*

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

کلمات کلیدی

سیستم تله ذره گیر
استیلاژ
ویناس
نانوبابلینگ
تصفیه پساب
صنایع تخمیری

چکیده

مقدمه: استفاده‌مجدد از پساب‌ها و فاضلاب‌ها سال‌های‌بسیاری است که موردتوجه و اهمیت‌قرارداشته است. هم‌چنین به‌منظورحفظ سلامت محیط زیست و جانداران وابسته، کاهش میزان آلودگی فاضلاب‌ها قبل از رهاسازی در محیط ضروری است. در سال‌های اخیر با توجه به ظهور همه‌گیری کووید ۱۹ و افزایش تولید و استفاده از الکل، فاضلاب حاصل از تولید الکل افزایش چشمگیری داشته است. از طرفی دیگر با توجه به خشکسالی و کمبود آب در قرن حاضر، استفاده مجدد از پساب‌ها راهی کارآمد برای کاهش معضلات به‌وجود آمده است.

مواد و روش‌ها: با تکیه بر عملکرد سیستم تله ذره‌گیر، تصفیه و بازیافت آب از پساب حاصل از الکل‌سازی در دو نوع ویناس و استیلاژ مورد مطالعه قرار گرفت. فاکتورهای BOD، COD و pH در دو نمونه فاضلاب ویناس و استیلاژ، سنجیده شدند. سپس در مخزنی طی سه ساعت تحت تأثیر فرآیند نانوبابلینگ اکسیژن خالص قرار گرفته و پس از آن وارد سیستم تصفیه تله ذره‌گیر شدند و در خروجی طی ده روز، هر ۲۴ ساعت به‌صورت تصادفی یک نمونه گرفته شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج: فاکتورهای BOD، COD و pH به‌ترتیب در فاضلاب ویناس به‌میزان ۴۳۴۸/۰۸±۳۷۲۱۶/۶۷، ۳۶۲۹/۵۱±۷۸۵۶۶/۶۵ و ۴/۳۰ و در فاضلاب استیلاژ به‌میزان ۳۰۰۳/۸۹±۴۳۱۶۶/۶۸، ۹۱۰۶/۰۴±۹۱۷۰۰/۰۰ و ۵/۲۰ به‌دست آمد. طی مراحل آزمایش و پس از ده روز میزان این فاکتورها در پساب ویناس تصفیه‌شده ۳۲/۳۶±۹۵۳/۵۰، ۱۰۷/۵۸±۲۴۳۷/۳۳ و ۷/۲۰ و در پساب استیلاژ تصفیه‌شده ۶۷/۶۶±۱۳۹۲/۹۳، ۳۴/۱۶±۳۹۵۳/۱۷۴ و ۷/۸۰ گزارش شد. براساس نتایج به‌دست آمده، میزان فاکتورهای BOD و COD به‌ترتیب در فاضلاب الکل‌سازی ازنوع ویناس۹۷/۴۴٪ و ۹۶/۹۰٪ و درفاضلاب الکل‌سازی ازنوع استیلاژ ۹۶/۷۷٪ و ۹۵/۶۹٪ کاهش داشته‌اند. فاکتور pH در فاضلاب ویناس ۴۰/۲۸٪ و در فاضلاب استیلاژ ۳۳/۳۳٪ افزایش داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری: در این آزمایش کارایی سیستم تله ذره‌گیر در هر دو نوع فاضلاب ویناس و استیلاژ مشخص و مورد تأیید است اما در مورد فاضلاب ویناس عملکرد بهتری را نشان می‌دهد. هم‌چنین در هر دو نوع فاضلاب، فاکتور BOD بیش‌ترین کاهش را داشته و کم‌ترین تغییرات به‌صورت عددی متعلق به pH بوده است. درنهایت با توجه به کارایی مناسب و هزینه ساخت پایین، سیستم تله ذره‌گیر به‌عنوان سیستمی کارآمد و مقرون به صرفه در زمینه تصفیه فاضلاب صنایع الکل‌سازی پیشنهاد می‌شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: arashjavanshir@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱ اسفند ۱۴۰۰؛ تاریخ داوری: ۱۰ فروردین ۱۴۰۱؛ تاریخ اصلاح: ۲۰ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۰ تیر ۱۴۰۱
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.337903.2788

مقدمه

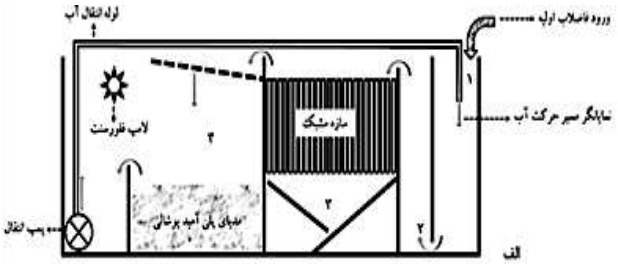
گسترش روزافزون جوامع بشری و پیشرفت در زمینه‌های صنعتی، هرچند که امتیازهای ویژه‌ای به همراه داشته اما مشکلات زیادی را نیز برای اجتماعات به ارمغان آورده است. یکی از این مشکلات، فاضلاب حاصل از فعالیت‌های انسانی می‌باشد. از آن‌جا که دفع غیرصحیح فاضلاب‌ها و پساب‌ها اثرات نامطلوبی بر محیط زیست دارد، تصفیه هرچه کامل‌تر فاضلاب‌ها اهمیت بیش‌تری می‌یابد (۱). فاضلاب‌های صنعتی به‌علت داشتن مواد آلی و معدنی، در صورت دفع در محیط، باعث آلوده شدن آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند که خود عواقبی جبران ناپذیر بر محیط زیست اعمال می‌دارند (۲). هم‌چنین استفاده از آب برای مصارف مختلف و نیاز شدید به آب در هر منطقه از ایران، ما را برآن می‌دارد که از به هدر رفتن آب به هر شکل جلوگیری کرده و با تصفیه انواع فاضلاب که از حجم زیادی نیز برخوردار هستند، در جهت تأمین آب مورد نیاز در مصارف روزمره قدم برداریم. ایران در سال‌های اخیر با کاهش منابع تجدید شونده مواجه شده است، لذا یکی از چشم‌اندازهای اصلی سیاست دولت مردان، احیای این منابع و استفاده مجدد در فرایند بازگردانی آن‌ها می‌باشد (۳). کاربرد دوباره فاضلاب‌های تصفیه شده در کشورهای پیشرفته در صنعت سال‌هاست که برقرار است (۴). در ایران به‌عنوان کشوری در حال توسعه، استفاده از فاضلاب خام رایج بوده است، ولی با مطالعات و تجربیات بیش‌تر و روبه روشدن با مخاطرات بهداشتی، گرایش به تصفیه فاضلاب و استفاده از پساب حاصل از آن بیش‌تر شده است (۵، ۶). امروزه سازمان‌های برنامه‌ریز با توجه به استانداردهای جهانی، استانداردهایی را جهت تأیید فاضلاب‌های تصفیه شده به‌منظور بهره‌برداری مجدد در زمینه‌های مناسب از جمله صنعت، کشاورزی، دامپروری، آبیاری و ... تدوین نموده‌اند. کمیت و کیفیت فاضلاب یا پساب صنعتی در کارخانجات و صنایع مختلف بسته به نوع و ماهیت تولیدی متفاوت بوده و به‌همین نسبت روش تصفیه آن‌ها نیز گوناگون است. به‌طورکلی در تصفیه فاضلاب و پساب صنعتی از روش‌های حذف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی استفاده می‌شود (۷، ۲، ۸). در این مطالعه فاضلاب صنعت الکل‌سازی به‌منظور بازیافت و اصلاح در نظر گرفته شده است. منبع اصلی آلودگی در صنعت الکل‌سازی، پساب حاصل از واحد تخمیر ماده اولیه و واحد تقطیر است (۹). می‌دانیم در صنعت الکل‌سازی از چندماده به‌عنوان پایه فرآیند تخمیر و تولید الکل استفاده می‌شود. اگر ماده اولیه، شربت، ملاس نیشکر و چغندر قند باشد، پساب حاصل با نام ویناس شناخته می‌شود (۱۰). چنان‌چه ماده‌اولیه، گندم، جو، ذرت و سایر غلات و نشاسته‌باشد، پساب حاصل استیلاژ نامیده خواهد شد (۱۱). اغلب صنایع تولید الکل در ایران با تکیه بر دو ماده اصلی ملاس و سبوس گندم فعالیت دارند. پساب کارخانجات الکل‌سازی به‌دلیل BOD و COD بالا و pH پایین (۱۲) و داشتن مواد سمی مانند ترکیبات فنلی، یکی از مشکلات عمده محیط زیستی است. روش‌های بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی فراوانی برای تصفیه پساب کارخانجات الکل‌سازی پیشنهاد شده است (۱۳). روش‌های فیزیکی و شیمیایی براساس جذب سطحی، تبادل یونی، فرآیند غشایی و اکسیداسیون‌های شیمیایی استوار است. روش‌های بیولوژیکی بی‌هوازی در مقایسه با روش‌های هوازی مقرون به‌صرفه بوده و در سال‌های اخیر توسعه زیادی یافته اند (۱، ۱۲). ازجمله روش‌های هوازی مورد مطالعه، فیلتر چکه‌ای (۱۴) و بستر غوطه‌ور (۱۵) را می‌توان نام برد. بر این اساس سیستم‌های معمول تصفیه از جمله لجن فعال، لاگون هوادهی، برکه‌های بی‌هوازی و... با توجه به غلظت بسیار بالای املاح و نمک موجود در این فاضلاب کارایی مناسبی ندارند (۱۶). اما در کل روش‌های بیولوژیکی بی‌هوازی در مقایسه با روش‌های هوازی، مقرون به‌صرفه بوده و در سال‌های اخیر توسعه زیادی یافته‌اند. از جمله روش‌های تلفیقی تصفیه فاضلاب‌های صنعتی، سیستم تصفیه فاضلاب بیولوژیکی-اکسیداسیون شیمیایی می‌باشد (۱۷). در میان فرایندهای اکسیداسیون شیمیایی، اُزن‌زنی یکی از روش‌هایی است که نتایج بهتری را در اکسیداسیون آلاینده‌های مقاوم به تجزیه از خود نشان می‌دهد (۱۸). به‌همین دلیل از اُزن به تنهایی یا همراه با ترکیبات دیگر به‌منظور پیش‌تصفیه یا تصفیه نهایی آلاینده‌های موجود در فاضلاب‌های صنعتی ازجمله فاضلاب صنعت الکل‌سازی استفاده شده است (۱۹،۱۲). برای افزایش راندمان فرایند اُزن‌زنی و کاهش هزینه‌های تصفیه، محققین راهکارهای متفاوتی را مورد بررسی قرار داده‌اند. نحوه اختلاط و تزریق اُزن به فاضلاب، کاربرد اُزن همراه با اکسیدکننده‌های دیگر مانند پراکسید هیدروژن و UV، استفاده از فرایند کاتالیستی و فتوکاتالیستی اُزن ازجمله روش‌های مورد استفاده در این زمینه می‌باشد (۲۰، ۱، ۱۲). همچنین امروزه استفاده از روش‌هایی مانند کاربرد استاتیک میکسر که باعث اختلاط مؤثر و تماس بیش‌تر ماده اکسید کننده در فاضلاب می‌شود، به‌عنوان یک روش نسبتاً ساده و ارزان در بالا بردن کارایی فرایندهای تصفیه آب و فاضلاب مورد توجه قرار گرفته است (۲۱، ۲۲). در معرفی و بررسی کارایی سیستم تله ذره‌گیر نیز مطالعاتی بر روی چند نوع فاضلاب ازجمله فاضلاب گاوداری صنعتی و فاضلاب شهری (۲۳)، فاضلاب پرورش ماهی متراکم (۳)، فاضلاب کشاورزی حاوی سموم ارگانوفسفره (۲۴، ۲۵)، فاضلاب صنعت کاغذسازی (۲۶) و فاضلاب کارخانه تولید آردماهی و کنسروسازی (۲۷) با گزارش عملکرد مناسب و رسیدن به پساب قابل استفاده مجدد، صورت گرفته است. در این تحقیق با توجه به افزایش مصرف و تولید الکل در سال‌های همه‌گیری کووید ۱۹ و در نتیجه افزایش فاضلاب صنایع

الکل‌سازی، به بررسی عملکرد سیستم تله ذره‌گیر در تصفیه و کاهش میزان آلودگی فاضلاب صنایع الکل‌سازی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه فاضلاب الکل‌سازی: نمونه‌های فاضلاب از خروجی کارخانه الکل‌سازی در مجاورت سد منجیل گرفته و به آزمایشگاه لیمنولوژی و هیدروبیولوژی دانشگاه تهران انتقال داده شد. این کارخانه دو فرایند تخمیری برای تولید الکل استفاده می‌کند. این دو فرایند شامل خطوط تولید الکل از ملاس چغندر و دیگری تولید الکل از نشاسته گندم است. در هر دو حالت قند تبدیل به الکل شده و مابقی مواد موجود وارد پساب می‌گردند. متأسفانه هر دو پساب بدون تصفیه اساسی وارد سد منجیل می‌شوند.

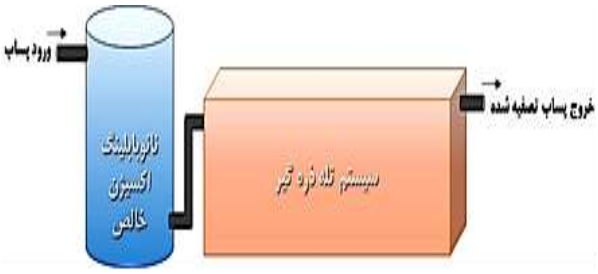
سیستم تصفیه تله ذره‌گیر: سیستم تصفیه تله ذره‌گیر با ابعاد ۵۰×۹۸×۲۵ سانتی‌متر از جنس شیشه مطابق با شکل ۱ ساخته شد. این سیستم دارای چهار بخش شامل: بخش جداسازی مواد سطحی با چگالی کم، جداسازی ذرات درشت با چگالی بالا، جداسازی ذرات ریز و معلق و بخش آخر بیودراف است.



شکل ۱: سیستم بیودراف با مسیر جریان آب و نمایش چهار بخش شامل ۱: جداسازی ذرات سطحی با چگالی کم، ۲: جداسازی ذرات درشت با چگالی بالا، ۳: جداسازی ذرات ریز معلق و ۴: بخش فیلتر زیستی (۳)

در بخش جداسازی مواد سطحی و سرنشین‌ها، مواد سبک مانند کف و مواد روغنی جدا می‌شوند. مواد سنگین در مرحله بعدی جداسازی شده و بعضاً مواد معلقی که در اثر آبگیری به مواد سنگین تبدیل شده‌اند. بخش بعدی جداشونده، مواد معلق هستند که هم‌زمان با تبدیل جریان متلاطم به تیغه‌ای توسط تله ذره‌گیر جدا می‌شوند. نهایتاً مواد محلول پساب توسط بیودراف به ذرات منعقد شده تبدیل می‌شوند که در گردش به تله ذره‌گیر رسیده و در آن می‌افتند. نتیجه کلی، آبی با حداقل آلودگی‌ها خواهد بود.

نمونه‌برداری: دو نمونه فاضلاب استیلاژ و ویناس جهت بررسی و سنجش فاکتورهای BOD، COD و pH به آزمایشگاه مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران انتقال داده شدند. سپس در مخزنی طی سه ساعت تحت تأثیر فرآیند نانوبابلینگ اکسیژن خالص قرار گرفته و پس از آن وارد سیستم تصفیه تله ذره‌گیر شدند؛ در خروجی هر ۲۴ ساعت یک نمونه گرفته شده و مجدد فاکتورهای BOD، COD و pH مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (شکل ۲). نمونه‌برداری‌ها به‌صورت تصادفی طی بازه ده روزه صورت گرفته و هر آزمایش با سه تکرار انجام شد. درنهایت براساس نتایج به‌دست آمده میزان عملکرد سیستم تله ذره‌گیر با تعیین میزان تغییرات فاکتورهای BOD، COD و pH تعیین گردید. جهت اندازه‌گیری pH سیستم، از دستگاه Microprocessor pH meter ساخت شرکت HANNA instruments و برای اندازه‌گیری فاکتورهای BOD، COD و pH از آزمایشگاه‌های سازمان صنعت و معدن استفاده شد.

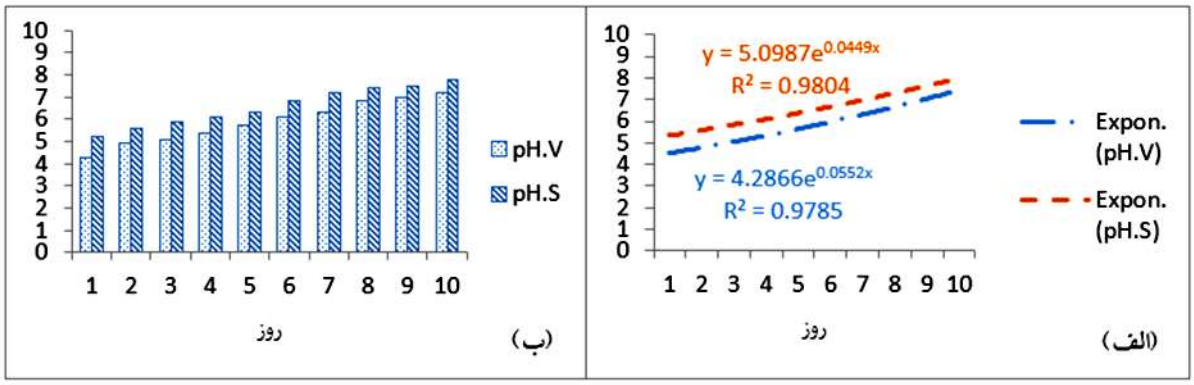


شکل ۲: مراحل فرآیند اعمال شده در تصفیه فاضلاب الکل‌سازی

آنالیز آماری: با داده‌های به‌دست آمده از نتایج آزمایش‌ها، نمودارهای مربوطه توسط نرم‌افزار EXCEL ترسیم شد. آنالیزهای آماری با استفاده‌از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. با استفاده از آزمون ANOVA معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌های به‌دست آمده از پارامترها برای دو نوع فاضلاب ویناس و استیلاژ در ابتدا و انتهای آزمایش، هم‌چنین در روزهای مختلف نمونه‌برداری مقایسه شدند و با استفاده از آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار درون گروهی نمایش داده شد.

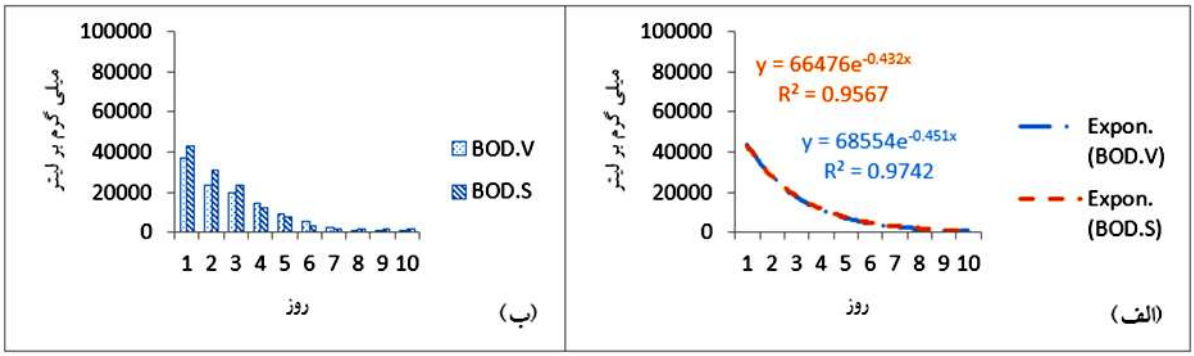
نتایج

pH: آن چنان که پیش‌تر گفته شد پساب صنایع الکل‌سازی ماهیت اسیدی داشته و با ورود مستقیم به محیط زیست می‌تواند موجب آلودگی و اختلال در اکوسیستم شود. در فرآیند تصفیه فاضلاب ویناس، بیشینه pH فاضلاب ۷/۲۰ در نمونه دهم آزمایش و کمینه pH فاضلاب ۴/۳۰ در نمونه اول ثبت شد. در فرآیند تصفیه فاضلاب استیلاژ، بیشینه pH فاضلاب ۷/۸۰ در نمونه دهم آزمایش و کمینه pH فاضلاب ۵/۲۰ در نمونه اول ثبت شد. روند تغییرات pH در طول دوره هر دو آزمایش در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳: (الف): خط روند و معادله تغییرات pH در سیستم تصفیه تله ذره‌گیر در دو نوع فاضلاب ویناس (V) و استیلاژ (S)
(ب): تغییرات pH طی ۱۰ روز

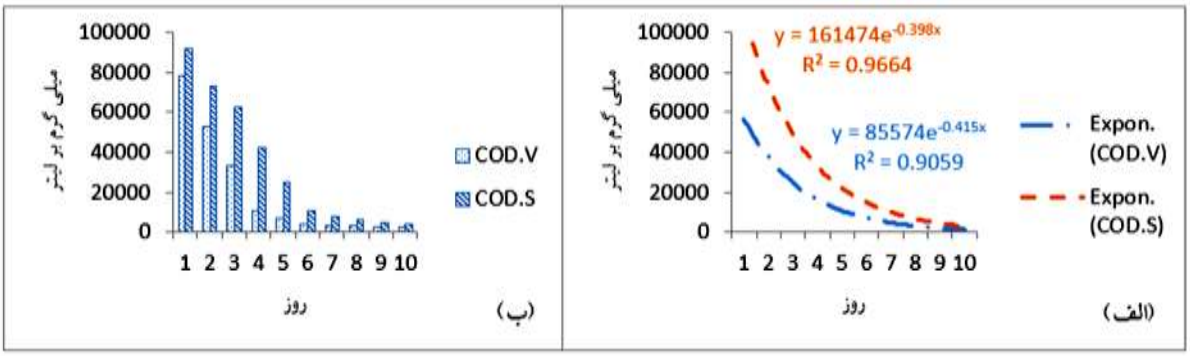
BOD: همان‌طورکه بیان شد BOD در پساب صنایع الکل‌سازی بسیار بالا است و در شرایط بی‌هوازی بوی بسیار نامطبوعی ایجاد می‌نماید و یکی از معضلات اصلی در تصفیه این پساب و هم‌چنین رهاسازی آن به محیط می‌باشد. در فرآیند تصفیه فاضلاب ویناس، بیشینه BOD فاضلاب ۳۷۲۱۶/۶۷±۴۳۴۸/۰۸ میلی‌گرم بر لیتر در نمونه اول آزمایش و کمینه BOD فاضلاب ۹۵۳/۳۲±۵۰/۳۶ میلی‌گرم بر لیتر در نمونه دهم آزمایش ثبت شد (P=۰/۰۰ و F=۱۵۲/۲۵). در فرآیند تصفیه فاضلاب استیلاژ، بیشینه BOD فاضلاب ۴۳۱۶۶/۶۸±۳۰۰۳/۸۹ میلی‌گرم بر لیتر در نمونه اول آزمایش و کمینه BOD فاضلاب ۱۳۹۲/۶۷±۹۳/۶۶ میلی‌گرم بر لیتر در نمونه دهم آزمایش ثبت شد (P=۰/۰۰ و F=۳۶۰/۴۹). روند تغییرات BOD در طول دوره هر دو آزمایش در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴: (الف): خط روند و معادله تغییرات BOD در سیستم تصفیه تله ذره‌گیر در دو نوع فاضلاب ویناس (V) و استیلاژ (S)
(ب): تغییرات BOD طی ۱۰ روز

COD: در پساب صنایع الکل‌سازی مقدار COD نیز بسیار بالا بوده و خطرات محیط‌زیستی حادی را موجب می‌شود، هم‌چنین روند تصفیه با روش‌های معمول را دچار مشکل می‌سازد. در فرآیند تصفیه فاضلاب ویناس، بیشینه COD فاضلاب ۷۸۵۶۶/۳۶۲۹±۶۵/۵۱ میلی‌گرم بر لیتر در نمونه اول آزمایش و کمینه COD فاضلاب ۲۴۳۷/۳۳±۱۰۷/۵۸ میلی‌گرم بر لیتر در نمونه دهم آزمایش ثبت شد (P=۰/۰۰ و F=۶۴۱/۵۹). در فرآیند تصفیه فاضلاب استیلاژ، بیشینه COD فاضلاب ۹۱۷۰۰/۹۱۰۶±۰۰/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر در نمونه اول آزمایش و کمینه COD فاضلاب ۳۹۵۳/۳۴±۱۷۴/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر در نمونه دهم آزمایش ثبت شد (P=۰/۰۰ و F=۲۲۶/۷۲). روند تغییرات COD در طول دوره هر دو آزمایش در شکل ۵ نمایش داده شده است.

هم‌چنین راندمان سیستم تله ذره‌گیر برای فاکتورهای BOD، COD و pH در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۵: (الف): خط روند و معادله تغییرات COD در سیستم تصفیه تله ذره‌گیر در دو نوع فاضلاب ویناس (V) و استیلاژ (S) (ب): تغییرات COD طی ۱۰ روز

جدول ۱: درصد راندمان روزانه سیستم تصفیه تله ذره‌گیر در کاهش فاکتورهای مورد سنجش

روز	فاکتور / نوع	BOD	COD	pH
۲		۳۶/۱۴	۳۲/۲۷	۱۲/۲۴
۳		۱۷/۲۱	۳۷/۹۰	۳/۹۲
۴		۲۶/۵۲	۶۸/۵۴	۵/۵۶
۵		۳۴/۵۴	۳۵/۱۷	۵/۲۶
۶	ویناس	۴۵/۴۱	۳۵/۸۰	۶/۵۶
۷		۵۳/۱۲	۱۹/۱۴	۳/۱۷
۸		۴۶/۱۶	۱۷/۴۴	۷/۳۵
۹		۲۰/۳۹	۱۱/۴۸	۲/۸۶
۱۰		۸/۱۹	۴/۶۷	۲/۷۸
۲		۲۸/۴۴	۲۰/۲۲	۷/۱۴
۳		۲۳/۶۹	۱۴/۱۲	۵/۰۸
۴		۴۷/۰۳	۳۲/۴۱	۳/۲۸
۵		۳۵/۰۶	۴۰/۴۹	۳/۱۷
۶	استیلاژ	۵۹/۵۵	۵۸/۰۰	۷/۳۵
۷		۳۷/۶۸	۲۹/۴۹	۵/۵۶
۸		۱۰/۲۶	۲۰/۲۴	۲/۷۰
۹		۱۹/۵۹	۲۳/۸۹	۱/۳۳
۱۰		۵/۶۰	۱۲/۹۹	۳/۸۵

بحث

با توجه به افزایش فعالیت‌های انسانی و متعاقباً افزایش ورود آلاینده‌های انسان‌ساز به منابع آبی، مشکلات بسیاری در تأمین آب جوامع بشری ایجاد شده است. به‌همین دلیل یکی از موارد ضروری در حفظ و احیای منابع آبی، استفاده مجدد از فاضلاب‌ها و بهره بردن از آب‌های حاصل از تصفیه پساب‌ها و فاضلاب‌ها می‌باشد. در ایران نیز به‌عنوان کشوری در حال توسعه، استفاده مجدد از پساب‌ها و فاضلاب‌ها مورد چالش است. در این دو سال اخیر با توجه به شیوع ویروس کووید ۱۹، تولید الکل در صنایع الکل‌سازی افزایش چشمگیری داشته است. می‌توان پیش‌بینی نمود به‌زودی فاضلاب این صنایع الکل‌سازی معضلاتی ایجاد خواهد کرد، زیرا فاضلاب الکل‌سازی از لحاظ BOD و COD بسیار آلوده است. در این تحقیق کارایی سیستم تله ذره‌گیر در تصفیه فاضلاب الکل‌سازی مورد مطالعه قرار گرفت. با سنجش فاکتور pH و با در نظر گرفتن راندمان روزانه سیستم تصفیه تله ذره‌گیر، در ارتباط با فاضلاب ویناس، بیش‌ترین بازده با ۱۲/۲۴٪ در روز دوم و کم‌ترین بازده با ۲/۷۸٪ در روز دهم و در ارتباط با فاضلاب استیلاژ، بیش‌ترین بازده با ۷/۳۵٪ در روز ششم و کم‌ترین بازده با ۱/۳۳٪ در روز نهم مشاهده می‌شود (جدول ۱). در نتیجه می‌توان عنوان نمود افزایش pH در مراحل ابتدایی فرآیند تصفیه به صورت مشخص‌تر و با شیب بیش‌تر در نمودار صورت گرفته است (شکل ۳). افزایش pH می‌تواند در اثر افزایش اکسیژن تحت تأثیر تزریق اکسیژن و اکسیدشدن مواد درنتیجه افزایش هیدروژن موجود در پساب ایجاد شده باشد. آن‌چنان که در مطالعات پیشین عنوان شده است افزایش pH بر عملکرد تصفیه اثر مثبت داشته و روند حذف رنگ (۲۰) و کاهش آلاینده‌های انواع پساب حاصل از الکل‌سازی را بهبود می‌دهد. در واقع pH نقش کلیدی در عملکرد بابلینگ دارد (۲۰). ذرات اکسیژن آزاد به بخش خاصی از ترکیبات آلی که دارای حلقه‌های آروماتیک یا پیوندهای دوگانه کربن می‌باشند حمله نموده و آن‌ها را به محصولات نهایی مانند آلدئیدها و اسیدهای کربوکسیل تبدیل می‌کنند. در شرایط عادی نرخ انجام این واکنش‌ها کند بوده و تنها ترکیباتی که تمایل واکنش‌پذیری آن‌ها با اکسیژن آزاد بیش‌تر از رادیکال OH است، تجزیه می‌شوند. در نتیجه این سیستم با پیشبرد شرایط pH به سمت قلیائیت، این واکنش‌پذیری را سرعت و افزایش می‌دهد زیرا در این حالت مولکول‌های اکسیژن آزاد سهم

بیش‌تری در تجزیه‌پذیری دارند که به عملکرد تصفیه فاضلاب کمک می‌کند. از طرفی افزایش غلظت OH باعث ایجاد اکسیدکننده‌های ثانویه که قوی‌تر و فعال‌تر هستند، می‌شود (۲۸). هم‌چنین با سنجش فاکتور BOD و با در نظر گرفتن راندمان روزانه سیستم تصفیه تله ذره‌گیر، در ارتباط با فاضلاب ویناس، بیش‌ترین بازده با ۵۳/۱۲٪ در روز هفتم و کم‌ترین بازده با ۸/۱۹٪ در روز دهم و در ارتباط با فاضلاب استیلاژ، بیش‌ترین بازده با ۵۹/۵۵٪ در روز ششم و کم‌ترین بازده با ۵/۶۰٪ در روز دهم مشاهده می‌شود (جدول ۱). در نتیجه می‌توان عنوان نمود حذف BOD در مراحل ابتدایی فرآیند تصفیه به صورت مشخص‌تر و با شیب بیش‌تر در نمودار صورت گرفته است (شکل ۴). در مطالعات پیشین نیز با انواع روش‌ها ازجمله تصفیه زیستی (۲۹)، لجن فعال و تصفیه بی‌هوازی (۳۰، ۳۱، ۳۲)، اسمز معکوس (۳۳)، کربن فعال (۳۴)، پیش‌تصفیه کاتالیزوری (۳۵)، ته‌نشینی و تقطیر (۳۶، ۳۷) مبادرت به کاهش BOD شده است. هم‌چنین در نتیجه کارایی مؤثر سیستم تله ذره‌گیر، کاهش BOD در فاضلاب‌های گاوداری، انسانی و صنایع لبنی گزارش شده است (۲۳). در این تحقیق نیز با تکیه بر عملکرد نانوبابلینگ و افزایش ظرفیت اکسیژنی فاضلاب و هم‌چنین عملکرد سیستم تله ذره‌گیر در حذف ذرات و مواد آلی کواگوله شده و بیوفلاک‌ها، کاهش مشخص BOD مشاهده شد. در ارتباط با فاکتور COD و با در نظر گرفتن راندمان روزانه سیستم تصفیه تله ذره‌گیر، در ارتباط با فاضلاب ویناس، بیش‌ترین بازده با ۶۸/۵۴٪ در روز چهارم و کم‌ترین بازده با ۴/۶۷٪ در روز دهم و در ارتباط با فاضلاب استیلاژ، بیش‌ترین بازده با ۵۸/۰۰٪ در روز ششم و کم‌ترین بازده با ۱۲/۹۹٪ در روز دهم مشاهده می‌شود (جدول ۱). در نتیجه می‌توان عنوان نمود حذف COD در ابتدای فرآیند تصفیه به‌صورت مشخص‌تر و با شیب بیش‌تر در نمودار صورت گرفته است (شکل ۵). در مطالعات پیشین نیز با انواع روش‌ها ازجمله تصفیه زیستی (۲۹)، تجزیه هوازی (۳۸)، لجن فعال و تصفیه بی‌هوازی (۳۲، ۳۹)، اسمز معکوس (۳۳)، کربن فعال (۴۰، ۱۹)، پیش‌تصفیه حرارتی کاتالیزوری (۳۵، ۴۱)، بستر غوطه‌ور (۱۵)، ته‌نشینی و تقطیر (۳۶، ۱۱، ۳۷) و استفاده از اکسیدکننده‌ها (۱۷، ۴۲، ۴۳) مبادرت به کاهش COD شده است. هم‌چنین در نتیجه کارایی مؤثر سیستم تله ذره‌گیر، کاهش COD در فاضلاب‌های گاوداری، انسانی و صنایع لبنی گزارش شده است (۲۳). در این مطالعه نیز با تکیه بر عملکرد نانوبابلینگ و افزایش ظرفیت اکسیژنی فاضلاب و هم‌چنین عملکرد سیستم تله ذره‌گیر در حذف ذرات و مواد آلی کواگوله شده و بیوفلاک‌ها، کاهش مشخص COD مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست آمده به‌ترتیب میزان فاکتورهای BOD و COD در فاضلاب الکل‌سازی از نوع ویناس ۹۷/۴۴٪ و ۹۶/۹۰٪ و در فاضلاب الکل‌سازی از نوع استیلاژ ۹۶/۷۷٪ و ۹۵/۶۹٪ کاهش داشته‌اند. pH در فاضلاب ویناس ۴۰/۲۸٪ و در فاضلاب استیلاژ ۳۳/۳۳٪ افزایش داشته است. در این آزمایش کارایی سیستم تله ذره‌گیر در هر دو نوع فاضلاب ویناس و استیلاژ مشخص و مورد تأیید بوده اما در مورد فاضلاب ویناس عملکرد بهتری نشان داده شده است. هم‌چنین در هر دو نوع فاضلاب، فاکتور BOD بیش‌ترین کاهش را داشته و کم‌ترین تغییرات به‌صورت عددی متعلق به pH بوده است. درنهایت با توجه به کارایی مناسب و هزینه ساخت پایین سیستم تله ذره‌گیر، این سیستم به‌عنوان سیستمی کارآمد و مقرون به‌صرفه در زمینه تصفیه فاضلاب صنایع الکل‌سازی پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. **Pazuki, M., Shaygan, J. and Afshari, A., 2006.** Investigation of wastewater treatment methods of alcohol production units. Journal of Environmental Studies. 32(39): 19-32. (In Persian)
2. **Sheibani, S., Sedaghatpour, A. and Mehrabani, M.M., 2012.** An overview of different industrial wastewater treatment methods, the first national conference and specialized exhibition on environment, energy and clean industry. (In Persian)
3. **Rezaei, K., 2014.** Investigating the efficiency of biodraft system in the treatment of wastewater from the cultivation of some aquatic animals. Master's thesis, University of Tehran. 86-94. (In Persian)
4. **Amini, M., Younesi, H., Najafpour, Gh. and Zinatizadeh Lorestani, A.A., 2012.** Effect of aeration time and flow rate on wastewater treatment in bioreactor with granular sludge. Journal of Animal Environment. 5(3): 83-94. (In Persian)
5. **Arefan, R. and Narimani, M., 2014.** An overview of industrial wastewater treatment methods, National Conference on Sustainable Agriculture, Environment and Rural Development. Kouhdasht. https://civilica.com/doc/379099 (In Persian)
6. **Cho, S., Luong, T.T., Lee, D., Oh, Y.K. and Lee, T., 2011.** Reuse of effluent water from a municipal wastewater treatment plant in microalgae cultivation for biofuel production. Bioresource technology. 102(18): 8639-8645.
7. **Azarm, L., Javadzadeh, N., Jalilzadeh, R., 2020.** Investigation of Chlorella vulgaris capacity in absorption of Nitrate and Phosphate from wastewater of fish farming pool in Khuzestan Province. Journal of Animal Environment. 12(2): 291-298. (In Persian)
8. **David, M.K., 2017.** A Review Paper on Industrial Waste Water Treatment Processes. In: University of Nigeria, Nsukka.
9. **Havryshko, M., Popovych, O. and Yaremko, H., 2020.** Ecological problems of enterprises of alcohol industry. Environmental Problems. 2(5): 107-112.

10. **Rodrigues Reis, C.E. and Hu, B., 2017.** Vinasse from sugarcane ethanol production: better treatment or better utilization? Frontiers in Energy Research. 5(7).
11. **Balbuena, O.B.F., 2021.** Sugarcane stillage treatment by membrane distillation. 156 p.
12. **Satyawali, Y. and Balakrishnan, M., 2008.** Wastewater treatment in molasses-based alcohol distilleries for COD and color removal: a review. Journal of environmental management. 86(3): 481-497.
13. **Moghads-Nasab, M., Takdestan, A. and Sabzalipour, S., 2014.** Quantitative investigation and characteristics of effluent produced from alcohol industries and its treatment methods, the first national conference on the dimensions of the implementation of the 550,000-hectare agricultural development plan. Ahvaz https://civilica.com/doc/434222. (In Persian)
14. **Sawyer, C.N. and Anderson, E.J., 1949.** Aerobic treatment of rum wastes. Water & sewage works. 96(3): 112-114.
15. **Reis, L.C. and Sant'Anna Jr, G.L., 1985.** Aerobic treatment of concentrated wastewater in a submerged bed reactor. Water Research. 19(11): 1341-1345.
16. **Sirianuntapiboon, S., Zohsalam, P. and Ohmomo, S., 2004.** Decolorization of molasses wastewater by *Citeromyces* sp. WR-43-6. Process biochemistry. 39(8): 917-924.
17. **Vijayaraghavan, K., Ramanujam, T. and Balasubramanian, N., 1999.** In situ hypochlorous acid generation for the treatment of distillery spentwash. Industrial & engineering chemistry research. 38(6): 2264-2267.
18. **Yasar, A., Ahmad, N., Chaudhry, M.N., Rehman, M.S.U. and Khan, A.A.A., 2007.** Ozone for Color and COD Removal of Raw and Anaerobically Biotreated Combined Industrial Wastewater. Polish Journal of Environmental Studies. 16(2):289-294.
19. **Hadavifar, M., Younesi, H. and Zinatizadeh, A., 2010.** Application of Ozone and Granular Activated Carbon for Distillery Effluent Treatment. Water and Wastewater Consulting Engineers. 21(2): 10-18. (In Persian)
20. **Yazdanbakhsh, A., Eslami, A., Abtahi, M. and Danandeh oskouie, M., 2019.** COD removal and decolorization efficacy of ozonation process in spiral high pressure super mixing reactor for treatment of alcohol distilleries wastewater. Journal of Health in the Field. 7(3): 29-39. (In Persian)
21. **Da Costa Filho, B.M., Silva, G.V., Boaventura, R.A., Dias, M.M., Lopes, J.C. and Vilar, V.J., 2019.** Ozonation and ozone-enhanced photocatalysis for VOC removal from air streams: Process optimization, synergy and mechanism assessment. Science of the total environment. 687: 1357-1368.
22. **Martin, N. and Galey, C., 1994.** Use of static mixer for oxidation and disinfection by ozone. Ozone: science & engineering. 16(6): 455-473.
23. **Mani Varnosfadrani, A., 2014.** Investigating the performance of biodraft system based on algal biofilm in removing nitrogen, phosphorus and total carbon from urban raw sewage, animal husbandry and dairy industries. Master's thesis, University of Tehran. 79-93. (In Persian)
24. **Jafarzadeh, N., 2016.** Feasibility of Gradual Removal of Agricultural Poisons Malathion and Diazinon in the Sedimentation Trap Structure. Master's Thesis, University of Tehran. 48-66. (In Persian)
25. **Mirzaei, M., 2016.** Studying the possibility of reducing organophosphorus pesticide (chlorpyrifos) in a joint structure of biodraf and oyster (*Anodonta cygnea*). master's thesis, University of Tehran. 69-98. (In Persian)
26. **Dehghani, F., 2016.** Separation of lead heavy metal from paper pulp effluent using biodraf purification method with particle trap and its effect on Anodonta signea and Derisinidae polymorpha. Master's thesis, University of Tehran. 49-58. (In Persian)
27. **Bayat Ghyashi, L., 2018.** Study of the efficiency of the biodraft system in reducing nitrogenous pollutants from the waste water of fishing industries. Master's Thesis, University of Tehran. 40-50. (In Persian)
28. **Beltrán, F.J., García-Araya, J.F. and Álvarez, P.M., 2001.** pH sequential ozonation of domestic and wine distillery wastewaters. Water Research. 35(4): 929-936.
29. **Kida, K., Morimura, S., Abe, N. and Sonoda, Y., 1995.** Biological treatment of schochu distillery wastewater. Process biochemistry. 30(2): 125-132.
30. **Lovato, G., Batista, L.P.P., Preite, M.B., Yamashiro, J.N., Becker, A.L.S., Vidal, M.F.G., Pezini, N., Albanez, R., Ratusznei, S.M. and Rodrigues, J.A.D., 2019.** Viability of Using Glycerin as a Co-substrate in Anaerobic Digestion of Sugarcane Stillage (Vinasse): Effect of Diversified Operational Strategies. Appl Biochem Biotechnol. 188(3): 720-740.
31. **Garcia-Calderon, D., Buffiere, P., Moletta, R. and Elmaleh, S., 1998.** Anaerobic digestion of wine distillery wastewater in down-flow fluidized bed. Water Research. 32(12): 3593-3600.
32. **Ghosh, S., Ombregt, J.P. and Pipyn, P., 1985.** Methane production from industrial wastes by two-phase anaerobic digestion. Water research. 19(9): 1083-1088.
33. **Maiorella, B., Blanch, H.W. and Wilke, C.R., 1983.** By-product inhibition effects on ethanolic fermentation by Saccharomyces cerevisiae. Biotechnology and bioengineering. 25(1): 103-121.
34. **Bernardo, E.C., Egashira, R. and Kawasaki, J., 1997.** Decolorization of molasses' wastewater using On the other hand, due to drought and water shortage in the current century, the reuse of wastewater has become an effective

way to reduce problems. Activated carbon prepared from cane bagasse. Carbon. 35(9): 1217-1221.

35. **Chaudhari, P.K., Mishra, I. and Chand, S., 2008.** Effluent treatment for alcohol distillery: catalytic thermal pretreatment (catalytic thermolysis) with energy recovery. Chemical Engineering Journal. 136(1): 14-24.

36. **Gebreeyessus, G.D., Mekonnen, A. and Alemayehu, E., 2019.** A review on progresses and performances in distillery stillage management. Journal of Cleaner Production. 232: 295-307.

37. **Maragheh Zoeik, R. and Abdullahzadeh, S., 1387.** The new method of wastewater treatment of alcohol factory, the first international conference on the position of safety, health and environment in wastewater engineering organizations. Esfahan. https://civilica.com/doc/43057. (In Persian)

38. **Thakur, C., Srivastava, V.C. and Mall, I.D., 2014.** Aerobic degradation of petroleum refinery wastewater in sequential batch reactor. Journal of Environmental Science and Health, Part A. 49(12): 1436-1444.

39. **Fitzgibbon, F., Nigam, P., Singh, D. and Marchant, R., 1995.** Biological treatment of distillery waste for pollution-remediation. Journal of Basic Microbiology. 35(5): 293-301.

40. **Lei, L., Gu, L., Zhang, X. and Su, Y., 2007.** Catalytic oxidation of highly concentrated real industrial wastewater by integrated ozone and activated carbon. Applied Catalysis A: General. 327(2): 287-294.

41. **Lele, S., Rajadhyaksha, P. and Joshi, J., 1989.** Effluent treatment for alcohol distillery: thermal pretreatment with energy recovery. Environmental progress. 8(4): 245-252.

42. **Mandal, A., Ojha, K. and Ghosh, D., 2003.** Removal of colour from distillery wastewater by different processes. Indian Chemical Engineer. 45(4): 264-267.

43. **Yavuz, Y., 2007.** EC and EF processes for the treatment of alcohol distillery wastewater. Separation and purification technology. 53(1): 135-140.