

## Performance Evaluation of wastewater treatment plant of Noosh Azar company by online monitoring station

### Haddadi, Leila

MS.C. Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch

### Marandi, Reza

\* Associated Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch

### Sadjadi, Nooshin

Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch

Received: 2018/02/12

Accepted: 2018/03/18

### ABSTRACT

**Background& Objective:** One of the reuses of wastewater in industries is irrigation of green space. Therefore, with proper treatment and reduction of environmental pollution of wastewater and in compliance with environmental standards, it can be used for irrigation purposes. The present study was aimed to evaluate the performance of Noosh Azar Wastewater Treatment Plant by the online monitoring station in 2016.

**Materials and Methods:** This descriptive cross-sectional study was performed at Noosh Azar *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) in Tehran. The effluent outlet parameters include COD, BOD, TSS, TOC, Turbidity, pH and temperature which were measured 12 times/day by the online monitoring station of the refinery according to the standard methods (the Examinations of Water and Wastewater), and reported at the end of each month. Data were entered into SPSS software and analyzed using statistical indices including mean and standard deviation.

**Results:** The average total of BOD/COD ratio in the wastewater was 0.8. The results of the study showed that the average concentration of COD, BOD and TSS of the wastewater was  $1624.91 \pm 134.85$ ,  $1310 \pm 75.38$  and  $283.58 \pm 39.76$  mg/L, respectively. The average of total outlet parameters of turbidity, COD, BOD, TSS and TOC were  $12.78 \pm 2.21$ ,  $83.73 \pm 12.90$ ,  $41.26 \pm 6.65$ ,  $6.70 \pm 2.14$ ,  $46.03 \pm 7.08$  mg/L, and  $\text{pH} = 7.80 \pm 0.35$ . The total average of removal efficiencies of COD, BOD and TSS were  $93.92 \pm 3.62$ ,  $96.57 \pm 1.002$  and  $97.57 \pm 0.936$ , respectively.

**Conclusion:** Regarding the proper performance of the activated sludge system of Noosh Azar Company, the effluent parameters such as COD, BOD, TSS, TOC, turbidity and pH, were in accordance with the standard of the Iranian Environmental Protection Agency for irrigation use. However in order to ensure the quality of the wastewater for reuse, the microbial parameters should also be considered.

**Document Type:** Research article

**Keywords:** Evaluation, Waste water Reuse, waste water Treatment Plant, Noosh Azar Company.

► **Citation:** haddadi L, marandi R, sajadi N. The Evaluation of the performance in the wastewater treatment plant of Noosh Azar company by Online monitoring station. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2018;3 (4) : 257-266.

## ارزیابی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب شرکت نوش آذر به وسیله ایستگاه پایش آنلاین

### چکیده

**زمینه و هدف:** یکی از مصارف مجدد پساب در صنایع، آبیاری فضای سبز می‌باشد، لذا با تصفیه اصولی و نیز کاهش آلودگی‌های زیست محیطی فاضلاب‌ها و مطابقت با استانداردهای زیست محیطی، می‌توان از آن جهت مصارف آبیاری استفاده نمود. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عملکرد واحد تصفیه فاضلاب شرکت نوش آذر به وسیله ایستگاه پایش آنلاین انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه توصیفی- مقطعی در سال ۱۳۹۵ بر روی پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت نوش آذر انجام گرفت. پارامترهای خروجی پساب شامل COD, BOD, TSS, TOC, Turbidity (کدورت)، pH و Temperature (دما) ۱۲ بار در شبانه‌روز به وسیله ایستگاه پایش آنلاین تصفیه‌خانه طبق کتاب متدهای استاندارد اندازه‌گیری و در پایان هر ماه به صورت گزارش اعلام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، نسخه ۱۸ و شاخص‌های آماری شامل میانگین و انحراف معیار انجام گرفت.

**یافته‌ها:** میانگین کل نسبت BOD/COD در فاضلاب ورودی برابر با ۰/۸ به دست آمد. میانگین کل غلظت COD, BOD و TSS پساب ورودی به ترتیب ۱۳۴/۸۵±۱۶۲۴/۹۱، ۷۵/۳۸±۱۳۱۰ و ۳۹/۷۶±۲۸۳/۵۸، میانگین کل پارامترهای خروجی کدورت، COD, BOD, TSS و TOC به ترتیب ۲/۲۱±۱۲/۷۸، ۱۲/۹۰±۸۳/۷۳، ۴۱/۴۶±۶/۶۵، ۲/۱۴±۶/۷۰ و ۰/۳۷±۴۶/۰۸، pH ۷/۸±۰/۳۵ و میانگین راندمان حذف COD, BOD و TSS به ترتیب ۹۲/۹۲±۳/۶۲، ۹۳/۵۷±۱/۰۰۲ و ۹۷/۵۷±۰/۹۳۶ درصد بود.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به کارایی مناسب سیستم لجن فعال تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت نوش آذر، پساب خروجی از نظر پارامترهای COD, BOD, TSS, TOC, Turbidity و pH با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت مصرف برای آبیاری مطابقت دارد، اما جهت حصول اطمینان کافی از کیفیت پساب خروجی در خصوص استفاده مجدد، پارامترهای میکروبی نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

**نوع مقاله:** مقاله پژوهشی

**کلید واژه‌ها:** ارزیابی، استفاده مجدد پساب، تصفیه‌خانه فاضلاب، شرکت نوش آذر

### لیلا حدادی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

### رضا مرندی

دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

### نوشین سجادی

\* استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران. ایمیل نویسنده مسئول: marandireza1351@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۷

◀ **استناد:** حدادی ل، مرندی ر، سجادی ن. ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت نوش آذر به وسیله ایستگاه پایش آنلاین. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۳۹۶؛ ۳(۴): ۲۵۷-۲۶۶.

## مقدمه

با گسترش صنایع، افزایش مصرف آب و نیز محدودیت منابع آبی، جمع‌آوری فاضلاب‌های صنعتی و تصفیه آن، اهمیت دو چندان پیدا کرده است. از آنجا که فاضلاب صنعتی دارای آلاینده‌های مختلف میکروبی و شیمیایی می‌باشد، لذا تخلیه فاضلاب تصفیه نشده به محیط‌زیست و یا استفاده از آن در کشاورزی و آبیاری موجب آلودگی منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی شده و در نهایت خطرات سوء بهداشتی آن سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازد. بنابراین لازم است فاضلاب تولید شده با هدف استفاده مجدد در صنایع به صورت مؤثر تصفیه گردد (۱، ۲). میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (Biochemical oxygen demand: BOD)، میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Chemical oxygen demand: COD)، مواد جامد معلق (Total Suspended Solids: TSS) و pH خروجی، از شاخصه‌های مهم هستند که جهت ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استفاده می‌شوند (۳). جهت استفاده مجدد از پساب، عملکرد تصفیه‌خانه‌ها باید به‌طور متوالی مورد ارزیابی قرار گیرد و مقدار پارامترهای خروجی پساب با استانداردهای زیست محیطی مطابقت داشته باشد. استانداردهای زیست محیطی شرایط خاصی را برای ورود پساب تصفیه شده صنایع به چاه‌های جاذب، فضای سبز، کشاورزی یا شهری و ورود مجدد به چرخه تولید در نظر گرفته است (۴). کیفیت پساب خروجی جهت استفاده مجدد با استانداردهای مختلف سازمان‌های بین‌المللی WHO، EPA و FAO مورد بررسی قرار می‌گیرد. در کشور ایران ارزیابی پساب به منظور استفاده با هدف‌های مختلف با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست انجام می‌شود (۵-۷).

مطالعات مختلفی جهت استفاده مجدد از پساب در صنایع مختلف صورت گرفته است. Cristóvão و همکاران (۲۰۱۵) در زمینه تصفیه فاضلاب جهت استفاده مجدد در صنعت کنسرو ماهی به تحقیق پرداختند (۸). در مطالعه دیگر که توسط Petala و همکاران (۲۰۰۶) بر روی عملکرد یک سیستم تصفیه فاضلاب

پیشرفته (در منطقه تسالونیک شمال یونان) انجام گرفت، کیفیت پساب خروجی پس از ازوناسیون با دوز  $26/7 \text{ mg/L}$  ازن با استاندارد EPA جهت استفاده مجدد برای آبیاری مطابقت داشت (۹). در تحقیق دیگری که توسط Hamoda و همکاران (۲۰۰۴) بر عملکرد فیلترهای شنی و ماسه‌ای تند در سه ایستگاه تصفیه‌خانه فاضلاب در ایالت کویت انجام گرفت، نشان داد که به‌طور پیوسته کیفیت پساب را برای آبیاری تضمین می‌کند (۱۰).

مطالعه Alemu و همکاران (۲۰۱۷) که در زمینه تصفیه فاضلاب تجمعی دباغی‌ها جهت استفاده مجدد برای آبیاری (تشویق به بهره‌وری آب و توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه) انجام شد، نشان داد پساب تصفیه شده با حداقل استانداردهای قابل قبول ملی و بین‌المللی مطابقت دارد و می‌تواند برای آبیاری سبزیجات استفاده کرد (۱۱).

شرکت نوش آذر در کیلومتر ۱۹ جاده قدیم کرج و ابتدای شهر قدس در منطقه صنعتی اسماعیل‌آباد واقع شده است. دبی ورودی پساب صنعتی به طور متوسط  $140 \text{ hr/m}^2$ ، حداقل دبی ورودی  $80 \text{ hr/m}^2$  و حداکثر دبی ورودی  $180 \text{ hr/m}^2$  است که از طریق دو ورودی پساب به تصفیه‌خانه جهت انجام پروسه تصفیه هدایت می‌شود. دبی ورودی پکیج پساب بهداشتی  $360 \text{ m}^3$  در روز و به‌طور متوسط معادل  $2/5 \text{ hr/m}^2$  می‌باشد. محصول تولیدی شرکت روغن نباتی و فرآیند تصفیه فاضلاب از نوع لجن فعال می‌باشد. در سال ۱۳۹۳ سیستم پایش آنلاین از نوع مستغرق در تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت افتتاح گردید. ایستگاه پایش آنلاین مجهز به اندازه‌گیری پارامترهای پساب خروجی از جمله  $\text{pH}$ ،  $\text{COD}$ ،  $\text{BOD}$ ،  $\text{TSS}$ ،  $\text{TOC}$ ،  $\text{Turbidity}$  (کدورت)،  $\text{pH}$  و  $\text{Temperature}$  (دما) می‌باشد. در این تحقیق، کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت نوش آذر به‌وسیله ایستگاه پایش آنلاین ارزیابی می‌گردد.

## روش کار

این مطالعه توصیفی-مقطعی در سال ۱۳۹۵ بر روی پساب خروجی

تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت نوش آذر انجام شد. جهت ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت به دلیل نبود اطلاعات مربوط به پساب ورودی، نتایج مربوط به سه پارامتر BOD، COD، و TSS به صورت میانگین از وزارت صنعت و معدن اخذ گردید که نتایج پارامترها مربوط به ۲۰ روز مختلف در هر ماه و در هر روز یک نمونه از پساب می‌باشد. پارامترهای پساب خروجی شامل pH، BOD، COD، دما، کدورت، TOC و TSS توسط ایستگاه پایش آنلاین تصفیه‌خانه در فاصله زمانی ۲ h یک‌بار و ۱۲ بار در شبانه‌روز طبق روش‌های استاندارد طراحی شده در سیستم اندازه‌گیری و ثبت گردید. میانگین و انحراف معیار هر پارامتر در پایان هر ماه توسط نرم‌افزار SPSS، نسخه ۱۸ محاسبه شد. جهت استفاده مجدد پساب برای آبیاری فضای سبز شرکت، نتایج پساب خروجی با معیارها و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران مورد آنالیز و بررسی قرار گرفتند.

## یافته‌ها

مطالعه حاضر به مدت یک‌سال و به صورت متوالی از فروردین

لغایت اسفند سال ۱۳۹۵ بر روی پساب خروجی صورت گرفت. بر اساس جدول ۱، بیشترین میزان نسبت BOD/COD فاضلاب ورودی در ماه فروردین ( $0/89 \text{ mg/L}$ ) و کمترین مقدار در ماه اسفند ( $0/71 \text{ mg/L}$ ) بود. حداکثر غلظت میانگین ماهانه COD در پساب ورودی مربوط به ماه آذر ( $1800 \text{ mg/L}$ )، حداکثر میانگین BOD متعلق به ماه بهمن ( $1440 \text{ mg/L}$ ) و TSS مربوط به ماه مهر و بهمن بود. حداکثر غلظت میانگین ماهانه COD، BOD و TSS در پساب خروجی به ترتیب در ماه آبان ( $8/66 \text{ mg/L}$ )، آبان ( $51/46 \text{ mg/L}$ ) و آبان ( $8/66 \text{ mg/L}$ ) بود. حداکثر راندمان حذف COD مربوط به ماه بهمن ( $96/39$  درصد) و حداقل راندمان مربوط به ماه آبان ( $92/80$  درصد)، حداکثر و حداقل راندمان حذف BOD به ترتیب در ماه بهمن ( $97/97$  درصد) و فروردین ( $96/04$  درصد) و حداکثر و حداقل راندمان زدایش TSS به ترتیب در ماه دی ( $99/58$  درصد) و فروردین ( $96/06$  درصد) بود. در هر سه پارامتر، راندمان حذف بالای ۹۰ درصد و بیانگر عملکرد مطلوب تصفیه‌خانه است (جدول ۱).

جدول ۱. میانگین غلظت ماهانه BOD، COD، و TSS پساب ورودی و خروجی ( $\text{mg/L}$ ) و درصد راندمان حذف به تفکیک هر ماه

ماه	میانگین COD ( $\text{mg/L}$ )		راندمان (درصد)	میانگین BOD ( $\text{mg/L}$ )		راندمان (درصد)	میانگین BOD/COD فاضلاب ورودی ( $\text{mg/L}$ )		راندمان (درصد)	میانگین TSS ( $\text{mg/L}$ )	
	ورودی	خروجی		ورودی	خروجی		ورودی	خروجی		ورودی	خروجی
فروردین	۱۳۹۰	۹۸/۷۷	۹۲/۸۹	۱۲۴۹	۴۹/۳۸	۹۶/۰۴	۰/۸۹	۲۰۱	۷/۹۱	۹۶/۰۶	
اردیبهشت	۱۵۱۲	۹۵/۳۰	۹۳/۶۹	۱۲۹۰	۴۷/۶۵	۹۶/۳۰	۰/۸۵	۲۱۸	۷/۷۲	۹۶/۴۵	
خرداد	۱۶۱۸	۹۲/۱۱	۹۴/۳۰	۱۳۰۲	۴۶/۰۶	۹۶/۴۶	۰/۸	۳۰۴	۷/۷۴	۹۷/۴۵	
تیر	۱۶۵۶	۷۹/۸۸	۹۵/۱۷	۱۳۶۹	۳۹/۹۴	۹۴/۱۶	۰/۸۲	۲۹۲	۷/۶۵	۹۷/۳۸	
مرداد	۱۶۵۶	۶۸/۱۸	۹۵/۸۸	۱۴۰۵	۳۴/۰۹	۹۷/۵۷	۰/۸۴	۳۱۸	۷/۳۹	۹۷/۶۷	
شهریور	۱۵۱۲	۸۱/۳۰	۹۴/۶۲	۱۲۸۵	۴۰/۶۵	۹۶/۸۳	۰/۸۴	۳۰۰	۷/۳۸	۹۷/۵۴	
مهر	۱۷۴۵	۷۱/۸۶	۹۵/۸۸	۱۳۵۰	۳۵/۹۳	۹۷/۳۳	۰/۷۷	۳۲۰	۷/۸۵	۹۷/۵۴	
آبان	۱۴۳۰	۱۰۲/۹۱	۹۲/۸۰	۱۲۰۰	۵۱/۴۶	۹۵/۷۱	۰/۸۳	۲۸۰	۸/۶۶	۹۶/۹۰	
آذر	۱۸۰۰	۷۲/۹۹	۹۵/۹۴	۱۳۵۰	۳۶/۴۹	۹۷/۲۹	۰/۷۵	۳۰۰	۷/۵۳	۹۷/۴۹	
دی	۱۷۵۰	۸۵/۱۰	۹۵/۱۳	۱۲۸۰	۴۲/۵۵	۹۶/۶۷	۰/۷۳	۲۵۰	۱/۰۳	۹۹/۵۸	
بهمن	۱۷۵۰	۶۳/۱۴	۹۶/۳۹	۱۴۴۰	۲۹/۱۷	۹۷/۹۷	۰/۸۲	۳۲۰	۴/۴۴	۹۸/۶۱	
اسفند	۱۶۸۰	۹۳/۲۲	۹۴/۴۵	۱۲۰۰	۴۱/۷۸	۹۶/۵۱	۰/۷۱	۳۰۰	۵/۲۰	۹۸/۲۶	

ارائه شده است. میانگین کل نسبت BOD/COD در فاضلاب ورودی  $0/8$  به دست آمد. در فاضلاب ورودی غلظت سالیانه

نتایج مربوط به میانگین و انحراف معیار سالیانه پارامترهای BOD نسبت BOD/COD فاضلاب ورودی در سال ۱۳۹۵

مربوط به پارامترهای TSS (۹۷/۵۷ درصد) و BOD (۹۶/۵۷ درصد) و کمترین راندمان حذف مربوط به پارامتر COD (۹۳/۹۲ درصد) بود. راندمان تصفیه‌خانه در هر سه پارامتر بالای ۹۰ درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده کارآمد بودن سیستم تصفیه‌خانه می‌باشد (جدول ۲).

COD.mg/L  $1624/91 \pm 134/85$  و در پساب خروجی  $83/73 \pm 12/90$  mg/L در نوسان بود. غلظت سالیانه BOD در فاضلاب ورودی و خروجی به‌ترتیب  $1310 \pm 75/38$  و  $41/26 \pm 6/65$  mg/L بود. غلظت میانگین سالیانه TSS نیز به‌ترتیب در ورودی و خروجی  $283/58 \pm 39/76$  mg/L و  $6/70 \pm 2/14$  بود. بیشترین راندمان حذف سالیانه به ترتیب

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار سالیانه COD، BOD، TSS پساب ورودی و خروجی و درصد راندمان حذف

راندمان (درصد)	انحراف معیار $\pm$ میانگین TSS (mg/L)		انحراف معیار $\pm$ میانگین BOD/ COD mg/L فاضلاب ورودی	راندمان (درصد)	انحراف معیار $\pm$ میانگین BOD (mg/L)		راندمان (درصد)	انحراف معیار $\pm$ میانگین COD (mg/L)		سال
	خروجی	ورودی			خروجی	ورودی		خروجی	ورودی	
۹۷/۵۷ $\pm$ ۰/۹۳۶	۶/۷۰ $\pm$ ۲/۱۴	۲۸۳/۵۸ $\pm$ ۳۹/۷۶	۰/۸ $\pm$ ۰/۰۵	۹۶/۵۷ $\pm$ ۱۰/۰۰۲	۴۱/۲۶ $\pm$ ۶/۶۵	۱۳۱۰ $\pm$ ۷۵/۳۸	۹۳/۹۲ $\pm$ ۳/۶۲	۸۳/۷۳ $\pm$ ۱۲/۹۰	۱۶۲۴/۹۱ $\pm$ ۱۳۴/۸۵	۱۳۹۵

نتایج آنالیزهای انجام شده بر روی پساب خروجی ایستگاه جدول ۳ نشان داده شده است.

پایش آنالیز تصفیه‌خانه از ماه فروردین تا اسفند سال ۱۳۹۵ در

جدول ۳. نتایج آنالیز پارامترهای پساب خروجی سیستم پایش آنالیز تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت نوش آذر از ماه فروردین تا اسفند سال

۱۳۹۵

پارامتر	Turb (NTU)	pH	Temp oC	COD mg/L	BOD mg/L	TSS mg/L	TOC mg/L
فروردین	۱۴/۶۵ $\pm$ ۱/۷۵	۷/۹۱ $\pm$ ۰/۱۸۷	۱۷/۱۴ $\pm$ ۲/۱۷	۹۸/۷۷ $\pm$ ۹/۵۵	۴۹/۳۸ $\pm$ ۴/۷۷	۷/۹۱ $\pm$ ۰/۱۸۶	۵۴/۳۲ $\pm$ ۵/۲۵
اردیبهشت	۱۱/۳۸ $\pm$ ۲/۰۱	۷/۷۲ $\pm$ ۰/۲۷۵	۱۹/۹۸ $\pm$ ۰/۶۸۵	۹۵/۳۰ $\pm$ ۸/۵۲	۴۷/۶۵ $\pm$ ۴/۲۶	۷/۷۲ $\pm$ ۰/۲۷۳	۵۲/۴۱ $\pm$ ۴/۶۹
خرداد	۱۱/۴۱ $\pm$ ۱/۵۷	۷/۷۴ $\pm$ ۰/۱۲۴	۲۱/۴۲ $\pm$ ۰/۴۶	۹۲/۱۱ $\pm$ ۹/۰۳	۴۶/۰۶ $\pm$ ۴/۵۱	۷/۷۴ $\pm$ ۰/۱۲۴	۵۰/۶۶ $\pm$ ۴/۹۶
تیر	۱۱/۷۱ $\pm$ ۰/۷۹۶	۷/۶۵ $\pm$ ۰/۰۹۷	۲۳/۰۹ $\pm$ ۰/۶۰۹	۷۹/۸۸ $\pm$ ۱۰/۱۴	۳۹/۹۴ $\pm$ ۵/۰۷	۷/۶۵ $\pm$ ۰/۰۹۷	۴۳/۹۳ $\pm$ ۵/۵۷
مرداد	۱۱/۳۰ $\pm$ ۰/۶۵	۷/۴۰ $\pm$ ۰/۲۹۵	۲۳/۲۵ $\pm$ ۰/۸۷	۶۸/۱۸ $\pm$ ۳/۴۷	۳۴/۰۹ $\pm$ ۱/۷۳	۷/۳۹ $\pm$ ۰/۲۹۹	۳۷/۵۰ $\pm$ ۱/۹۱
شهریور	۱۳/۰۱ $\pm$ ۱/۸۹	۷/۳۸ $\pm$ ۰/۳۴۹	۲۲/۳۹ $\pm$ ۰/۵	۸۱/۳۰ $\pm$ ۱۵/۰۲	۴۰/۶۵ $\pm$ ۷/۵۱	۷/۳۸ $\pm$ ۰/۳۴۶	۴۴/۷۱ $\pm$ ۸/۲۶
مهر	۱۳/۲۸ $\pm$ ۱/۱۸	۷/۸۵ $\pm$ ۰/۱۵۵	۲۰/۲۵ $\pm$ ۰/۹۴۴	۷۱/۸۶ $\pm$ ۱۵/۶۳	۳۵/۹۳ $\pm$ ۷/۸۱	۷/۸۵ $\pm$ ۰/۱۵۶	۳۹/۵۲ $\pm$ ۸/۶
آبان	۱۴/۹۱ $\pm$ ۱/۵۱	۸/۶۶ $\pm$ ۰/۹۷۴	۱۸/۲۶ $\pm$ ۰/۷۳	۱۰۲/۹۱ $\pm$ ۲۲/۶۸	۵۱/۴۶ $\pm$ ۱۱/۳۴	۸/۶۶ $\pm$ ۰/۹۷۵	۵۶/۶۰ $\pm$ ۱۲/۴۷
آذر	۱۴/۸۵ $\pm$ ۲/۱۷	۷/۵۳ $\pm$ ۰/۲۱۳	۱۴/۹۱ $\pm$ ۰/۹۷۹	۷۲/۹۹ $\pm$ ۹/۷۳	۳۶/۴۹ $\pm$ ۴/۸۶	۷/۵۳ $\pm$ ۰/۲۱۳	۴۰/۱۴ $\pm$ ۵/۳۵
دی	۱۷/۰۳ $\pm$ ۱/۸	۷/۶۷ $\pm$ ۰/۱۴۴	۱۵/۳۶ $\pm$ ۰/۵۲۵	۸۵/۱۰ $\pm$ ۱۰/۳۱	۸۵/۱۰ $\pm$ ۱۰/۳۱	۱/۰۳ $\pm$ ۲/۹۰	۴۶/۸۰ $\pm$ ۵/۶۷
بهمن	۹/۹۵ $\pm$ ۴/۱۷	۸ $\pm$ ۰/۱۶۵	۹/۴۴ $\pm$ ۲/۷۱	۶۳/۱۴ $\pm$ ۱۷/۳۳	۲۹/۱۷ $\pm$ ۹/۰۶	۴/۴۴ $\pm$ ۰/۷۰۸	۳۴/۷۰ $\pm$ ۹/۵۲
اسفند	۹/۴۴ $\pm$ ۲/۶۷	۸/۱۷ $\pm$ ۰/۱۲۱	۱۰/۰۵ $\pm$ ۱/۰۲	۹۳/۲۲ $\pm$ ۸/۶۲	۴۱/۷۸ $\pm$ ۳/۷۹	۵/۲۰ $\pm$ ۱/۴۸	۵۱/۰۷ $\pm$ ۴/۶۴
گستره میانگین	۹/۴۴ - ۱۷/۰۳	۷/۳۸ - ۸/۶۶	۹/۴۴ - ۲۳/۲۵	۶۳/۱۴ - ۱۰۲/۹۱	۲۹/۱۷ - ۵۱/۴۶	۱/۰۳ - ۸/۶۶	۳۴/۷۰ - ۵۶/۶۰
جمع	۱۲/۷۸ $\pm$ ۲/۲۱	۷/۸۰ $\pm$ ۰/۳۵	۱۷/۹۶ $\pm$ ۴/۷۴	۸۳/۷۳ $\pm$ ۱۲/۹۰	۴۱/۲۶ $\pm$ ۶/۶۵	۶/۷۰ $\pm$ ۲/۱۴	۴۶/۰۳ $\pm$ ۷/۰۸

در سال ۱۳۹۵ گستره میانگین ماهانه درجه حرارت بین  $9/44 - 23/25$  °C بود که بیشترین درجه حرارت در ماه مرداد و کمترین در ماه بهمن و میانگین کل  $17/6$  °C به‌دست آمد. گستره میانگین ماهانه pH بین ۷/۳۸ تا ۸/۶۶ بود که بیشترین میانگین pH در ماه آبان و کمترین آن در ماه شهریور و میانگین کل pH ۷/۸ ثبت شد. گستره میانگین ماهانه COD

بین ۶۳/۱۴ تا ۱۰۲/۹۱ mg/L بود که بیشترین در ماه آبان و کمترین در ماه بهمن و میانگین کل ۸۳/۷۳ COD، mg/L به دست آمد. گستره میانگین ماهانه BOD بین ۲۹/۱۷ تا ۵۱/۴۶ mg/L بود که بیشترین میانگین در ماه آبان و کمترین در ماه بهمن و میانگین کل ۴۱/۲۶۲ BOD، mg/L محاسبه شد. گستره میانگین ماهانه TSS بین ۱/۰۳ تا ۸/۶۶ mg/L به دست آمد که بیشترین میانگین در ماه آبان و کمترین در ماه دی و میانگین کل ۶/۷۰ TSS، mg/L ثبت شد. گستره میانگین ماهانه TOC بین ۳۴/۷۰ تا ۵۶/۶۰ mg/L به دست آمد که بیشترین میانگین در ماه آبان و کمترین در ماه بهمن و میانگین کل ۴۶/۰۳ mg/L محاسبه شد. گستره میانگین ماهانه کدورت (Turbidity) بین ۹/۴۴ تا ۱۷/۰۳ بود که بیشترین میانگین در ماه دی و کمترین آن در ماه اسفند و میانگین کل کدورت ۱۲/۷۸ (NTU) اندازه گیری شد.

مصرف پساب تصفیه خانه شرکت نوش آذر جهت آبیاری فضای سبز کارخانه استفاده می شود، لذا در جدول ۴ میانگین کل کدورت ۱۲/۷۸ (NTU) و COD، BOD و TSS به ترتیب ۸۳/۷۳، ۴۱/۲۶ و ۶/۷۰ mg/L و میزان pH ۷/۸ نمایش داده شده است که با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت مصارف آبیاری و کشاورزی مطابقت دارد، اما در خصوص پارامترهای COD و BOD با استانداردهای مربوط به

تخلیه پساب به آب های سطحی و چاه جاذب مطابقت ندارد. با توجه به میزان کدورت در گستره میانگین ماهیانه (۹/۴۴-۱۷/۰۳) (NTU) که در جدول ۳ نمایش داده شده است، در جدول ۴ ملاحظه می شود که میزان کدورت پساب خروجی از فروردین تا اسفند ماه سال ۱۳۹۵ با میزان استاندارد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری و نیز تخلیه به آب های سطحی مطابقت دارد. میزان pH در گستره میانگین ماهیانه (۸/۶۶-۷/۳۸) در همه ماه ها به جز ماه آبان با میزان استاندارد جهت مصارف آبیاری و تخلیه به آب های سطحی مطابقت دارد و نیز در محدوده استاندارد تخلیه به چاه جاذب قرار گرفت. همچنین میزان COD در گستره میانگین ماهیانه (۱۰۲/۹۱-۶۳/۱۴) در ۱۲ ماه با استاندارد جهت مصرف برای آبیاری مطابقت دارد، اما در همه ماه ها با استاندارد جهت تخلیه به آب های سطحی و چاه جاذب مطابقت ندارد. پارامتر BOD نیز در محدوده میانگین (۲۹/۱۷-۵۱/۴۶ mg/L) قرار گرفت که در همه ماه ها کمتر از محدوده استاندارد جهت مصرف آبیاری بود و فقط در ماه بهمن در محدوده استاندارد جهت تخلیه به آب های سطحی و چاه جاذب قرار گرفت و در بقیه ماه ها با استاندارد مطابقت نداشت. در خصوص پارامتر TSS نیز با میزان محدوده میانگین (۱/۰۳-۸/۶۶) مشاهده شد که در همه ماه ها با استاندارد جهت مصرف برای آبیاری و تخلیه به آب های سطحی مطابقت داشت.

جدول ۴. مقایسه نتایج پارامترهای پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شرکت نوش آذر با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران

استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران			نتایج پساب خروجی	پارامتر
تخلیه به چاه جاذب	مصارف کشاورزی و آبیاری	تخلیه به آب های سطحی		
-	۵۰	۵۰	۱۲/۷۸±۲/۲۱	Turbidity کدورت (NTU)
۵-۹	۶-۸/۵	۶/۵-۸/۵	۷/۸۰±۰/۳۵	pH
۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۲۰۰	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۸۳/۷۳±۱۲/۹۰	COD (mg/L)
۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۱۰۰	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۴۱/۲۶±۶/۶۵	BOD (mg/L)
-	۱۰۰	۴۰ (لحظه ای ۶۰)	۶/۷۰±۲/۱۴	TSS (mg/L)

پساب های بهداشتی و صنعتی علاوه بر اطلاع رسانی از راندمان کاری یک تصفیه خانه در حذف آلاینده های زیست محیطی، دست

بخت  
اندازه گیری آنالین برخی فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی در خروجی



سطحی و چاه جاذب را برآورده کند. از مشخصه‌های مهم فاضلاب صنعتی، تغییرات مداوم میزان جریان و ترکیب آنها است و چون میکروارگانیسم‌های موجود در فاضلاب قادر به تجزیه بیولوژیکی برخی مواد آلی نیستند، بنابراین آلودگی مواد آلی در پساب خروجی باقی خواهند ماند. در ورودی فاضلاب‌های صنعتی نوسان بار آلی و آلودگی زیاد است، لذا این نوسانات پساب خروجی را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در میزان COD و BOD ورودی و خروجی تصفیه‌خانه نوش آذر در ماه‌های مختلف نوسان وجود دارد، نوسان در مقدار COD خروجی در سه ماهه اول با اختلاف جزئی یکسان و در ماه‌های تیر، مرداد، مهر، آذر و بهمن روندی کاهشی و در ماه‌های شهریور، آبان، دی و اسفند روندی افزایشی داشته است. در مقدار COD خروجی، بیشترین تغییرات افزایشی با اختلاف زیاد به ترتیب در ماه‌های آبان و اسفند با مقدار ۱۰۲/۹۱ و ۹۳/۲۲ mg/L و کمترین نوسان کاهشی با اختلاف متمایز در ماه آذر با میزان ۷۲/۹۹ mg/L به چشم می‌خورد. روند تغییرات صعودی و نزولی در بقیه ماه‌ها نسبتاً اندازه‌ای همسان داشت. تغییرات در مقدار BOD خروجی در سه ماهه اول نسبتاً همسان و در ماه‌های تیر، مرداد، مهر، آذر و بهمن روندی نزولی و در ماه‌های شهریور، آبان، دی و اسفند روندی صعودی به همراه داشت. بیشترین تغییرات افزایشی با اختلاف زیاد در مقدار BOD خروجی در ماه‌های آبان و اسفند به ترتیب با مقدارهای ۵۱/۴۶ و ۴۱/۷۸ mg/L و کمترین نوسان کاهشی در ماه‌های آذر و بهمن به ترتیب با میزان ۳۶/۴۹ و ۲۹/mg/L بود. روند تغییرات صعودی و نزولی در بقیه ماه‌ها کمابیش مشابه بود. در تصفیه‌خانه فاضلاب نوش آذر پساب بهداشتی و خروجی واحدهای تصفیه روغن و تولید و شستشو به سیستم تصفیه‌خانه هدایت می‌شود. بسته به میزان تولید و مصرف آب در واحدهای اداری، تصفیه روغن و فرآیند تولید و شستشو، نرخ فاضلاب تولیدی در روز متفاوت می‌باشد که بر میزان بار ورودی به تصفیه‌خانه و آلودگی تأثیر می‌گذارد. مقادیر COD بالا در پساب خروجی ناشی از مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند

اندکاران مربوطه را نیز از پارامترهای کیفی پساب دفع شده به محیط زیست و مقایسه با میزان استاندارد تعریف شده آگاه می‌سازد. استقرار سیستم پایش آنلاین در تصفیه‌خانه فاضلاب به دلیل پایش لحظه‌ای پساب بر کیفیت پساب خروجی و بر فرآیندها و راهبری واحدهای مختلف تصفیه‌خانه فاضلاب تأثیر می‌گذارد (۱۲). در تصفیه‌خانه فاضلاب شرکت نوش آذر، کیفیت پساب خروجی توسط پایش آنلاین کنترل می‌شود. نسبت BOD/COD فاضلاب تصفیه نشده شهری ۰/۸-۰/۳ است، اگر این نسبت در فاضلاب‌های تصفیه نشده ۰/۵ یا بیشتر باشد، به آسانی می‌توان فاضلاب را به‌وسیله روش بیولوژیکی تصفیه نمود. در تقسیم‌بندی فاضلاب‌های صنعتی از نظر Biotreatability، فاضلاب‌هایی که نسبت BOD/COD بیشتر یا مساوی ۰/۵ باشد، به راحتی قابل تصفیه بیولوژیکی است (۱۳). در این مطالعه میانگین کل نسبت BOD/COD فاضلاب ورودی ۰/۸ به‌دست آمد و این نسبت در ۱۲ ماه سال ۱۳۹۵ در یک محدوده و نوسان فزاینده‌ای نداشت و مقدارش از ۰/۵ بیشتر بود که نشان می‌دهد مواد آلی موجود در فاضلاب به سهولت قابل تجزیه و فرآیند تصفیه بیولوژیکی تصفیه‌خانه قابل قبول می‌باشد. ایستگاه پایش آنلاین مجهز به اندازه‌گیری پارامترهای کیفی از جمله COD، BOD، TSS، TOC، کدورت، pH و دما می‌باشد. در این مطالعه با بررسی که بر نتایج پساب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب نوش آذر انجام گرفت، راندمان سالیانه حذف پارامترهای BOD، TSS و COD به ترتیب ۹۷/۵۷، ۹۶/۵۷ و ۹۳/۹۲ به‌دست آمد. میزان راندمان در همه پارامترها بالای ۹۰ درصد بود که نشان از کارایی بالای سیستم تصفیه‌خانه می‌باشد. از آنجا که پساب خروجی این تصفیه‌خانه جهت مصارف آبیاری فضای سبز کارخانه استفاده می‌شود، کیفیت پساب خروجی (به‌صورت ماهانه و سالیانه) با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت مصارف کشاورزی و آبیاری مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج تحقیق با استاندارد مطابقت داشت، اما در خصوص پارامترهای BOD و COD نتوانست استانداردهای مربوط به تخلیه پساب به آب‌های

تولید روغن و وجود ترکیبات مقاوم به تجزیه بیولوژیکی و مواد سمی که بر فعالیت میکروارگانیسم اثر منفی می‌گذارد. افزایش بیش از حد ازت و فسفات در تصفیه بیولوژیکی، رشد جلبکی و کاهش اکسیژن محلول، افزایش BOD در پساب خروجی را نشان می‌دهد. مدیریت و نظارت مستمر بر مقدار دبی و بار آلی ورودی و بهینه‌سازی راهبری واحدهای مختلف تصفیه‌خانه و فرآیندهای تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی باعث کاهش آلودگی پساب خروجی می‌شود و می‌توان برای استفاده مجدد جهت مصارف مختلف به کار برد. تاکنون مطالعات زیادی در مورد ارزیابی عملکرد و کیفیت پساب خروجی انجام شده است، اما در اکثر پژوهش‌های صورت گرفته، بررسی کیفیت پساب خروجی با نمونه‌برداری سنتی مورد سنجش قرار گرفته است، لذا در مطالعه حاضر استفاده از سیستم پایش آنلاین جهت ارزیابی پارامترهای پساب، خطاهای انسانی ناشی از حمل و نقل نمونه و انجام آزمایشات را کاهش داده است. در پژوهش Cristóvão و همکاران (۲۰۱۵) که جهت استفاده مجدد پساب در صنعت کنسرو ماهی انجام دادند، راندمان حذف کل مواد جامد معلق (TSS) ۹۸/۴ درصد گزارش شد که راندمان حذف TSS مطالعه حاضر با اختلاف اندکی کمتر بود. در مجموع راندمان حذف TSS در هر دو مطالعه، بالای ۹۰ درصد بود که نشان از کارایی بالای سیستم تصفیه فاضلاب می‌باشد (۸). در مطالعه Hamoda و همکاران (۲۰۰۴) که بر عملکرد فیلترهای شنی و ماسه‌ای تند در سه ایستگاه تصفیه‌خانه فاضلاب در ایالت کویت انجام گرفت، درصد حذف مواد آلی (BOD، COD) ۹۹ درصد گزارش شد که مطالعه حاضر با اختلاف درصدی کمتر بود، اما همخوانی داشت (۱۰). در مطالعه Emamjomeh و همکاران (۲۰۱۶) که در زمینه مقایسه کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی لیای قزوین با استانداردهای حفاظت محیط زیست ایران انجام شد، میانگین BOD، COD و مواد جامد معلق در پساب خروجی به ترتیب  $۱۵۶/۲ \pm ۴۲$ ،  $۷۳/۳ \pm ۱۳/۲$  و  $۷۶/۴۳ \pm ۵۰/۸$  mg/L و میانگین عملکرد حذف COD، BOD و TSS به ترتیب ۹۲/۷۵، ۹۲/۴۱ و ۸۷/۴۶ درصد گزارش

شد که نتایج مطالعه حاضر در مورد راندمان حذف COD و BOD با اختلاف درصد جزئی بیشتر بود. در مجموع راندمان حذف در هر دو تحقیق بالای ۹۰ درصد بود که نشان از کارکرد مناسب سیستم تصفیه است، اما نتیجه راندمان حذف TSS و میانگین COD، BOD و TSS با مطالعه حاضر همخوانی نداشت (۴). در مطالعه Bagheri Ardebilian و همکاران (۲۰۱۰) که در زمینه ارزیابی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر زنجان انجام شد، راندمان TSS، BOD و COD از فاضلاب ورودی، به ترتیب ۷۷/۹۱، ۸۷/۲۵ و ۸۷/۲۹ درصد و میانگین غلظت پارامترهای مذکور در پساب خروجی به ترتیب ۳۰/۲، ۱۸/۶۳ و ۳۳ mg/L/۳۷ گزارش شد. نتایج مطالعه حاضر در مورد راندمان حذف سه پارامتر بیشتر از این مطالعه بود که نشان از عملکرد مطلوب سیستم تصفیه شرکت نوش آذر می‌باشد. نتایج میانگین پارامترهای مطالعه حاضر با این مطالعه همخوانی نداشت (۱۴). در مطالعه Nasseri و همکاران (۲۰۱۲) که به بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اردبیل به منظور استفاده مجدد در کشاورزی پرداختند، میانگین پارامترهای COD و BOD به ترتیب ۹۷/۸۷ و ۵۷/۲۵ mg/L گزارش شد که نتایج مطالعه حاضر با این مطالعه متفاوت بود (۱۵). در مطالعه Alemu و همکاران (۲۰۱۷) که در زمینه تصفیه فاضلاب تجمعی دباغی‌ها جهت استفاده مجدد برای آبیاری انجام گرفت، در پساب تصفیه شده غلظت BOD و COD به ترتیب  $۱۷۰ \pm ۲۶$  mg/L و  $۵۶ \pm ۱۸$  بود که یافته‌های مطالعه حاضر با این تحقیق مطابقت نداشت (۱۱). در مطالعه حاضر کیفیت پساب خروجی با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای مطالعه‌های پیشین (داخلی و خارجی) در یک راستا بود. فاضلاب کارخانجات تولید روغن نباتی دارای بار آلی، مواد معلق، روغن و چربی بالا و نیز برخی ترکیبات سمی و آروماتیک می‌باشد که جهت استفاده مجدد پساب برای مصارف مختلف باید حذف و کاهش این پارامترها مورد توجه قرار گیرد (۱۶). از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به مجهز نبودن ایستگاه پایش آنلاین



محیط زیست جهت مصرف برای آبیاری مطابقت داشت، اما جهت جلوگیری از آلودگیهای زیست محیطی درخصوص استفاده مجدد از پساب برای مصارف مختلف، در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد ایستگاه پایش آنلاین مجهز به اندازه‌گیری بقیه پارامترها گردیده و علاوه بر کیفیت شیمیایی، کیفیت میکروبی پساب (کلیرمها و کلیرمهای مدفوعی) و همچنین میزان پارامترهای روغن و چربی، فلزات سنگین، ترکیبات سمی و مواد مغذی آلی و معدنی نیز مورد بررسی قرار گیرد. درخصوص کنترل و کاهش بار آلودگی تصفیه‌خانه راهبری فرایندهای تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی نیز حائز اهمیت می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست (HSE) دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال می‌باشد که با حمایت آن دانشگاه محترم اجرا شد. بدین‌وسیله از تمام افرادی که ما را در انجام این مطالعه یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

### Reference:

- Ding KG. Wastewater treatment and reuse-The future source of water supply. Encyclopedia of Sustainable Technologies. 2017 Jul 28.
- Asano T, Levine AD. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present, and future. Water science and technology. 1996 May 1;33(10-11):1-4.
- Melidis P, Vaiopoulou E, Aivasidis A. Development and implementation of microbial sensors for efficient process control in wastewater treatment plants. Bioprocess and biosystems engineering. 2008 Apr 1;31(3):277-82.
- Emamjomeh MM, Mozaffari Siboni A, Seyedmousavi E. Comparing quality of the wastewater treatment plant effluent in Lia industrial zone (Qazvin) with Iranian environmental protection standards (2015). the journal of qazvin university of medical sciences. 2016;20(5):60-6.( Persian).
- Alran's Environmental Protection Agency, Standard for the Reuse of Wastewater, 1372.( Persian)
- US EPA. Guidelines for water reuse. Municipal Support Division Office of Wastewater Management Office of Water Washington DC. 2004:1-28.
- WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Grey water Wastewater use in Agriculture. 2006.
- Cristóvão RO, Botelho CM, Martins RJ, Loureiro JM, Boaventura RA. Fish canning industry wastewater treatment for water reuse—a case study. Journal of Cleaner Production. 2015 Jan 15;87:603-12.
- Petala M, Tsiridis V, Samaras P, Zouboulis A, Sakellariopoulos GP. Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents. Desalination. 2006 Aug 5;195(1-3):109-18
- Hamoda MF, Al-Ghusain I, Al-Mutairi NZ. Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse. Desalination. 2004 Apr 15;164(3):203-11.
- Alemu T, Mekonnen A, Leta S. Integrated tannery wastewater treatment for effluent reuse for irrigation: Encouraging water efficiency and sustainable development in developing countries. Journal of Water Process Engineering. 2017 Nov 3.
- Bourgeois W, Burgess JE, Stuetz RM. On-line monitoring of wastewater quality: a review. Journal of chemical technology and biotechnology. 2001 Apr 1;76(4):337-48.
- Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD. Wastewater engineering, treatment and reuse. 4th ed. New York: McGraw Hill; 2003..
- 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

- Oct 15;1(3):67-75.( Persian).
15. Nasser S, Sadeghi T, Vaezi F, Naddafi K. Quality of Ardabil wastewater treatment plant effluent for reuse in agriculture. Journal of Health. 2012 Oct 15;3(3):73-80.( Persian).
16. Keramati H, Parvaresh AR, Attar HM. Survey of dissolved air flotation (DAF) system efficiency for reduce of pollution of. (Persian).

Archive of SID

## MAGNESIUM OXIDE NANOPARTICLES EFFICIENCY IN PHENOL REMOVAL

## Investigation of magnesium oxide nanoparticles Efficiency in PHenol removal from aquatic solution

**Hossein Kamani**

Associated Prof., Dept. of Environmental Health, Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Sciences Zahedan, Zahedan, Iran

**Ayat hossein panahi**

\* MSc in Environmental Health, Student Research Committee, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Zahedan, Iran (Corresponding Author).  
E-mail: ayatpanahi@yahoo.com

**mohamad havangi**

MSc in Environmental Health, Student Research Committee, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Zahedan, Iran

ReCeived: 2018/01/05

AcCepted: 2018/03/18

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** PHenol is one of most common organic pollutants in aqueous environments. PHenol presence in the environment can make some health problems such as carcinogenesis, abnormality of heartbeat, etc for humans and poisonous problems for other organisms. Therefore, this pollutant must be removed from polluted effluents to prevent water pollution. Using nanoparticles in adsorption processes is considered as an effective method for contaminants removal. The aim of this study was to investigate the efficiency of magnesium oxide nanoparticles in pHenol removal from aqueous solutions.

**Materials and Methods:** In this research, nanoparticles of magnesium oxide were used with size of 43 nm. After the preparation of pHenol stock solution, effects of pH (3- 5- 7- 9- 11), contact time (10, 30, 60, 90, and 120 min), MgO dosage (20, 40, 60, 80 and 100 mg/L) and initial concentration of pHenol (25, 50, 75 and 100 mg/L) were investigated.

**Results:** Results indicated that the removal efficiency increased with increasing pH, contact time, MgO dosage to a certain range and decreasing initial concentration. Such that the maximum efficiency was equal to 81% in the pH of about 11, initial concentration of 50 mg/L, MgO dosage of 80 mg/L and contact time of 60 min. It was found that adsorption kinetics and equilibrium data follow a pseudo-second-order kinetics model and a Langmuir isotherm model respectively.

**Conclusion:** This study showed that the magnesium oxide nanoparticles have the ability to remove the pHenol and can be used effectively in removing pHenol from aqueous solution

**Document Type:** Research article

**Keyword:** Adsorption, PHenol, Nano practical MgO, Aqueous solution

► **Citation:** Kamani H, Panahi H, Havangi M. Efficiency magnesium oxide nanoparticles in PHenol removal from aquatic solution. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2018;3 (4) : 267-275.

## بررسی کارایی نانوذرات اکسید منیزیم در حذف فنل از محیط‌های آبی

### چکیده

**زمینه و هدف:** فنل، یکی از رایج‌ترین آلاینده‌های آلی در محیط‌های آبی است. حضور فنل در محیط باعث مشکلات بهداشتی چون سرطان‌زایی، ضربان نامنظم قلب و ... در انسان و سایر موجودات می‌شوند. در نتیجه باید نسبت به حذف آن اقداماتی انجام شود. فرآیند جذب توسط نانوذرات، یکی از روش‌های مؤثر در حذف آلاینده‌هاست. مطالعه حاضر با هدف بررسی کارایی نانوذرات اکسید منیزیم در حذف فنل از محلول‌های آبی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش از نانوذرات اکسید منیزیم با اندازه ۴۳ nm استفاده شد. پس از تهیه محلول استوک فنل، اثر پارامترهای pH (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱)، زمان تماس (۱۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰)، دوز جذب (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰) و غلظت اولیه (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) فنل مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که با افزایش pH، زمان تماس و دوز جذب تا یک محدوده خاص و کاهش غلظت اولیه، راندمان حذف افزایش یافت؛ به طوری که در pH حدود ۱۱، غلظت اولیه ۵۰ mg/L، دوز جذب ۸۰ mg/L و زمان تماس ۶۰ min راندمانی برابر ۸۱ درصد داشت. داده‌های جذب فنل بر نانوذرات اکسید منیزیم از ایزوترم Langmuir و سینتیک pseudo-second order پیروی می‌کنند. **نتیجه‌گیری:** نانوذرات اکسید منیزیم قابلیت تقریباً بالایی در حذف فنل دارد و می‌توان از آن به‌عنوان جاذب در حذف فنل از محیط‌های آبی حاوی فنل استفاده کرد.

**نوع مقاله:** مقاله پژوهشی

**کلیدواژه‌ها:** جذب، فنل، محیط‌های آبی، نانوذرات اکسید منیزیم

حسین کمانی

استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

آیت حسین پناهی

\* کارشناس ارشد بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

ایمیل نویسنده مسئول:

ayatpanahi@yahoo.com

سمیه طالبی

کارشناس ارشد بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

محمد هاونگی

کارشناس ارشد بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۷

◀ **استناد:** کمانی ح، حسین پناهی آ، طالبی س، هاونگی م. بررسی کارایی نانوذرات اکسید منیزیم در حذف فنل از محیط‌های آبی. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۳۹۶؛ ۳(۴): ۲۶۷-۲۷۵.

امروزه آلودگی منابع آب با انواع آلاینده‌های آلی و غیر آلی، مهم‌ترین مسئله و عامل نگرانی مسئولین امور تصفیه آب می‌باشد (۱ و ۲). در بین آلاینده‌های آلی، فنل و مشتقات آن متداول‌ترین آلاینده‌هایی بوده که وجود آنها در غلظت‌های کم باعث عدم استفاده از منابع آبی می‌شود (۳). فنل با فرمول شیمیایی  $C_6H_6O$  یک هیدروکربن آروماتیک از مشتقات بنزن بوده و به‌طور سالانه حدود ۶ میلیون تن در سراسر جهان تولید می‌شود (۴). این ترکیب حلالیت بالایی در آب داشته و سمی بوده و از طریق پساب صنایع نظیر کارخانجات رزین‌سازی، پتروشیمی، پالایشگاه‌های نفت، پلاستیک، چرم‌سازی، داروسازی، صنعت فولاد و آفت‌کش‌ها وارد محیط می‌شوند (۵ و ۶). فنل به‌صورت مصنوعی در اثر حرارت دادن سولفات بنزن سدیمی آب‌دار و به صورت طبیعی از قطران زغال‌سنگ و تقطیر بنزین تولید می‌شود (۷). اثرات بهداشتی در اثر مواجهه با فنل به مدت زمان تماس و میزان جذب شده بستگی دارد که این اثرات از تحریک، سوزش و سوختگی‌های پوستی شروع شده و تا مسمومیت‌های سیستماتیک همراه با کاهش فشارخون، افزایش ضربان قلب و کما متغیر است (۸). همچنین فنل موجود در منابع آبی می‌تواند سبب شکل‌گیری ترکیبات جانبی فرآیندهای گندزدایی و اکسیداسیون شود (۴). فنل و ترکیبات آن به علت تجزیه‌پذیری کم بیولوژیکی و سمیت بالا، می‌تواند باعث تخریب پروتئین بافت‌ها، از کار افتادگی سیستم اعصاب مرکزی، آسیب به کلیه، کبد و پانکراس شود (۹ و ۱۰). آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) حد مجاز تخلیه پساب‌های حاوی فنل را  $1 \text{ mg/L}$  توصیه کرده است (۱۱). سازمان جهانی بهداشت نیز حد مجاز فنل را در آب آشامیدنی را  $0.01 \text{ mg/L}$  تعیین کرده است (۱۲).

بنابراین به منظور حفظ و کنترل سلامت انسان و محیط در مقابل اثرات مضر فنل، لازم است فاضلاب‌های حاوی این ترکیبات قبل از تخلیه به محیط تصفیه شوند (۱۳). از روش‌های مورد استفاده برای حذف ترکیبات آلی می‌توان به فرآیندهای

بیولوژیکی، اکسیداسیون شیمیایی و روش‌های فیزیکی اشاره کرد. در روش‌های بیولوژیکی به علت حلقه‌های پایدار بنزنی و سمیت این ترکیبات، معمولاً راندمان حذف ۲۰-۱۰ می‌باشد. روش‌های اکسیداسیون شیمیایی با ایجاد رادیکال‌های آزاد هیدروکسید باعث تخریب آلاینده می‌شود، اما این روش‌ها پرهزینه هستند. فرآیند جذب که یک روش فیزیکی بوده، دارای مزایایی چون هزینه اولیه کم، استفاده مجدد جاذب، غیر حساس بودن به ترکیبات سمی و عدم تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌باشد (۱۴ و ۱۵). از میان جاذب‌ها، کربن فعال رایج‌ترین نوع جاذب بوده، اما معایب اصلی آن هزینه بالای تصفیه و تولید آن است (۱۶ و ۱۷). امروزه محققان بر استفاده از جاذب‌های ارزان با ظرفیت جذب بالاتر تمرکز کردند و اخیراً بیشترین توجهات بر نانوتکنولوژی بوده، چون ذرات نانو به دلیل داشتن اندازه کوچک، سطح مقطع زیاد، نظم شبکه‌ای منحصر به فرد و واکنش‌پذیری زیاد، برای حذف و کاهش آلاینده‌ها استفاده می‌شوند (۱۸ و ۱۹). نانوذرات اکسید منیزیم، یکی از مرغوب‌ترین نانوذرات بوده که به‌عنوان جاذب برای جذب آلاینده‌های آلی و معدنی استفاده می‌شود (۲۰ و ۲۱). این نانوذرات دارای خاصیت قلیایی بوده و با داشتن اندازه کریستال‌های ریز، واکنش‌پذیری سطحی و ظرفیت جذب بالا، سهولت و هزینه پایین در تولید این مواد معدنی که به وفور یافت می‌شوند، مساحت سطح بالای نانوذرات و وجود سایت‌های فعال به‌طور گسترده جهت فرآیند جذب مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۲، ۲۳)، لذا در این پژوهش از نانوذرات اکسید منیزیم به‌عنوان جاذب جهت حذف فنل استفاده شد و اثر پارامترهای مختلف مانند pH، دوز جاذب، غلظت اولیه فنل و زمان تماس مورد آزمایش قرار گرفت.

### روش کار

این مطالعه تجربی-آزمایشگاهی بوده و به صورت ناپیوسته انجام گرفت. به منظور انجام آزمایشات، ابتدا محلول ذخیره با غلظت  $1000 \text{ mg/L}$  فنل تهیه شد و از این محلول برای ساخت

میزان باقی مانده فنل اندازه گیری شد و با توجه به راندمان حذف بهینه، دوز جاذب نیز به دست آمد و به همین شیوه، بهینه تمام پارامترها به دست آمد.

در تمام مراحل ظرفیت جذب با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$v = qt \frac{(c_0 - ct)}{w} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه  $qt$  مقدار ماده جذب شده به ازای واحد جرم جاذب در هر زمان  $(mg/g)$ ،  $c_0$  غلظت اولیه فنل  $(mg/L)$ ،  $ct$  غلظت فنل در محلول بعد از جذب در زمان  $t$   $(mg/L)$  حجم محلول  $(L)$  و  $w$  جرم جاذب  $(g)$  است.

### تعیین ایزوترم جذب:

برای تعیین ارتباط بین مقدار فنل جذب شده و غلظت تعادلی آن در محلول از مدل های ایزوترم جذب لانگمویر و فروندلیچ استفاده شد. جهت این کار مقدار مشخصی از محلول فنل با غلظت های مختلف  $(۲۰ تا ۱۰۰ mg/L)$ ،  $pH$  اولیه ۱۱ در تماس با  $mg/L$  ۸۰ جاذب قرار داده شد و در نهایت پس از گذشت زمان تماس، غلظت فنل سنجیده شد و معادلات خطی این مدل ها به صورت زیر است.

رابطه ۲

$$\text{مدل لانگمویر} = \frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_{max}} \left( \frac{1}{KL} + \frac{1}{q_{max}} \right) \left( \frac{1}{C_e} \right)$$

رابطه ۳

$$\text{مدل فروندلیچ} = \log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

در این معادلات  $q_e$  مقدار ماده جذب شده به ازای واحد جرم جاذب در شرایط تعادل  $(mg/g)$ ،  $C_e$  غلظت تعادلی ماده حل شدنی در محلول بعد از جذب  $(mg/L)$ ،  $q_{max}$  حداکثر ظرفیت جذب  $(mg/g)$  و  $KL$  ثابت لانگمویر  $(mg/L)$  بوده که از رسم مقادیر  $1/C_e$  در مقابل مقادیر  $1/q_e$  به دست می آید.  $K_f$  و  $1/n$  نیز ثابت های فروندلیچ بوده که از رسم مقادیر  $\log q_e$  در مقابل مقادیر  $\log C_e$  حاصل می شود.

غلظت های مورد نیاز استفاده شد. برای تنظیم  $pH$  از  $pH$  متر مدل MTT ۶۵، اسید سولفوریک و سدیم هیدروکسید استفاده شد. جهت سنجش غلظت باقی مانده فنل از معرف های فروسیانید پتاسیم و ۴-آمینوآنتی پیرین و دستگاه اسپکتروفتومتر LUV-۱۰۰ در طول موج  $500 nm$  استفاده شد. در این پژوهش نانوذرات اکسید منیزیم از شرکت سیگما آلدیج و بقیه مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه شد. جهت بررسی مشخصات جاذب، مقداری از این نانوذرات برای آنالیز XRD و SEM استفاده شد. در این مطالعه اثر  $pH$  (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱)، دوز جاذب (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و  $100 mg/L$ )، غلظت اولیه فنل (۲۵، ۵۰، ۷۵ و  $mg/L$  ۱۰۰)، زمان تماس (۱۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و  $120 min$ ) و دمای واکنش (۲۰، ۲۵، ۳۰ و  $35^\circ C$ ) بر فرآیند جذب سطحی فنل با نانوذرات اکسید منیزیم مطالعه شد.

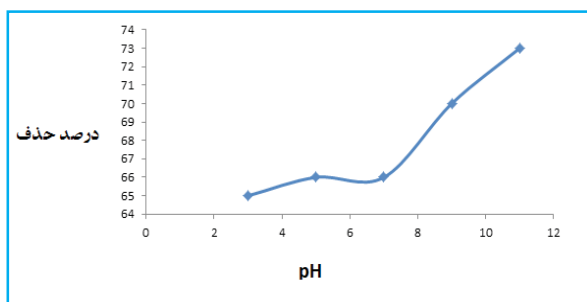
### روش

بخش اصلی آزمایشات با ثابت نگه داشتن عوامل مختلف و تغییر یک عامل و بررسی اثر تغییرات انجام شده بر کارایی سیستم مورد مطالعه قرار گرفت. ابتدا نقش متغیر  $pH$  مورد بررسی قرار گرفت؛ به این صورت که ۵ نمونه فنل با حجم های  $100 cc$  و غلظت های اولیه یکسان  $50 mg/L$  تهیه شد، سپس  $pH$  نمونه ها روی ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ تنظیم و به هر کدام از نمونه ها مقدار مشخص جاذب ( $60 mg/L$ ) اضافه شد و نمونه ها روی شیکر با دور مشخص ۲۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت بعد از طی زمان تماس  $60 min$  نمونه ها را برداشته و با استفاده از فرآیند صاف سازی توسط فیلترهای سرنگی PTFE (Poly tetra fluoro ethylene)، نانوذرات اکسید منیزیم موجود در نمونه جداسازی شد و این نمونه ها جهت سنجش مقدار فنل باقی مانده مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت، آن مقدار  $pH$  که بیشترین مقدار حذف فنل را داشت، به عنوان  $pH$  بهینه انتخاب شد. در مرحله بعد  $pH$  بهینه به دست آمده، دوز جاذب ( $20$ ،  $40$ ،  $60$ ،  $80$  و  $100$ ) متغیر بوده و پارامترهای دیگر ثابت قرار گرفت. بعد از گذشت زمان مورد نظر،



## تأثیر pH بر حذف فنل:

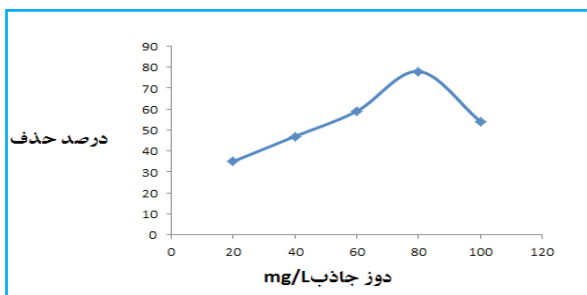
نمودار ۱ تغییرات pH را بر راندمان حذف فنل توسط نانوذرات اکسید منیزیم در زمان تماس ۶۰ min، غلظت اولیه ۵۰ mg/L و دوز جاذب برابر ۰/۰۶ mg/L نشان می‌دهد. بررسی این نمودار نشان داد که با افزایش pH از مقدار ۹ به بالا، راندمان حذف فنل بالا رفت؛ به طوری که در pH برابر ۱۱، به مقدار ۷۳ درصد رسید و از طرف دیگر با کاهش pH از مقدار ۹ به پایین، راندمان کمتر شد.



نمودار ۱. اثر pH بر راندمان حذف فنل (زمان تماس ۶۰ min، دوز جاذب ۰/۰۶ mg/L، غلظت اولیه ۵۰ mg/L)

## تأثیر دوز جاذب بر حذف فنل:

نمودار ۲ تغییرات دوز جاذب را بر راندمان حذف فنل توسط نانوذرات اکسید منیزیم در زمان تماس ۶۰ min، مقدار pH برابر ۱۱ و غلظت اولیه ۵۰ mg/L نشان می‌دهد. تحلیل این نمودار نشان داد که با افزایش دوز جاذب از ۲۰ mg/L به مقدار ۸۰ mg/L، ظرفیت جذب و به تبع آن راندمان افزایش یافت، اما برخلاف تصور، با افزایش دوز جاذب از مقدار ۸۰ mg/L به مقدار ۱۰۰ mg/L، راندمان حذف فنل کاهش یافت.

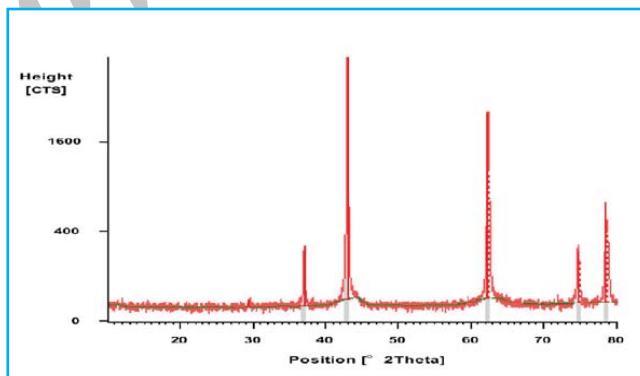


نمودار ۲. اثر دوز جاذب بر راندمان حذف فنل (pH برابر ۱۱، زمان تماس ۶۰ min، غلظت اولیه ۵۰ mg/L)

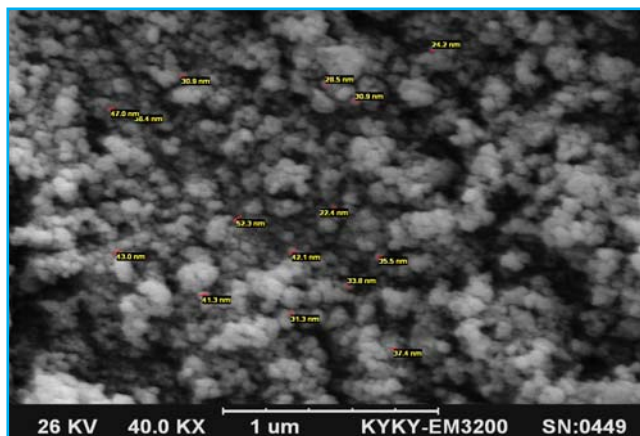
## یافته‌ها

## خصوصیات جاذب:

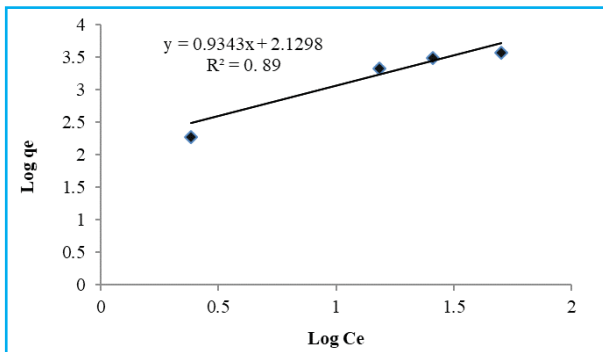
شکل ۱ الگوی XRD این نانوذرات را نشان می‌دهد. تصاویر XRD به دست آمده از سطح نانوذرات اکسید منیزیم و پیک‌های تند مشاهده شده در زوایای  $2\theta$  در محدوده ۴۴ و ۶۲، نشان‌دهنده تشکیل کریستال‌های خوب در حین تشکیل نانوذرات و همچنین نشان‌دهنده اندازه کریستالیت خیلی ریز در نانوذرات تولید شده است. این الگو با نتایج سایر محققین مطابقت داشت. شکل ۲ نیز آنالیز SEM را برای نانوذرات اکسید منیزیم نشان می‌دهد که مطابق این آنالیز مشخص شد نانوذرات اکسید منیزیم به صورت یک شبکه لانه زنبوری با ساختارهای مکعبی شکل متراکم شده و تخلخل بالا بوده است و همچنین بیانگر اندازه نانومتری ذرات تشکیل شده است.



شکل ۱. الگوی XRD نانوذرات اکسید منیزیم



شکل ۲. آنالیز SEM نانوذرات اکسید منیزیم



نمودار ۵. ایزوترم جذب فروندلیچ

جدول ۱. پارامترهای ایزوترم جذب فنل توسط نانوذرات اکسید منیزیم

R2	توصیف مدل‌های ایزوترمی		ایزوترم‌های جذب
	مقدار ثابت‌های ایزوترمی	ثابت‌های ایزوترمی	
۰/۹۲	۰/۰۲۵۷	KL	مدل لانگمویر
	۱۳/۷۴	qmax	
۰/۸۹	۲/۲۷	Kf	مدل فروندلیچ
	۰/۴۹	$\frac{1}{n}$	

جدول ۲. پارامترهای سینتیک جذب فنل توسط نانوذرات اکسید منیزیم

غلظت اولیه $q_e \text{ exp}$						
سینتیک درجه دوم کاذب		سینتیک درجه اول کاذب		(mg/L)		
R2	K1(min-1)	mg/g	R2	mg/g	K1(min-1)	(mg/g)
۰/۹۶	۰/۵۲۱	۹/۲۱	۰/۸۱	۰/۰۸۹	۳/۳۷	۹/۱۱
۰/۹۸	۰/۱۶۵	۱۰/۸۶	۰/۹۰	۰/۱۱۳	۶/۸۱	۱۰/۶۷
۰/۹۹	۰/۰۶۲	۱۴/۷۹	۰/۹۳	۰/۰۶۸	۹/۷	۱۴/۳۹
۰/۹۸۹	۰/۰۳۵	۱۹/۴۵	۰/۹۱	۰/۰۸۴	۱۳/۱	۱۸/۸

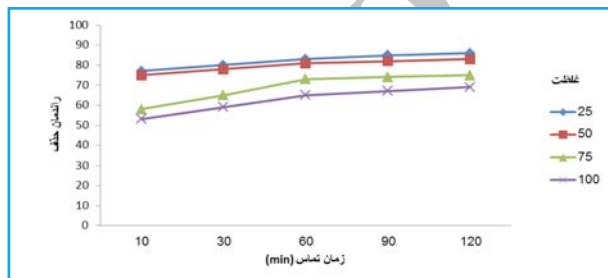
بحث

اثر pH بر فرآیند جذب:

یکی از پارامترهای مؤثر بر بار سطحی جاذب و یونیزاسیون آلاینده‌ها، pH محیط است. در pH بین ۷-۳، تغییر قابل توجهی در راندمان وجود ندارد، اما با افزایش pH از ۹ تا ۱۱، درصد حذف فنل افزایش می‌یابد. این فرآیند به این صورت توجیه می‌شود که

تأثیر غلظت اولیه و زمان تماس بر حذف فنل:

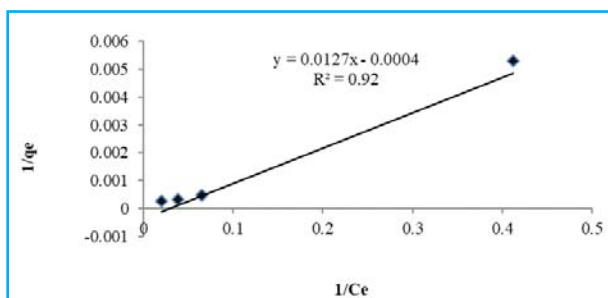
نمودار ۳ تغییرات غلظت اولیه و زمان تماس را بر میزان حذف فنل توسط نانوذرات اکسید منیزیم در pH برابر ۱۱ و دوز جاذب به مقدار ۶۰ mg/L نشان می‌دهد. بررسی این نمودار نشان داد که با افزایش میزان غلظت اولیه فنل، ظرفیت جذب افزایش و راندمان حذف کاهش یافت، از طرفی با افزایش زمان تماس، میزان جذب فنل بیشتر شد و تقریباً در زمان ۶۰ min، به تعادل رسید.



نمودار ۳. اثر زمان تماس و غلظت اولیه بر حذف فنل (pH برابر ۱۱، دوز جاذب برابر ۸۰ mg/L)

ایزوترم‌های جذب و سینتیک واکنش:

در نمودارهای ۴ و ۵، ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیچ برای حذف فنل توسط نانوذرات اکسید منیزیم نشان داده شده است، همچنین مقدار پارامترهای ایزوترمی در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) این مدل‌ها نشان می‌دهد که جذب فنل بر روی نانوذرات اکسید منیزیم از مدل لانگمویر پیروی می‌کند. در جدول ۲ نیز مقادیر پارامترهای سینتیک واکنش ارائه شده است و نتایج حاصله نشان می‌دهد که جذب فنل بر روی نانوذرات اکسید منیزیم از سینتیک درجه دوم کاذب پیروی می‌کند.



نمودار ۴. ایزوترم جذب لانگمویر

واحد جرم جاذب شده است (۲۴). از طرفی دیگر بر اساس مطالعه Manshori و همکاران در سال ۲۰۱۲ این کاهش راندمان حذف در مقادیر بالای دوز جاذب می‌تواند مربوط به کمبود غلظت فنل در این شرایط باشد (۲۵).

#### اثر زمان تماس و غلظت اولیه:

مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش زمان تماس، راندمان حذف فنل افزایش می‌یابد و حداکثر میزان حذف در ۶۰ min اول به دست آمد که علت این پدیده، وجود فضای خالی در دسترس برای جذب بوده که در ابتدا بسیار بالا بوده و با گذشت زمان، پر شدن مکان‌های خالی باقی‌مانده به علت نیروی دافعه بین مولکول‌های ماده حل شونده بین فاز جامد و محلول مشکل می‌شود. Mohanty و همکاران در سال ۲۰۰۵ که جذب فنل را روی کرین فعال بررسی کردند، گزارش کردند که این جاذب حدود  $20-h$  جهت رسیدن به تعادل نیاز دارد و علت این امر را اینگونه توجیه کردند که پخش و توزیع ماده جذب شونده در میان خلل و فوج‌ها به زمان طولانی نیاز دارد، در حالی که برای نانوذرات اکسید منیزیم اینطور نبوده و فضای جذب قابل دسترس بر روی سطوح خارجی زیاد است (۲۶). Ansari و همکاران در سال ۲۰۱۸ از نانوذرات اکسید منیزیم جهت حذف رنگ متیلن بلو استفاده کردند و مشاهده کردند که این رنگ‌ها سریع بر نانوذرات اکسید منیزیم جذب می‌شود (۲۷).

#### ایزوترم جذب و سینتیک واکنش:

تعیین ایزوترم‌های جذب و سینتیک‌های واکنش، از مهم‌ترین مشخصه‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. در این مطالعه داده‌های ایزوترم جذب نشان داد که جذب فنل بر روی نانوذرات اکسید منیزیم از مدل لانگمویر ( $R^2=0.92$ ) پیروی می‌کند. اغلب مدل‌های سینتیکی برای جذب، مدل‌های درجه یک کاذب و درجه دوم کاذب هستند. سینتیک جذب فنل بر روی نانوذرات اکسید منیزیم به وسیله مدل درجه دوم مناسب‌تر توصیف می‌شود؛ به صورتی که ضرایب همبستگی  $R^2$  برای مدل درجه دوم کاذب بیشتر می‌باشد و همچنین تطابق مناسبی بین ظرفیت جذب

سطح جاذب دارای pHZPC برابر ۱۲/۴ است. pHZPC (نقطه ایزوالکتریک) در واقع مقدار pH بوده که در آن نقطه بار الکتریکی سطح جاذب برابر صفر است و در pH بالاتر از آن، سطح جاذب دارای بار منفی و در مقدار pH پایین‌تر از آن، سطح جاذب دارای بار مثبت می‌شود. از طرف دیگر فنل دارای pKa برابر ۹/۸ است که در این نقطه فنل بدون بار الکتریکی بوده، اما در مقدار pH بالاتر از pKa، فنل به صورت آنیون و در مقدار pH پایین‌تر از pKa، فنل به صورت کاتیون ظاهر می‌شود. بنابراین وقتی pH محلول برابر ۹ است، فنل به صورت مولکولی بوده، اما با افزایش pH تا مقدار ۱۱، فنل تبدیل به یون منفی شده و بار سطح نانوذرات اکسید منیزیم به صورت مثبت ظاهر می‌شود و در نتیجه فنل بر سطح جاذب، جذب می‌شود. اما در pH بالاتر از نقطه pHZPC، راندمان به شدت کاهش می‌یابد، چون سطح جاذب و آلاینده دارای بار همنام شده و همدیگر را دفع می‌کنند. در یک مطالعه از Bazrafshan و همکاران در سال ۲۰۱۳ گزارش کردند که درصد جذب فنل بر روی خاکستر پسته با افزایش pH کاهش می‌یابد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی نداشت که علت این امر به نقطه pHZPC جاذب برمی‌گردد (۲۲، ۲۳).

#### اثر دوز جاذب:

در مطالعه حاضر با افزایش دوز جاذب از مقدار ۲۰ mg/L به مقدار ۸۰ mg/L، راندمان حذف فنل افزایش یافت و این افزایش جذب فنل در میزان جاذب حدود ۸۰ mg/L به تعادل رسید. این افزایش راندمان حذف فنل با افزایش مقدار جاذب، در نتیجه افزایش مساحت سطحی فعال و مؤثر جاذب است، اما با افزایش دوز جاذب از مقدار ۸۰ mg/L به ۱۰۰ mg/L، میزان فنل حذف شده در واحد جرم جاذب کاهش یافت که علت این فرآیند مربوط به غیر اشباع ماندن برخی نقاط فعال جاذب بوده که این عمل را نیز می‌توان با کمبود مقدار فنل در این شرایط توجیه کرد. چنین نتایجی توسط Hashemi و همکاران در سال ۲۰۱۴ نیز تأیید شده است. این محققین گزارش کردند که غیر اشباع ماندن برخی نقاط فعال موجود در سطح جاذب باعث کاهش میزان حذف فنل در

۸۰ و غلظت اولیه ۵۰ mg/L به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که جذب در ۶۰ min به تعادل رسید. با توجه به پتانسیل تقریباً مناسبی که این جاذب در حذف فنل داشته، می‌توان در تصفیه فاضلاب‌های حاوی فنل استفاده کرد، اما برای رسیدن مقدار فنل به زیر استاندارد باید به همراه روش‌های کاربردی دیگر استفاده شود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه علوم پزشکی زاهدان به دلیل حمایت‌های مالی و آزمایشگاهی و همچنین از کارشناسان آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه در انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعادلی محاسباتی (qe cal) مد سینتیک جذب درجه دوم کاذب با ظرفیت جذب به دست آمده از آزمایشات (qe exp) وجود دارد. در چندین مطالعه انجام شده توسط سایر محققان که از جاذب‌هایی چون هسته درخت خرما، زئولیت اصلاح شده به وسیله بیومس و کربن فعال تهیه شده از مواد بیومس جهت حذف فنل استفاده کردند، نتایج نشان داد که جذب فنل بر این جاذب‌ها از مدل لانگمویر و سینتیک درجه دوم کاذب تبعیت می‌کند (۱، ۲۸، ۲۹).

**نتیجه‌گیری:** راندمان جذب فنل با افزایش زمان تماس، کاهش غلظت اولیه و افزایش دوز جاذب افزایش می‌یابد. در این مطالعه حداکثر حذف فنل ۸۱ درصد در pH برابر ۱۱، دوز جاذب mg/L

### ReferenCe:

- Hameed B, Rahman A. Removal of pHenol from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon prepared from biomass material. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;160(2):576-81.
- H Biglary, M Afsharinia, A Sajedy. Removal of pHenol from aqueous solution by using fly ash plant roots persica 2015;1(3):15-25.(persion)
- Suresh S, Srivastava VC, Mishra IM. Adsorptive removal of pHenol from binary aqueous solution with aniline and 4-nitropHenol by granular activated carbon. *Chemical engineering journal*. 2011;171(3):997-1003.
- Lazo-Cannata JC, Nieto-Márquez A, Jacoby A, Paredes-Doig AL, Romero A, Sun-Kou MR, et al. Adsorption of pHenol and nitropHenols by carbon nanospheres: Effect of pH and ionic strength. *SEPARation and purification Technology*. 2011;80(2):217-24.
- Busca G, Berardinelli S, Resini C, Arrighi L. Technologies for the removal of pHenol from fluid streams: a short review of recent developments. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;160(2):265-88.
- Manojlovic D, Ostojic D, Obradovic B, Kuraica M, Krsmanovic V, Puric J. Removal of pHenol and chloropHenols from water by new ozone generator. *Desalination*. 2007;213(1):116-22.
- Ghaneian M, Ghanizadeh G. Application of enzymatic polymerization process for the removal of pHenol from synthetic wastewater. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2009;2(1):46-55.
- Veeresh GS, Kumar P, Mehrotra I. Treatment of pHenol and cresols in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) process: a review. *Water Research*. 2005;39(1):154-70.
- Fierro V, Torné-Fernández V, Montané D, Celzard A. Adsorption of pHenol onto activated carbons having different textural and surface properties. *Microporous and mesoporous materials*. 2008;111(1):276-84.
- Yousef RI, El-Eswed B, Ala'a H. Adsorption characteristics of natural zeolites as solid adsorbents for pHenol removal from aqueous solutions: kinetics, mechanism, and thermodynamics studies. *Chemical Engineering Journal*. 2011;171(3):1143-9.
- Balasubramanian A, Venkatesan S. Removal of pHenolic compounds from aqueous solutions by emulsion liquid membrane containing ionic liquid [BMIM]+[PF 6]- in tributyl phosphate. *Desalination*. 2012;289:27-34.
- Pazoheshfar S. Survey Removal of pHenol from contaminated water using activated carbon and carbon skin almonds and walnuts. *Environmental Science and Technology*. 2009;10(4):219-33.
- Uddin M, Islam M, Abedin M. Adsorption of pHenol from aqueous solution by water hyacinth ash. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2007;2(2):11-7.
- Githinji LJ, Musey MK, Ankumah RO. Evaluation of the fate of ciprofloxacin and amoxicillin in domestic wastewater. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2011;219(1-4):191-201.
- Lin S-H, Juang R-S. Adsorption of pHenol and its derivatives from water using synthetic resins and low-cost natural adsorbents: a review. *Journal of environmental management*. 2009;90(3):1336-49.
- Albanis T, Hela D, Sakellarides T, Danis T. Removal of dyes from aqueous solutions by adsorption on mixtures of fly ash and soil in batch and column techniques. *Global Nest Int J*. 2000;2(3):237-44.

17. Azlan K, Saime WNW, Liew L. Chitosan and chemically modified chitosan beads for acid dyes sorption. *Journal of Environmental Sciences*. 2009;21(3):296-302.
18. Anbia M, Salehi S. Removal of acid dyes from aqueous media by adsorption onto amino-functionalized nanoporous silica SBA-3. *Dyes and Pigments*. 2012;94(1):1-9.
19. Wong Y, Szeto Y, Cheung W, McKay G. Equilibrium studies for acid dye adsorption onto chitosan. *Langmuir*. 2003;19(19):7888-94.
20. Nagappa B, Chandrappa G. Mesoporous nanocrystalline magnesium oxide for environmental remediation. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2007;106(1):212-8.
21. Richards R, Mulukutla RS, Mishakov I, Chesnokov V, Volodin A, Zaikovski V, et al. Nanocrystalline ultra high surface area magnesium oxide as a selective base catalyst. *Scripta Materialia*. 2001;44(8):1663-6.
22. Bazrafshan E, Kord MF, Heidarinezhad F. pHenol removal from aqueous solutions using Pistachio hull ash as a low cost adsorbent. 2013.
23. Ong ST, Lee CK, Zainal Z. Removal of basic and reactive dyes using ethylenediamine modified rice hull. *Bioresource technology*. 2007;98(15):2792-9.
24. Fatemeh Hashemi, Hatam Godini, Ghodratoolah Shams Khoramabadi, Loqman Mansouri. Assessing performance of walnut green hull adsorbent in removal of pHenol from aqueous solutions. 2014;7(2):265-276. (persian)
25. Mohammad Manshoury1: Ahmadreza Yazdanbakhsh: Hasti Daraei: Determination of the optimum parameters of pHenol removal by ostrich feathers and hydrogen peroxide. 2012;23(2):120-6.(persian)
26. Mohanty K, Das D, Biswas M. Adsorption of pHenol from aqueous solutions using activated carbons prepared from *Tectona grandis* sawdust by ZnCl<sub>2</sub> activation. *Chemical Engineering Journal*. 2005;115(1-2):121-31.
27. Reza Ansarian: Hossein Kermanian: Removal of methylene blue dye by sawdust coated with nanoparticles of magnesium oxide. 2017: 13(47). (persian)
28. Ahmed MJ, Theydan SK. Equilibrium isotherms, kinetics and thermodynamics studies of pHenolic compounds adsorption on palm-tree fruit stones. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2012;84:39-45.
29. Asgari G, Hoseinzadeh E, Taghavi M, Jafari J, Sidmohammadi A. Removal of reactive black 5 from aqueous solution using catalytic ozonation process with bone char. 2012: 4(2) :21-30.

Archive