# *Quality Assessment of Wastewater Treatment Plant Effluents for Discharge into the Environment and Reuse*

Mohammad Mahdi Emamjomeh[1],
Kamran Tari[2],
Hamzeh Ali Jamali[3],
Hamid Karyab[3],
Maral Hosseinkhani[4]

[1] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Social Determinant of Health Research Center, Qazvin University of medical Sciences, Qazvin, Iran
[2] MSc Student in Environmental Health Engineering, School of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
[3] Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Qazvin University of medical Sciences, Qazvin, Iran
[4] MSc in Analytical Chemistry, Qazvin Department of Environment, Qazvin, Iran

(Received October 22, 2016 ; Accepted Jan 1, 2017)

## *Abstract*

**Background and purpose:** The aim of this study was to evaluate the quality of wastewater treatment plant effluent in Qazvin (Alvand) industrial area for discharge into the environment and reuse.

**Materials and methods:** The study was conducted over a period of nine months in 2015-2016. Ninety samples of wastewater were collected to determine the concentrations of $BOD_5$, COD, TSS, TC, FC, and heavy metals (lead, cobalt, and Cd). The levels of pollutants were evaluated according to the standards of Iran Environmental Protection Agency for discharge to the environment and reuse.

**Results:** The mean concentration of COD in the effluent during autumn, winter and spring were 145.20±52.66 mg/L, 316.50±279.80 mg/L, and 177.00±124.2mg/L, respectively. The average concentration of $BOD_5$ were found to be 79.40±26.76 mg/L, 154.25±122.86mg/L, and 72.00±13.74 mg/L in autumn, winter, and spring, respectively. The mean values for total coliform and fecal coliform were $6\times10^2$ MPN/100 mL and $6.21\times10^2$ MPN/100 mL, respectively. The average lead and cobalt concentrations were found to be 0.21±0.11 mg/L and 0.004±0.003 mg/L, respectively. The cadmium concentration was reported to be minimal.

**Conclusion:** Current results showed that the wastewater quality conformed with EPA's standards for reuse, but the use of wastewater for agriculture, due to the biological and cumulative effect of some elements, should be done based on health principles.

***Keywords:*** effluent, industrial wastewater treatment plant, reuse, agriculture, irrigation

**J Mazandaran Univ Med Sci 2017; 26 (145): 283-292 (Persian).**

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و ششم شماره ۱۴۵ بهمن سال ۱۳۹۵ (۲۹۲-۲۸۳)

# ارزیابی کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین جهت تخلیه به محیط زیست و استفاده مجدد از آن

محمد مهدی امام جمعه[۱]
کامران تاری[۲]
حمزه علی جمالی[۳]
حمید کاریاب[۴]
مارال حسین خانی[۵]

## چکیده

**سابقه و هدف:** این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین جهت تخلیه به محیط زیست و استفاده از آن انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:** مطالعه در طول یک دوره نه ماهه در طول سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به انجام رسید. ۹۰ نمونه از فاضلاب تصفیه خانه پس از جمع‌آوری، جهت تعیین $BOD_5$، COD، TSS، TC، FC و فلزات سنگین (Pb، Co و Cd) مطابق با روش‌های استاندارد، مورد آنالیز قرار گرفت. مقادیر آلاینده‌ها با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت تخلیه به محیط زیست و استفاده از پساب مقایسه گردید.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت COD در پساب خروجی از تصفیه خانه در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار به ترتیب ۵۲/۶۶ ± ۱۴۵/۲۰، ۲۷۹/۸۰ ± ۳۱۶/۵۰ و ۱۲۴/۲ ± ۱۷۷/۰۰ میلی‌گرم در لیتر و میانگین غلظت $BOD_5$ به ترتیب فصول ذکر شده ۲۶/۷۶ ± ۷۹/۴۰، ۱۲۲/۸۶ ± ۱۵۴/۲۵ و ۱۳/۷۴ ± ۷۲/۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. میانگین کلی فرم کل و مدفوعی به ترتیب در پساب MPN/۱۰۰ $۱۰^۲ \times ۶/۲۱$ و $۱۰^۲ \times ۶$ و هم چنین میانگین غلظت سرب وکبالت به ترتیب ۰/۱۱ ± ۰/۲۱ و ۰/۰۰۳ ± ۰/۰۰۴ میلی‌گرم در لیتر گزارش شدند. غلظت کادمیوم در پساب خروجی بسیار ناچیز بود.

**استنتاج:** اگرچه نتایج نشان داد که کیفیت پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت استفاده از آن مطابقت داشت اما به دلیل آلودگی میکروبی پساب و هم‌چنین خاصیت تجمعی بعضی عناصر، انتخاب محصول و نوع مصرف پساب برای کشاورزی باید منطبق بر اصول بهداشتی باشد.

**واژه های کلیدی:** پساب خروجی، تصفیه خانه فاضلاب صنعتی، استفاده مجدد، آبیاری، کشاورزی

## مقدمه

افزایش جمعیت در ترکیب با صنعتی شدن فرآیندها و فعالیت‌های کشاورزی باعث تولید آلاینده‌های بیش‌تر و در نتیجه افزایش خطر برای محیط طبیعی مانند آب، هوا و خاک را به وجود آورده است(۲،۱). یکی از مشکلاتی که در ارتباط با این مسئله، جهان با آن روبه‌رو شده است، مدیریت فاضلاب‌های تولیدی از صنایع، فعالیت‌های

**مولف مسئول: کامران تاری**– قزوین: دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده بهداشت E-mail: kamerantari@yahoo.com
۱. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۲. دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۴. کارشناس ارشد شیمی تجزیه، اداره کل حفاظت محیط زیست قزوین، قزوین، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۸/۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۵/۸/۳ تاریخ تصویب : ۱۳۹۵/۱۰/۱۲



[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]

کشاورزی، شهری و فعالیت‌های مختلف انسانی می‌باشد(۳). امروزه در بیش‌تر کشورهای در حال توسعه، تصفیه و بازچرخش و استفاده از فاضلاب به عنوان یکی از راه‌کارهای موجود جهت جبران کمبود منابع آبی و هم‌چنین یکی از راه‌های اساسی در جهت مدیریت فاضلاب‌های تولیدی مطرح شده است. به طوری که در کشورهای در حال توسعه مستقر در مناطق خشک و نمیه خشک، کمبود منابع آبی و افزایش تقاضا برای آب شیرین جهت مصارف کشاورزی و صنعتی منجر به استفاده از فاضلاب شده است(۴). این در حالی است که هنوز هم بیش‌تر فاضلاب‌های تولیدی یا به طور کامل تصفیه نمی‌شوند، یا تا حدودی مورد تصفیه قرار می‌گیرند که استانداردهای لازم را برآورده نمی‌کنند(۵). استفاده غیر اصولی از فاضلاب‌های تولیدی در صنایع در مصارف مختلف، به علت علت دارا بودن مواد سمی، فلزات سنگین، آلاینده‌های معدنی و آلی می‌تواند به عنوان یکی از آلاینده‌های خطرناک برای محیط زیست مطرح باشد و به‌طور جدی سلامت بشری را مورد تهدید قرار بدهد(۷،۶). یکی از آلاینده‌های خطرناک در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، فلزات سنگین می‌باشند(۸). فلزات سنگین به علت خاصیت تجمع پذیری زیستی و سمیت بالا با جذب در گیاهان و حیوانات و در نهایت با وارد شدن به زنجیره غذایی انسان‌ها و تجمع در بدن می‌توانند مشکلاتی برای سلامت انسان‌ها ایجاد کند(۱۰،۹). مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین می‌تواند باعث از بین رفتن مواد مغذی در بدن و ایجاد اختلالات رفتاری و فیزیکی مرتبط با سوء تغذیه شود(۱۱). به عنوان مثال، مصرف طولانی مدت مواد غذایی آلوده به سرب باعث آسیب‌های کلیوی، عروقی، اختلال در عملکرد استخوان‌ها و هم‌چنین سرطان‌های دستگاه گوارش فوقانی می‌گردد(۱۲). یکی دیگر از مسائل خطرساز در ارتباط با پساب‌ها، وجود عوامل بیماری‌زا و انتشار آن‌ها در بین کشاورزان، کارگران، جوامع انسانی مجاور و هم چنین مصرف‌کنندگان محصولات تولیدی می‌باشد. در حقیقت فاضلاب‌ها به دلیل دارا بودن میکروب، از مهم‌ترین عوامل انتقال عوامل بیولوژیکی می‌باشند. هم‌چنین نفوذ فاضلاب‌های صنعتی حاوی مواد سمی و شیمیایی به منابع آب زیرزمینی، می‌تواند باعث مخاطرات فراوانی برای مصرف‌کنندگان شود(۱۳). بنابراین با توجه به حجم عظیم فاضلاب تولیدی در صنایع و نیز تقاضا برای استفاده از فاضلاب جهت مصارف مختلف، مدیریت موثر و کارآمد فاضلاب جهت کاهش اثرات زیان بار آن ضروری به نظر می‌رسد(۱۵،۱۴).

ناحیه صنعتی الوند، یک منطقه صنعتی (شهرک صنعتی) در ۱۴ کیلومتری قزوین است که حدود ۴۰۰ واحد صنعتی در آن قرار دارند. این شهرک در محدوده مستقیم شهر الوند در مختصات جغرافیایی "۳، '۴، °۵۰ طول شرقی و "۲۲، '۹، °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند با ظرفیت ۷۰ هزار متر مکعب، به عنوان یکی از بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی ایران در دو مدول ۳۵ هزار متر مکعبی در مساحت ۲۰ هکتاری در فاصله ۴ کیلومتری جنوب شهر صنعتی الوند بنا شده است. در حال حاضر، تصفیه خانه با ظرفیت معمول شبانه روزی ۴۷ هزار تا ۶۸ هزار متر مکعب، فاضلاب صنعتی و شهری را تصفیه می‌کند. فاضلاب واحدهای صنعتی و تجاری و بخشی از فاضلاب‌های شهری و خانگی شهر الوند و بیدستان از طریق شبکه جمع‌آوری فاضلاب به تصفیه‌خانه هدایت و تصفیه می‌شود. پساب خروجی این تصفیه‌خانه در فصول آبیاری جهت استفاده کشاورزان واقع در پایین دست تصفیه خانه قرار می‌گیرد و در فصول دیگر در دشت‌های قزوین رها شده و به سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ می‌کند.

نظر به این که پساب تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین، جهت فعالیت‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدون آن که مطالعه جامع در خصوص بررسی وجود و غلظت آلاینده‌های مختلف انجام شده باشد و با توجه به این که استفاده از پساب‌های آلوده

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]

می‌تواند از جوانب مختلف باعث تاثیر بر روی خاک منطقه، محصولات کشاورزی آبیاری شده با پساب و احتمال آلوده کردن آب‌های سطحی و زیرزمینی شود، این مطالعه با نیل به اهداف زیر که شامل :۱- تعیین غلظت پارامترهای فیزیکوشیمایی و فلزات سنگین در نمونه‌های فاضلاب خام و تصفیه شده، ۲- ارزیابی راندمان تصفیه خانه در حذف فلزات سنگین و مواد آلی، ۳-مقایسه کیفیت پساب خروجی با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست جهت تخلیه به آب‌های سطحی، چاه جاذب و استفاده در کشاورزی، می‌باشد، طراحی شد.

## مواد و روش ها

*جمع آوری نمونه‌ها*

این مطالعه به صورت توصیفی- مقطعی از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین در طول یک دوره نه‌ماهه در پاییز و زمستان ۱۳۹۴ و بهار ۱۳۹۵ به انجام رسید. فاضلاب پس از طی تصفیه مقدماتی که شامل آشغال‌گیر، دانه‌گیری و ته‌نشینی اولیه است، وارد تصفیه ثانویه می‌شود. سیستم بیولوژیکی مورد استفاده در این تصفیه‌خانه، لجن فعال متعارف می‌باشد. شماتیکی از واحدهای مختلف تصفیه‌خانه ناحیه صنعتی الوند قزوین در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است. نمونه‌گیری به صورت لحظه‌ای و با استفاده از ظروف شیشه‌ای قهوه‌ای رنگ با درب‌های تفلونی که قبلاً با اسید نیتریک ($HNO_3$ ۳۰ درصد) و آب مقطر شسته شده بود، از فاضلاب خام قبل از ورود به آشغالگیر (۱ لیتر) و پساب خروجی از کلرزنی (به حجم ۱ لیتر) انجام شد. نمونه‌های گرفته شده جهت تعیین پارامترهای میکروبی به صورت جداگانه با استفاده از ظروف شیشه‌ای درب‌دار استریل‌شده، با افزودن اسید سولفوریک جهت خنثی کردن کلر باقیمانده انجام شد. نمونه‌برداری جهت پارامترهای فیزیکوشیمایی و میکروبی دو هفته یک‌بار و فلزات سنگین به صورت ماهیانه انجام شد. در نتیجه ۹۰ نمونه (۱۸ نمونه برای فلزات سنگین و ۳۶ نمونه برای میکروبی و ۳۶ نمونه برای هر کدام از پارامترهای فیزیکوشیمایی) مورد آزمایش قرار گرفتند.

*روزهای نمونه‌برداری به صورت تصادفی در طول هفته انتخاب شدند*

نمونه‌های گرفته شده تحت شرایط خاص دمایی (نگه‌داری در ۴- درجه سانتی‌گراد) تا مدت آنالیز (۲۴ ساعت) به آزمایشگاه‌های میکروبی و شیمیایی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین و آزمایشگاه سازمان حفاظت محیط زیست استان قزوین منتقل شدند. نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها بر اساس روش‌های ارایه شده در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام شد(۱۶).

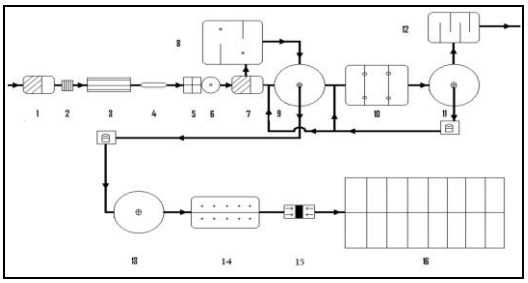
*تجزیه تحلیل نمونه‌ها*

برای تعیین میزان فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی (Varian220 SpectrAA) استفاده شد. اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) با هضم در راکتور با آنالیزور Hack DR 6000، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) با روش مانومتریک با استفاده از اکسیژن‌سنج Oxitop (۱۶) و برای اندازه‌گیری pH از pH متر مدل Metrohm827 استفاده شد. پارامترهای میکروبی کلیفرم کل (TC) و کلیفرم‌های مدفوعی (FC) با استفاده از روش تخمیر چند لوله‌ای (۳ لوله‌ای) با استفاده از جدول MPN تعیین شدند.

*آنالیز آماری*

آنالیز آماری داده‌ها براساس آزمون T-test تک گروهی برای مقایسه مقادیر متغیرها در پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست و آزمون Paired Sample Test با هدف مقایسه غلظت پارامترها در فاضلاب خام و تصفیه شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۱۹ انجام پذیرفت.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]



**تصویر شماره ۱:** نمایی شماتیکی از واحدهای مختلف تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین
۱- تلمبه خانه اولیه، ۲-آشغال‌گیر، ۳- حوض دانه‌گیر، ۴- مجرای تنگ‌گذر، ۶- استخر خنثی سازی، ۷- تلمبه‌خانه ثانویه، ۸- استخر تعادل، ۹- استخر ته‌نشینی نخستین، ۱۰- هوادهی، ۱۱- ته نشینی ثانویه، ۱۲- کلرزنی، ۱۳- تغلیظ لجن، ۱۴- هضم بیهوازی لجن، ۱۵- تاسیسات خشک کن لجن، ۱۶- بسترهای خشک کن لجن

## یافته ها

میانگین نتایج آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمایی فاضلاب خام در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار pH در فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه در طول دوره مطالعه به ترتیب در زمستان و پاییز با مقادیر ۰/۸۴ ± ۷/۴۷ و ۱/۲۸ ± ۸/۶۱ مشاهده شد. این در حالی است که بیش ترین مقدار برای $BOD_5$ و TSS در زمستان و با مقادیر ۳۵۴/۰۵ ± ۱۶۶۵/۵۰ و ۸۴ /۱۷۱۷ ± ۱۷۴۷/۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد. پارامتر COD در مدت مطالعه در فصول مختلف حاوی تغییرات زیادی نبود، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن ۴۰۴/۱۴ ± ۳۳۶۶/۶۷ میلی‌گرم در لیتر در فصل بهار و کم‌ترین مقدار آن در فصل پاییز با میزان ۱۱۶۷/۴۸ ± ۳۲۹۲/۶۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد. میانگین غلظت پارامترهای میکروبی کلیفرم کل و مدفوعی در فاضلاب خام نیز در فصول مختلف $۱/۱\times۱۰^{۳}$ شناسایی شد.

آنالیز نمونه‌های برداشت شده از خروجی تصفیه‌خانه نشان داد که میانگین غلظت COD در فاضلاب تصفیه شده در فصول پاییز، زمستان و بهار به ترتیب ۵۲/۶۶ ± ۱۴۵/۲۰، ۳۱۶/۵۰ ± ۲۷۹/۸۰ و ۱۲۴/۲ ± ۱۷۷ /۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول شماره ۲).

متوسط غلظت فلزات در فاضلاب خام (تصفیه نشده) و تصفیه شده در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. کادمیم (Cd) در فصول مختلف دارای کم‌ترین غلظت در فاضلاب خام و تصفیه شده بود. بیش‌ترین غلظت مربوط به سرب (Pb) بود که در فاضلاب خام در پاییز با میانگین ۰/۲۷ ± ۰/۵۲ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد و کم‌ترین مقدار آن نیز در زمستان با مقدار ۰/۴۴ ± ۰/۴۳ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد (جدول شماره ۳).

**جدول شماره ۱:** مشخصات فاضلاب خام (تصفیه نشده) تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین

| پارامتر | واحد | تعداد نمونه | پاییز | | | زمستان | | | بهار | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | کم ترین | بیش ترین | میانگین | کم ترین | بیش ترین | میانگین | کم ترین | بیش ترین | میانگین |
| pH | – | ۱۸ | ۶/۸۴ | ۹ /۷۱ | ۸/۶۱ ± ۱/۲۸ | ۶/۶۲ | ۸/۵۶ | ۷/۴۷ ± ۰/۸۴ | ۶/۰۶ | ۱۰/۳۶ | ۸/۱۴ ± ۲/۱۵ |
| $BOD_5$ | $mgL^{-1}$ | ۱۸ | ۶۳۵/۰۰ | ۱۴۹۶/۰۰ | ۱۱۹۷/ ۳۷۱±۲۰/۵۰ | ۱۲۴۳/۰۰ | ۲۰۷۵ / ۰۰ | ۱۶۶۵ /۵۰ ± ۳۵۴/۰۵ | ۱۲۴۵/۰۰ | ۱۶۴۴/۰۰ | ۱۴۷۸/۶۷ ± ۲۰۸/۰۹ |
| COD | $mgL^{-1}$ | ۱۸ | ۱۵۷۵/۰۰ | ۴۸۰۰/۰۰ | ۳۲۹۲ /۶۰ ± ۱۱۶۷ /۴۸ | ۲۳۰۰/۰۰ | ۴۱۵۰/۰۰ | ۳۲۹۳/۷۵ ± ۷۸۹/۰۸ | ۳۰۰۰/۰۰ | ۳۸۰۰/۰۰ | ۳۳۶۶/۶۷ ± ۴۰۴/۱۴ |
| TSS | $mgL^{-1}$ | ۱۸ | ۲۰۰/۰۰ | ۳۰۰۰/۰۰ | ۱۱۴۲ /۴۰ ± ۱۱۲۱/۰۲ | ۲۳۸/۰۰ | ۴۱۰۰/۰۰ | ۱۷۴۷/۰۰ ± ۱۷۱۷/۸۴ | ۱۳۹۶/۰۰ | ۱۶۶۸/۰۰ | ۱۵۱۰/۰۰ ± ۱۴۱/۲۴ |
| TC | MPN در ۱۰۰ میلی لیتر | ۱۸ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ |
| FC | MPN در ۱۰۰ میلی لیتر | ۱۸ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ |

**جدول شماره ۲:** مشخصات فاضلاب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین

| پارامتر | واحد | تعداد نمونه | پاییز | | | زمستان | | | بهار | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | کم ترین | بیش ترین | میانگین | کم ترین | بیش ترین | میانگین | کم ترین | بیش ترین | میانگین |
| pH | – | ۱۸ | ۷/۳۰ | ۷/۸۳ | ۷/۵۸ ± ۰/۲۱ | ۷/۲۳ | ۷/۶۲ | ۷/۴۶ ± ۰/۱۷ | ۷/۴۱ | ۷/۷۴ | ۷/۵۶ ± ۰/۱۷ |
| $BOD_5$ | $mgL^{-1}$ | ۱۸ | ۴۸/۰۰ | ۱۰۸/۰۰ | ۷۹/۴۰ ± ۲۶/۷۶ | ۴۱/۰۰ | ۳۲۴/۰۰ | ۱۵۴/۲۵ ± ۱۲۲/۸۶ | ۶۰/۰۰ | ۸۷/۰۰ | ۷۲/۰۰ ± ۱۳/۷۴ |
| COD | $mgL^{-1}$ | ۱۸ | ۹۰/۰۰ | ۲۰۴/۰۰ | ۱۴۵/۲۰ ± ۵۲/۶۶ | ۶۶/۰۰ | ۷۰۰/۰۰ | ۳۱۶/۵۰ ± ۲۷۹/۸۰ | ۹۶/۰۰ | ۳۲۰/۰۰ | ۱۷۷/۰۰ ± ۱۲۴/۲ |
| TSS | $mgL^{-1}$ | ۱۸ | ۱۲/۰۰ | ۱۱۰/۰۰ | ۶۸/۷۵ ± ۴۱/۴۵ | ۱۸/۰۰ | ۲۱۲/۰۰ | ۱۰۶/۲۵ ± ۷۹/۸۶ | ۱۸۰/۰۰ | ۲۳۶/۰۰ | ۲۰۰/۰۰ ± ۳۱/۲۴ |
| TC | MPN/100 mL | ۱۸ | ۳۰ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۳/۷۲\times۱۰^{۲}$ | ۷۵۰ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۹/۸۳\times۱۰^{۲}$ | ۲۱۰ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۵/۹\times۱۰^{۲}$ |
| FC | MPN/100 mL | ۱۸ | ۳۰ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۳/۲\times۱۰^{۲}$ | ۷۵۰ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۹/۸۳\times۱۰^{۲}$ | ۲۱۰ | $۱/۱\times۱۰^{۳}$ | $۵/۹\times۱۰^{۲}$ |

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]

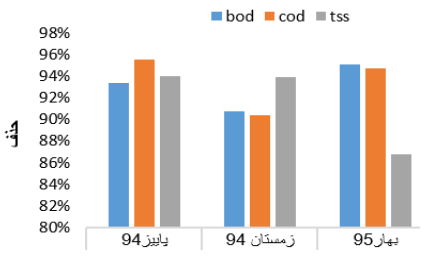
**جدول شماره ۳:** میانگین غلظت فلزات سنگین در فاضلاب خام و تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین *Not Detective

| فاضلاب | فلزات | واحد | تعداد نمونه | پاییز | | | زمستان | | | بهار | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | کم ترین | بیش ترین | انحراف معیار±میانگین | کم ترین | بیش ترین | انحراف معیار±میانگین | کم ترین | بیش ترین | انحراف معیار±میانگین |
| ورودی | Pb | $mgL^{-1}$ | ۹ | ۰/۳۳ | ۰/۷۲ | ۰/۵۲ ± ۰/۲۷ | * ND | ۰/۸۹ | ۰/۴۳ ± ۰/۴۴ | ۰/۳۲ | ۰/۷۷ | ۰/۵۰ ± ۰/۲۴ |
| | Co | $mgL^{-1}$ | ۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۲۳ ± ۰/۰۰۶ | * ND | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۲۲ ± /۰۳۸ | ۰/۰۱ | ۰/۶۴ | ۰/۰۲۸ ± ۰/۰۳ |
| | Cd | $mgL^{-1}$ | ۹ | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND |
| خروجی | Pb | $mgL^{-1}$ | ۹ | ۰/۱۹ | ۰/۲۴ | ۰/۲۲ ± ۰/۰۳۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۳۸ | ۰/۲۱ ± ۰/۱۸ | ۰/۱۰ | ۰/۳۱ | ۰/۱۹ ± ۰/۱۰ |
| | Co | $mgL^{-1}$ | ۹ | ۰/۰۰۳ | ۰ /۰۰۸ | ۰/۰۰۵ ± ۰/۰۰۳ | * ND | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۳ | * ND | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۴ ± ۰/۰۰۴ |
| | Cd | $mgL^{-1}$ | ۹ | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND | * ND |

* شناسایی نشد (Not Detected)

همان طور که در نمودار شماره ۱ قابل مشاهده است بیش‌ترین راندمان در حذف $BOD_5$ در فصل بهار با میزان ۹۵/۱۳ درصد محاسبه شد. این در حالی است که، برای COD و TSS بیش ترین راندمان در فصل پاییز به ترتیب با میزان ۹۵/۵۹ و ۹۳/۹۸ درصد به دست آمد.

مقایسه میانگین غلظت‌فلزات در پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست نشان داد که از لحاظ آماری، تفاوت معنی‌داری بین غلظت این فلزات در پساب با استانداردهای این سازمان وجود دارد ($p < ۰/۰۰۱$) (جدول شماره ۴).




**نمودار شماره ۱:** کارایی حذف $BOD_5$، COD و TSS در تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین

**جدول شماره ۴:** استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست برای دفع فاضلاب‌ها و استفاده مجدد از آن‌ها

| پارامتر | واحد | تخلیه به آب های سطحی | مصارف کشاورزی و آبیاری | تخلیه به چاه جاذب |
|---|---|---|---|---|
| pH | – | ۶/۵-۸/۵ | ۶-۸/۵ | ۵-۹ |
| BOD | میلی گرم در لیتر | ۵۰ | ۱۰۰ | ۵۰ |
| COD | میلی گرم در لیتر | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۱۰۰ |
| TSS | میلی گرم در لیتر | ۴۰ | ۱۰۰ | – |
| TC | MPN در ۱۰۰ میلی لیتر | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ |
| FC | MPN در ۱۰۰ میلی لیتر | ۴۰۰ | ۴۰۰ | ۴۰۰ |
| Pb | میلی گرم در لیتر | ۱ | ۱ | ۱ |
| Co | میلی گرم در لیتر | ۱ | ۱ | ۰/۰۵ |
| Cd | میلی گرم در لیتر | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۰۵ |

## بحث

با توجه به نتایج ارایه شده در جدول شماره ۲، میانگین غلظت پارامترهای مورد مطالعه (به جز کلیفرم مدفوعی) در فصول مورد مطالعه (به جز فصل زمستان) کم‌تر از حداکثر مجاز استاندارد وضع شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران مندرج در جدول شماره ۴ بود. نتایج جدول شماره ۳ نیز نشان داد که غلظت فلزات سنگین (pb، Co و Cd) در پساب تصفیه‌خانه از حداکثر مجاز استاندارد این سازمان کم تر بود، لذا استفاده از پساب برای آبیاری زمین‌های کشاورزی منطقه با توجه به خاصیت تجمعی بعضی عناصر و هم‌چنین آلودگی میکروبی پساب، با مطالعات جامع در خصوص غلظت دیگر آلاینده‌های احتمالی موجود در پساب و بررسی ویژگی‌های خاک منطقه تحت شرایط کنترل شده و در دوره‌های مشخص برای محصولاتی خاص می‌تواند کاربرد داشته باشد.

همان‌طور که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است، افزایش نسبتاً دو برابری در غلظت COD در پساب در فصل زمستان نسبت به دو فصل دیگر وجود دارد که باعث شده است مقدار این متغیر از حدود مجاز استاندارد تجاوز کند. این افزایش به علت انجام عملیات لجن‌روبی در برکه‌های ته نشینی ثانویه در ارتباط با فعالیت‌های مربوط به بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه در دو ماه بهمن و اسفند رخ داده است که باعث افزایش بار آلی و هیدرولیکی، کاهش زمان ماند و کاهش راندمان ته‌نشینی ثانویه و در نتیجه افزایش میزان مواد آلی در پساب خروجی شده است. این افزایش را می‌توان در

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]

میزان $BOD_5$ خروجی و تا حدودی TSS نیز مشاهده کرد. اما به نظر نمی‌رسد محدویتی در خصوص استفاده از پساب در دوره‌ای کوتاه مدت ایجاد کند.

در مطالعه که توسط ناصری و همکاران با هدف استفاده از پساب در کشاورزی در تصفیه خانه فاضلاب اردبیل انجام شده است، به نتایجی مشابه با یافته‌های ما دست یافتند، به طوری که پساب تصفیه خانه اردبیل از لحاظ میکروبی نتوانسته است استانداردهای مورد نظر را برآورده کند. اما غلظت دیگر آلاینده‌ها با حدود مجاز استاندارد مطابقت داشته است(۱۱). از دلایل وقوع این امر می‌توان به وجود هزینه‌های بهره‌برداری در واحد گندزدایی اشاره کرد که باعث عدم بهره‌برداری مناسب از این واحد می‌شود. به‌طوری که در اکثر مطالعات انجام شده در کشور، پساب خروجی از لحاظ میکروبی نتوانسته است استانداردهای لازم را برآورده کند.

در پژوهش دیگری که توسط belhaj و همکاران در بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی در تونس، جهت تخلیه به محیط زیست انجام شده بود، نشان دادند که پساب از لحاظ پارامترهای COD، BOD و TSS توانست استانداردهای مورد نظر جهت استفاده از پساب را برآورده کند(۱۷) که با نتایج به دست آمده در این مطالعه هم سو بود.

نتایج ارایه شده در نمودار شماره ۱ نشان داده است که تصفیه‌خانه، عملکرد مطلوبی در حذف آلاینده‌ها داشته است، به‌طوری که به جزء TSS که در فصل پاییز راندمانی در حدود ۸۶/۷۵ درصد داشت، در تمامی فصول برای کلیه پارامترها راندمانی بیش‌تر از ۹۰ درصد وجود داشت. نتایج به دست آمده در این مطالعه با مطالعه انجام شده در گلستان توسط زرولی و همکاران تطابق داشت(۱۸)، اما با نتایج گزارش شده توسط ندافی و همکاران که در تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی همدان انجام شده بود هم راستا نبود(۱۹). از علل تطابق و عدم تطابق در نتایج را می‌توان به نوع سیستم مورد استفاده برای تصفیه اشاره کرد؛ به‌طوری که در شهرک صنعتی بوعلی همدان جهت تصفیه فاضلاب صنعتی از لاگون‌های هوادهی استفاده شده است، که راندمان کم تری در حذف آلاینده‌ها نشان داده است. به طوری که در مطالعه که در کشور شیلی نیز انجام شده بود، نتایج نشان داده است که لاگون‌های هوادهی، عملکرد پایین‌تری نسبت به سیستم‌های لجن فعال دارند(۲۰).

در جدول شماره ۳، نتایج مربوط به غلظت فلزات در فاضلاب ورودی و خروجی نشان داده است که در این پژوهش در همه اندازه‌گیری‌های انجام شده، معمولاً مقادیر خروجی فلزات نسبت به مقادیر ورودی کم‌تر بود و این تفاوت از لحاظ آماری بین غلظت فلزات در فاضلاب خام و تصفیه شده وجود داشت ($p<۰/۰۵$، $df=۷$ و $t=۲/۷۲$). بنابراین اگرچه به طور اساسی، لجن فعال برای حذف مواد آلی به وسیله میکروارگانیسم‌ها طراحی شده است، اما حذف فلزات سنگین ممکن است از مزایای جانبی این گونه سیستم ها باشد که می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد. این کاهش در میزان فلزات ممکن است به علت حذف فلزات در ته‌نشینی اولیه (جذب بخشی از فلزات بر روی ذرات) و در تصفیه ثانویه (حذف فلزات به وسیله جذب بیولوژیکی) اتفاق افتاده باشد(۲۱). نتایج به‌دست آمده از این مطالعه در مورد کاهش فلزات با مطالعات پیشین هم‌خوانی داشت(۲۳،۲۲). مقایسه نتایج ارایه شده در جدول شماره ۳ در ارتباط با غلظت فلزات در پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران مندرج در جدول شماره ۴، نشان داد غلظت pb، Co و Cd در پساب خروجی غالباً در محدوده استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت استفاده از پساب بوده است. این نشان‌دهنده آن است که امکان کاربرد پساب تحت شرایط خاص و کنترل شده می‌تواند جهت آبیاری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار بگیرد. در مطالعه‌ای که ظفر زاده و همکاران در خصوص کاربرد پساب و لجن تصفیه‌خانه آق قلا بر روی تجمع فلزات سنگین در خاک انجام دادند، گزارش کردند که

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]

استفاده از پساب به تنهایی موجب افزایش معنی‌داری در غلظت عناصر در خاک نشده است(۲۴)؛ اما این نکته باید مورد توجه قرار بگیرد که استفاده از فاضلاب در تجمع فلزات سنگین در خاک به عوامل متعددی چون طول مدت استفاده، نوع بافت خاک و ظرفیت تبادل یونی خاک بستگی دارد که این مورد نیز بسته به مناطق مختلف، می‌تواند متفاوت باشد و باید در استفاده از پساب، مدنظر قرار بگیرد. لذا اگرچه در مطالعه حاضر، غلظت فلزات در پساب کم‌تر از حد استانداردهای مورد نظر بود و در حال حاضر ممکن است استفاده کوتاه مدت مشکلی را برای خاک و مردم منطقه ایجاد نکند، اما مطالعات انجام شده نشان داده است که استفاده طولانی مدت از پساب می‌تواند بر روی مقادیر فلزات سنگین در خاک موثر باشد و باید دوره‌های مورد استفاده و شرایط دیگر مورد توجه قرار بگیرد(۲۵). در مطالعه حاضر، غلظت پارامترهای فیزیکوشیمایی، میکروبی (به غیر از کلیفرم مدفوعی) و فلزات سنگین pb، Co و Cd در پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین از حد استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست جهت استفاده از پساب در آبیاری کم‌تر بود. به طور کلی، احتمالاً استفاده از پساب در آبیاری کشاورزی و فضای سبز با کاهش آلودگی‌های میکروبی پساب و رعایت استانداردهای زیست محیطی کشوری و با مطالعات جامع در خصوص ویژگی‌های خاک منطقه، نوع محصولات مورد کشت و ارزیابی غلظت دیگر آلاینده‌های موجود در فاضلاب صنعتی، تحت شرایط کنترل شده و تحت نظارت سازمان‌های مربوطه طی دوره‌های مشخص می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

## سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان نامه دوره کارشناسی ارشد است که در چارچوب طرح تحقیقاتی مصوب با شماره IR.QUMS.REC.1394.242 معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قزوین و اداره کل حفاظت محیط زیست استان قزوین جهت مساعدت در اجرای این طرح را اعلام می نمایند.

## References

1. Darvishi HH, Manshouri M, Farahani HA. The effect of irrigation by domestic waste water on soil properties. J Soil Sci Environ Manage 2010; 1(2): 30-33.
2. Mandour R, Azab Y. Toxic levels of some heavy metals in drinking groundwater in Dakahlyia Governorate, Egypt in the year 2010. Int J Occup Environ Med 2011; 2(2): 112-117.
3. Akpor O, Muchie B. Environmental and public health implications of wastewater quality. Afr J Biotechnol 2011; 10(13): 2379-2387.
4. Thapliyal A, Vasudevan P, Dastidar M, Tandon M, Mishra S. Irrigation with domestic wastewater: Responses on growth and yield of ladyfinger Abelmoschus esculentus and on soil nutrients. J Environ Biol 2011; 32(5): 645-651.
5. Khalil S, Kakar MK. Agricultural use of untreated wastewater in Pakistan. Asian J Agri Rural Develop 2011; 1: 21-26.
6. Keraita B, Drechsel P, Razak Seidu P, Amerasinghe O, Konradsen F. Harnessing farmers' knowledge and perceptions for health-risk reduction in wastewater-irrigated agriculture. In: Wastewater irrigation and health. Drechsel P, Scott CA, Raschid-Sally L, Redwood M, Bahri A. London, UK: IWMI; 2010. p. 337-354.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]

7. Trinh T, van den Akker B, Coleman HM, Stuetz RM, Drewes JE, Le-Clech P, et al. Seasonal variations in fate and removal of trace organic chemical contaminants while operating a full-scale membrane bioreactor. Sci Total Environ 2016; 550: 176-183.
8. Al-Muzaini S. Industrial wastewater management in Kuwait. Desalination 1998; 115(1): 57-62.
9. Borba C, Guirardello R, Silva E, Veit M, Tavares C. Removal of nickel (II) ions from aqueous solution by biosorption in a fixed bed column: experimental and theoretical breakthrough curves. Biochem Eng J 2006; 30(2): 184-191.
10. Wojnárovits L, Földváry CM, Takács E. Radiation-induced grafting of cellulose for adsorption of hazardous water pollutants: A review. Radiat Phys Chem 2010; 79(8): 848-862.
11. Nasseri S, Sadeghi T, Vaezi F, Naddafi K. Quality of Ardabil Wastewater Treatment Plant Effluent for Reuse in Agriculture. Journal of Health. 2012; 3(3): 73-80 (Persian).
12. Chandorkar S, Deota P. Heavy metal content of foods and health risk assessment in the study population of vadodara. Curr World Environ 2013; 8(2): 291-297.
13. Hajjami K, Ennaji M, Fouad S, Oubrim N, Khallayoune K, Cohen N. Assessment of helminths health risk associated with reuse of raw and treated wastewater of the Settat City (Morocco). Resources and Environment 2012; 2(5): 193-201.
14. Rao DG, Senthilkumar R, Byrne JA, Feroz S. Wastewater treatment: advanced processes and technologies. Boca Raton CRC Press; 2012.
15. Tortajada C. Water management in Singapore. Int J Water Resour D 2006; 22(2): 227-240.
16. Clescerl LS, Greenberg AE, Eaton A. Standard methods for the examination of water and and wastewater. 20th ed. Washington Dc: Amer Public Health Assn; 2005.
17. Belhaj D, Ghrab S, Medhioub M, Kallel M. Performance evaluation of an industrial wastewater treatment plant in South-Eastern Tunisia. Desalination Water Treat 2014; 52(10-12): 2174-2179.
18. Zazouli M, Ghahramani E, Ghorbanian AlahAbad M, Nikouie A, Hashemi M. Survey of Activated Sludge Process Performance in Treatment of Agghala Industrial Town Wastewater in Golestan Province in 2007. IJHE 2010; 3(1): 59-66 (Persian).
19. Naddafi K, Vaezi F, Farzadkia M, Kimiaei AR. Study of Aerated Lagoons in Treating Industrial Effluent from Industrial Bou-ali Zone in Hamedan. Water & Wastewater 2005; 16(2): 47-57 (Persian).
20. Vera I, Sáez K, Vidal G. Performance of 14 full-scale sewage treatment plants: Comparison between four aerobic technologies regarding effluent quality, sludge production and energy consumption. Environmental Technology 2013; 34(15): 2267-2275.
21. Grady Jr CL, Daigger GT, Love NG, Filipe CD. Biological wastewater treatment. 3thed. Boca Raton: CRC press; 2011.
22. da Silva Oliveira A, Bocio A, Trevilato TMB, Takayanagui AMM, Domingo JL, Segura-Muñoz SI. Heavy metals in untreated/treated urban effluent and sludge from a biological wastewater treatment plant. Environ Sci Pollut Res Int 2007; 14(7): 483-489.
23. Üstün GE. Occurrence and removal of metals in urban wastewater treatment plants. J Hazard Mater 2009; 172(2): 833-838.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]

24. Zafarzadeh A, Mehdinejad M, Amanidaz N. Accumulation of Heavy Metals in Agricultural Soil Irrigated by Sewage Sludge and Industrial Effluent (Case Study: Agh ghallah Industrial Estate. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 24(121): 217-226 (Persian).

25. Smith C, Hopmans P, Cook F. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. Environ Pollut 1996; 94(3): 317-323.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-25 ]