مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۳۹۸، سال ٦، شماره ٤: ٤١٧-٤٢٩

# بررسی تغییرات زمانی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شیرابه کارخانه کمپوست شهر اصفهان

عیسی سلگی[1*]، آرزو سلیمانی[2]

[1] دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[2] دانشجوی دکتری آلودگی محیط زیست ، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

**تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۸/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۹**

## چکیده

**زمینه و هدف:** شیرابه تولید شده از مواد زاید جامد در محل‌های دفن کنترل نشده می‌تواند اثرات زیادی روی محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها داشته باشد. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات زمانی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شیرابه خروجی از سالن دریافت کارخانه کمپوست شهر اصفهان است.

**موادوروش‌ها:** در پژوهش حاضر نمونه‌ها از شیرابه محل کارخانه کمپوست در شهر اصفهان به مدت ۱۲ ماه در سال ۱۳۹۵ به‌روش استاندارد نمونه‌برداری شد. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مختلف، شامل اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، کل جامدات محلول، کل جامدات معلق، نیترات، ازت کل، فسفر، pH، EC، سدیم، کلسیم، پتاسیم به همراه غلظت ۹ فلز آهن، سرب، نیکل، کروم، کادمیوم، منیزیم، روی، مس و منگنز در شیرابه اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** غلظت پتاسیم، کلسیم، سدیم، سولفات، نیترات، فسفر، ازت کل، TSS، TDS، COD و $BOD_5$ نمونه‌های شیرابه مورد نظر به‌ترتیب در محدوده‌های ۵۲۱٦/۰٤-۲۱۵۰، ۷۰۰۰۰-٦۹۸، ٤٦۰۰-۱۵۳۰، ٤۵٤۷-۱۳۰۲، ۳۹٤٤/۳۰-۱۹۲، ٤۱٤۹-۰، ۷۹۰۰-۷، ۸۷۰۰۰- ۹٦۱٤، ۷۷۸۵۰- ۸۳٦۸، ۱۱٦۸۰۰- ۷۱۲۰۰ و ۷۵۰۰۰- ٤۷۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. pH و EC شیرابه‌های مورد نظر تغییراتی را به‌ترتیب در دامنه‌های ۵/۳۰- ٤/۲۳ و dS/M ٤۹/۷- ۲۱/۳۰ نشان دادند. علاوه‌بر این غلظت فلزات سنگین نظیر آهن، سرب، نیکل، کروم، کادمیوم، منیزیم، روی، مس و منگنز به‌ترتیب در محدوده‌های ۲۲۰-٤۹، ۲۳- ۰/۵۷، ۷/۵- ۰/۵، ۰/۹٤-۰/۱، ۲/۵۰- ۰/۰۳، ۱۰۹۰- ۵٦٦، ۳۹- ۱۲/۵۰، ۹- ۰/۲۸ و ۳۳- ۳/۵۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد.

**نتیجه‌گیری:** مقدار $BOD_5$ و COD به‌ترتیب در ماه‌های فروردین و اسفند که میزان بارندگی بیشتر بوده است، نسبت به سایر ماه‌ها بیشتر بود. همچنین، مقدار TDS در خرداد ماه که میزان بارش صفر بوده است، نسبت به سایر ماه‌ها بیشتر بود. مقایسه میانگین غلظت عناصر (به جز کروم)، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شیرابه با استانداردهای خروجی فاضلاب سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران نشان می‌دهد که غلظت آن‌ها چند برابر حد مجاز است. نتایج حاصل از آنالیز شیرابه نشان داد که شیرابه‌های ناشی از پسماندهای شهری خروجی از خط کارخانه کمپوست شهر اصفهان دارای پتانسیل بالایی برای آلوده‌سازی محیط‌زیست هستند که بایستی مهار شود و به‌صورت مداوم پایش صورت گیرد.

**کلمات کلیدی:** شیرابه، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، فلزات سنگین، کارخانه کمپوست اصفهان.

[*] **نویسنده مسئول:** دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
ایمیل: e.solgi@yahoo.com - تلفن تماس: ۰۸۱-۳۳۳۳۹۸۴۱

## مقدمه

پیشرفت تکنولوژی، باعث توسعه جوامع بشری و نیز بهبود زندگی و در نتیجه افزایش جمعیت شده است که این امر مصرف مواد مختلف را به‌طور فزاینده‌ای افزایش داده است[1,2]. بنابراین همزمان با توسعه اقتصادی و در نتیجه افزایش سریع مواد مصرفی در نهایت باعث ازدیاد پسماند شده که تولید این مواد در سال‌های اخیر بحران‌های - محیط‌زیستی عظیمی را در جوامع بشری به وجود آورده و به- عنوان یکی از چالش‌های عمده پیش روی بشر خودنمایی می- کند. شدت آلودگی محیط‌زیستی حاصل از این مواد و شیرابه آن به‌گونه‌ای است که توجه منابع علمی و اجرایی جهان را جلب کرده است [3,4].

به‌دلیل بالا بودن درصد رطوبت زباله‌های شهری، مقدار زیادی شیرابه در فرآیند تبدیل زباله به کمپوست تولید می‌شود که اگر به‌شیوه‌ای مناسب و صحیح جمع‌آوری نشود می‌تواند مشکلات بهداشتی و محیط‌زیستی ایجاد نماید [5]. شیرابه تولید شده از لندفیل‌های شهری و مکان‌های تولید کمپوست، پساب پیچیده‌ای است که اغلب حاوی آلاینده‌های آلی، آمونیاک، کلراید، جامدات معلق، نمک‌های معدنی، فلزات سنگین و البته باکتری‌ها می‌باشد [6,7].

امروزه روش‌های مختلفی مانند بازیافت، کمپوست و سوزاندن مورد تشویق فراوان می‌باشد ولی حتی سوزاندن حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد، باقیمانده برجا می‌گذارد که در نهایت باید دفن شود. لندفیل‌های بهداشتی اغلب به‌عنوان اقتصادی‌ترین روش از نظر محیط‌زیستی روش قابل قبولی برای دفع مواد زائد شهری می‌باشند. بیش از ۹۵٪ مواد زائد شهری در جهان در لندفیل‌ها دفع می‌شوند، به‌طوری‌که بخش عمده‌ای از برنامه‌های جدید مدیریت پیشرفته مواد زائد جامد به این روش اختصاص یافته است. از بزرگترین معایب دفن بهداشتی زوائد، آثار سوء محیط‌زیستی شیرابه تولیدی حاصل از آن است. مکانیسم‌هایی که باعث انتقال جرم از مواد زائد جامد به فاز مایع می‌شود و در نتیجه شیرابه تولید می‌شود به سه دسته الف) هیدرولیز مواد زائد جامد و تجزیه بیولوژیکی ب) حلالیت نمک‌های محلول موجود در مواد زائد و ج) لایروبی مواد ذره‌ای، تقسیم می‌شود؛ که دو دسته اول بیشترین تأثیر را در کیفیت شیرابه تولیدی از محل دفن دارد [8].

مواد زائد شهری به ویژه در شهرهای بزرگ یکی از معضلات مهم محیط‌زیستی محسوب می‌شوند. این مواد، در صورت عدم برنامه‌ریزی صحیح و یا عدم کاربرد روش‌های مناسب حمل‌ونقل، فرآوری و دفع نهایی می‌توانند سلامت جوامع انسانی و محیط‌زیست را به مخاطره انداخته و معضلات اجتماعی و اقتصادی بسیاری را باعث شوند. یکی از مسائل عمده ناشی از زباله‌های شهری، مدیریت شیرابه‌هایی است که حاوی آلاینده‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است. شیرابه مایعی است که از تجزیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مواد آلی و یا از منابع خارجی مثل زهکش آب‌های سطحی، آب باران، آب‌های زیزمینی که وارد پسماند می‌شوند، بوجود می‌آید که حاوی مواد محلول و معلق از جنس آلی، معدنی و میکروبی می‌باشد[9,10]. ترکیبات شیرابه، نوع پسماند دفن شده و مرحله‌های فیزیکی و شیمیایی رخ داده در مکان دفن پسماند را نشان می‌دهد[10]. Kirkeby و همکاران (۲۰۰۷)[11] و Ziyang و همکاران (۲۰۰۹)[12] بیان داشتند فاکتورهای اصلی برای تعیین میزان آلایندگی شیرابه مکان دفن شهری شامل ۱) اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)، ۲) آمونیوم، ۳) جامدات محلول (DS)، ٤) جامدات معلق (SS)، ٥) ترکیبات آلی خطرناک، ٦) فلزات سنگین و ۷) نمک‌ها می‌باشند.

مطالعات بسیاری در سراسر جهان به بررسی تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و ترکیبات شیرابه لندفیل‌ها و پسماندها پرداخته است[11-21]. به‌عنوان مثال مطالعه Monavari و همکاران (۲۰۱۰) روی آلودگی ناشی از شیرابه در محل دفن پسماندهای شهر رشت نشان داد که تمام پارامترهای مورد

مطالعه (COD، BOD، pH و TP) بیش از حد مجاز سازمان حفاظت محیط‌زیست بوده است [۱۴]. نتایج بررسی Kazemi و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که شیرابه تولید شده از محل کارخانه کمپوست در اصفهان پتانسیل بالایی برای آلوده کردن زمین‌های اطراف و آب‌ها به‌وسیله شیرابه را دارد[۱۵]. Shokooh و همکاران (۲۰۱٤) بررسی کیفیت شیرابه حاصل از محل دفن زباله شهری و کارخانه کمپوست در شهر مشهد را مورد مطالعه قرار دادند و پارامترهای اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، کل جامدات محلول، کل جامدات معلق، نیتروژن نیتراتی، نیتروژن آمونیاکی، فسفات، کلراید و pH به همراه غلظت ده فلز کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، نیکل، سرب و روی در شیرابه را اندازه‌گیری کردند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که شیرابه تولیدی در محل‌های دفن تهران و مشهد و کارخانه کمپوست مشهد مواد آلی بسیار بیشتری نسبت به شیرابه محل‌های دفن در دیگر کشورها دارند. همچنین غلظت فلزات سنگین در شیرابه محل دفن زیرحد استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست بود [۱۶]. همچنین Naveen و همکاران (۲۰۱٦) در پژوهشی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی شیرابه لندفیل زباله‌های شهری را مورد بررسی قرار دادند[۲۰]. احمدی مسعود و درگاهی (۲۰۱۳) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شیرابه محل دفن زباله شهر همدان را مورد بررسی قرار دادند. همچنین در این پژوهش حضور فلزات سنگین سرب، نیکل، مس، کروم، آرسنیک، کادمیوم و روی مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شیرابه‌های ناشی از زباله‌های شهر همدان دارای پتانسیل بسیار بالایی برای آلوده‌سازی محیط‌زیست هستند[۱۷]. Mor و همکاران (۲۰۰٦) مطالعه‌ای تحت عنوان شناسایی شیرابه و ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی در نزدیکی لندفیل‌های پسماندهای جامد شهری را انجام دادند. همچنین در این پژوهش به بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای مختلف فیزیکو-شیمیایی از قبیل فلزات سنگین کادمیوم، کروم، مس، آهن، نیکل، سرب و روی پرداختند[۲۱]. لذا هدف از این پژوهش بررسی تغییرات زمانی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شیرابه خروجی از سالن دریافت کارخانه کمپوست شهر اصفهان است.

در حین جمع‌آوری، انتقال و دفع زباله و همچنین تبدیل زباله به کود کمپوست شیرابه‌ای بوجود می‌آید که حاوی مواد آلاینده گوناگون از جمله فلزات سنگین می‌باشد. این فلزات به‌راحتی در محیط تجزیه نمی‌شوند و می‌توانند در زنجیره غذایی تغلیظ شده و مشکلات فراوانی برای محیط‌زیست و انسان بوجود می‌آورد. یکی از منابع فلزات سنگین موجود در شیرابه‌ی پسماندها ضایعات الکتریکی و الکترونیکی است. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که در رایانه عناصری همچون سرب، آلومینیوم، باریوم، کادمیوم، جیوه، سلنیوم، آرسنیک و سیلیسیوم وجود دارد[۲۲]. رابطه‌ی علمی و معنی‌داری میان سرعت نفوذ رایانه در عرصه‌های مختلف زندگی و سرعت منسوخ شدن رایانه‌ها و متعاقب آن افزایش مواد زاید جامد در طبیعت وجود دارد[۲۳]. دورریز رایانه‌ها در طبیعت به شکل اولیه خود باقی نمی‌مانند و شرایط محیطی و به‌خصوص انسان با شکستن آن‌ها، زمینه را برای ورود عناصر گوناگون سازنده رایانه به محیط‌زیست فراهم می‌کنند[۲٤]. ورود هر کدام از این عناصر آثار سوء جبران‌ناپذیری را بر موجودات زنده و از جمله انسان می‌گذارد. در جدول ۱ به منابع فلزات سنگین در لندفیل اشاره شده است. لذا در این پژوهش نیز به بررسی غلظت فلزات سنگین شیرابه زباله خروجی سالن دریافت کارخانه کمپوست شهر اصفهان پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در این پژوهش کارخانه کمپوست شهر اصفهان واقع در گردنه زینل است.

**جدول ۱:** منابع رایج فلزات سنگین در لندفیل‌های شهری[۱۹]

| | |
|---|---|
| کادمیوم | باتری، ابزارهای الکترونیکی، روکاری‌های ضدخوردندگی. |
| کروم | فرایندهای چرم‌سازی. |
| مس | سلول‌های خورشیدی فتوولتاتیک، مابل‌های الکتریکی، لوله‌سازی. |
| سرب | باتری، رنگ‌سازی. |
| نیکل | ظروف آشپزخانه، باتری، سرامیک، ابزارهای الکترونیکی. |
| روی | لوازم پزشکی، وسایل آرایش، رنگ‌سازی، سلول‌های باتری خشک، قارچ‌کش‌ها، شوینده‌ها. |

کارخانه کمپوست شهرداری اصفهان با بازیافت روزانه بیش از ٦٥٠ تن مواد آلی پسماند شهری تنها تولیدکننده کمپوست استاندارد زباله شهری در کشور است.

## روش مطالعه

در این مطالعه از شیرابه تولید شده در کارخانه کمپوست شهر اصفهان به مدت ۱۲ ماه در سال ۱۳۹۵ به‌روش استاندارد نمونه‌برداری شد[۲۵]. روش نمونه‌برداری به این صورت بود که؛ نمونه‌گیری هر هفته از خروجی شیرابه خط کمپوست شهر اصفهان به صورت مداوم با سه تکرار صورت گرفت. نمونه‌های شیرابه در شرایط بدون اکسیژن به آزمایشگاه منتقل و در دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری شد. پارامترهای اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، کل جامدات محلول، کل جامدات معلق، نیترات، ازت کل، فسفر، pH و EC، سدیم، کلسیم، پتاسیم به همراه غلظت ۹ فلز آهن، سرب، نیکل، کروم، کادمیوم، منیزیم، روی، مس و منگنز در شیرابه اندازه‌گیری شد. میزان pH با pH متر مدل 86552 ساخت کمپانی Az تایوان، EC با EC متر مدل 86503 ساخت کمپانی Az تایوان و درجه حرارت در محل اندازه‌گیری شد. میزان اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی نمونه‌ها به روش رفلاکس (Closed Reflux, Colorometric Method) اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها برای انجام تست BOD به میزان کافی با آب که به‌مدت ٢٤ ساعت هوادهی شده تا اکسیژن محلول آن به حدود mg/l ۹ رقیق گردد. سپس در شیشه‌های مخصوص BOD ریخته و سنسورهای BOD متر روی شیشه‌ها قرار گرفت. شیشه‌ها در انکوباتور مدل Lovibond در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۵ روز قرار داده شد. در نهایت مقدار BOD بعد از ۵ روز اندازه‌گیری شد. کاتیون‌های سدیم و پتاسیم به روش فتومتری و با دستگاه فلیم فتومتر GENWAY انگلیس محاسبه شده‌اند. اندازه‌گیری نیترات به روش اسپکتروفتومتری (4500N)، فسفر به روش اسپکتروفتومتری (روش مولیبدات آمونیوم 4500P-C) انجام شد[۲۵]. فلزات سنگین شامل؛ آهن، سرب، نیکل، کروم، کادمیوم، منیزیم، روی، مس و منگنز به روش جذب اتمی و با دستگاه اتمیک ابزوبشن مدل 932AA ساخت شرکت GBC استرالیا اندازه‌گیری شده‌اند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شده و مقایسه پارامترهای مختلف در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۵ با استفاده از ANOVA و آزمون توکی انجام شد.

## یافته‌ها

میانگین ماهیانه غلظت فاکتورهای مختلف فیزیکی و شیمیایی در نمونه‌های شیرابه کارخانه کمپوست اصفهان به‌همراه استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست برای تخلیه به محیط‌های پذیرنده آب‌های سطحی، چاه جذبی و مصارف آبیاری کشاورزی در جدول ۲ نشان داده شده است.

مقدار pH پایین نمونه‌های شیرابه کارخانه کمپوست نشان‌دهنده تازه بودن نمونه‌های شیرابه می‌باشد. تغییرات مقادیر pH و EC برای دوره‌ی یکساله در شکل ۱ نشان داده شده است. مقدار pH همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، از ٤/٢٣ تا ٥/٣ متغیر است. همچنین میانگین pH، ٤/٦٩ که نشان دهنده خاصیت اسیدی شیرابه در طی دوره گزارش شده است. اسیدی یا قلیائی بودن شیرابه‌ها روی نوع و میزان گازهای تولید شده در آن‌ها تأثیر می‌گذارد. به‌طوری که شرایط اسیدی محیط را برای تولید گازهایی از قبیل $H_2S$ و اسیدهای آلی فرار مساعد می‌سازد. در حالیکه شرایط بازی متصاعد شدن گازهایی از قبیل آمونیاک را تسریع می‌کند. علاوه‌براین، pH از جمله پارامترهایی است که بر میزان حلالیت ترکیبات عناصر فلزی تأثیر می‌گذارد. بسیاری از ترکیبات فلزی در pH قلیائی ترسیب نموده ولی در pH اسیدی به‌صورت محلول در می‌آید. این امر به‌خصوص در بحث آلودگی‌های مربوط به فلزات سنگین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تغییرات pH بیشتر به نوع تجزیه بیولوژیکی پسماند و اثرات رقیق‌سازی وابسته است[٢٧،٢٦]. مقایسه بین میانگین pH در ماه‌های مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان می‌دهد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P< ٠/٠٠١). مقایسه دو به دو میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی نشان می‌دهد که بین ماه‌های اردیبهشت و خرداد، خرداد با سایر ماه‌ها به‌جز فروردین و تیر و دی و بهمن و نیز ماه‌های تیر و مرداد و مهر، و همچنین مرداد و دی و نیز مهر و دی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. حال آنکه بین سایر ماه‌ها اختلاف معنی‌دار دیده نمی‌شود. وجود حداقل یک حرف مشابه در ردیف pH نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داراست (P≤٠/٠٥) (جدول ٢). همچنین نتایج آزمون توکی نشان داد که مقدار pH در خرداد ماه در بیشترین سطح خود قرار داشته و با بقیه ماه‌ها به‌جز فروردین و تیر و دی و بهمن، اختلاف معنادار داشته است.

**جدول ٢:** میانگین ماهیانه فاکتورهای مختلف فیزیکی و شیمیایی در نمونه‌های شیرابه کارخانه کمپوست اصفهان

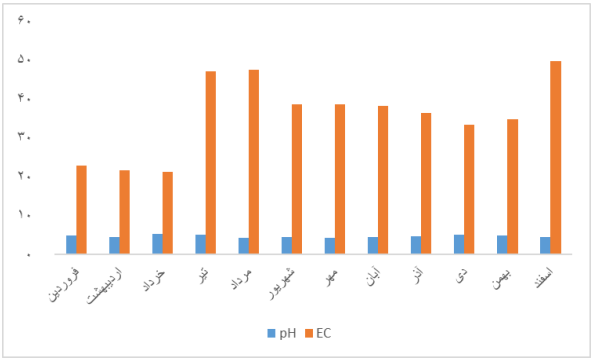
| پارامترها | ماه‌ها | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر |
| EC(dS/M) | ٢٢/٩$^{b}$ | ٢١/ ٦ $^{a}$ | ٢١/٣$^{a}$ | ٤٧/٢$^{g}$ | ٤٧/ ٦ $^{g}$ | ٣٨/٧$^{f}$ | ٣٨/٦ $^{f}$ | ٣٨/٢ $^{f}$ | ٣٦/٤ $^{e}$ |
| pH | ٤/٨٨$^{abc}$ | ٤/٥٢$^{ab}$ | ٥/٣$^{c}$ | ٥/٠٥$^{bc}$ | ٤/٣$^{a}$ | ٤/٤٤$^{ab}$ | ٤/٢٣$^{a}$ | ٤/٥٢$^{ab}$ | ٤/٦٢$^{ab}$ |
| TSS(mg/L) | ٧٧٧٠٠$^{i}$ | ١٧٠٣٠$^{c}$ | ٩٦١٤$^{a}$ | ٨٧٠٠٠$^{j}$ | ٧٣٠٧٢$^{h}$ | ٣٣٥٠٦$^{g}$ | ٣٣٦٠٠$^{g}$ | ٣٣٤٠٠$^{g}$ | ٣١٨٠٠$^{f}$ |
| TDS(mg/L) | ٨٣٦٨$^{a}$ | ٧١٨٧٠$^{i}$ | ٧٧٨٥٠$^{j}$ | ٣٧٨٤٥$^{b}$ | ٤٦٩٥٤$^{d}$ | ٤١٠٦٩$^{c}$ | ٥٥٧٩٨$^{h}$ | ٥٥٤٩٤$^{gh}$ | ٥٥٢١٠$^{g}$ |
| COD(mg/L) | ٩٨٠٤٠$^{g}$ | ٨٨٠٠٠$^{e}$ | ٩٥٠٠٠$^{f}$ | ٩٨٢٠٠$^{g}$ | ٨٢٠٠٠$^{d}$ | ٧٢٨٠٠$^{b}$ | ٧٣٦٠٠$^{c}$ | ٧٣٢٠٠$^{bc}$ | ٧٢٩٠٠$^{b}$ |
| $BOD_5$(mg/L) | ٧٥٠٠٠$^{i}$ | ٦٠٠٠٠$^{d}$ | ٦٣٣٠٠$^{f}$ | ٦٣٥٠٠$^{f}$ | ٦١٠٠٠$^{e}$ | ٤٩٣٥٠$^{c}$ | ٤٨٥٠٠$^{b}$ | ٤٨٢٠٠$^{ab}$ | ٤٨٠٠٠$^{ab}$ |
| ازت کل(mg/L) | ١٠٦٠ | ٢٠٠٢ | ٧ | ٦٤٠٠ | ٢٧٦٠ | ١٤٣٠ | ١٤٤٠ | ١٤٢٥ | ١٤١٠ |
| فسفر(mg/L) | ٣٠٠٠ | ٤١٤٩ | ٢٠٥٠ | ٣٠٧٠ | ٩٦٠ | – | ٣٩٤٠ | ٣٩١٠ | ٣٨٠٠ |
| نیترات(mg/L) | ٣١٤١/٢٩ | ٣١٩٥/٦ | ٢٤٤/٣٣ | ٣٩٤٤/٣ | ٢٧٦ | ٧٧٠ | ٢٨٥ | ٢٨٠ | ٢٤١ |
| سولفات(mg/L) | ٢٦١٠/٧ | ١٣٠٢ | ١٥٠٠ | ٢٧٥٠ | ٤٣٦٠ | ٤١٢٤ | ٤٠٨٤ | ٤٠٨٠ | ٤٠١٠ |
| کلر(mg/L) | – | – | – | | ١٩٣١/٢ | ١٦٤٠ | ١٨١٠ | ١٨٠٦ | ١٨١٠ |
| سدیم(mg/L) | ٣٢٠٠ | ٣٠٠٠ | ٣٠٠٠ | ٢٨٠٠ | ٢٢٥٠ | ١٥٣٠ | ٢٤٦٠ | ٢٤٥٤ | ٢٤٣٢ |
| کلسیم(mg/L) | ٥٠٠٠٠ | ٧٠٠٠٠ | ٥٢٠٠ | ٤١٠٠ | ١١٥٤ | ١٢٠٩ | ١١٤٩ | ١١٤٢ | ١١٤٠ |
| پتاسیم(mg/L) | ٥٢١٦/٠٤ | ٥٠١٦/١ | ٥١٨٠ | ٢٣٢٠ | ٣٣١٥ | ٢٢٨٥ | ٣٨٨٠ | ٣٨٥٠ | ٣٨١٠ |

حروف مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است (P>٠/٠٥).

**ادامه جدول ۲:**

| پارامترها | ماه‌ها | | | استاندارد تخلیه فاضلاب | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | دی | بهمن | اسفند | آب‌های سطحی | چاه جاذب | آبیاری و کشاورزی |
| (dS/M)EC | ۳۳/٤$^{c}$ | ۳٤/۹ $^{d}$ | ٤۹/۷ $^{h}$ | | | |
| pH | ۵/۰۲$^{bc}$ | ٤/۸۲$^{abc}$ | ٤/٦$^{ab}$ | ۸/۵– ٦/۵ | ۹–۵ | ۸/۵ – ٦/۵ |
| (mg/L)TSS | ۲۰٦۲۸$^{d}$ | ۱۵٦٤۰$^{b}$ | ۲۳۰۱۸$^{e}$ | ٦۰ | – | ۱۰۰ |
| (mg/L)TDS | ۵٤٦۲۰$^{f}$ | ٤۹۵۲۰$^{e}$ | ۵٤۳۹٤$^{f}$ | – | – | – |
| (mg/L)COD | ۷۱۲۰۰$^{a}$ | ۱۱۱۵۰۰$^{h}$ | ۱۱٦۸۰۰$^{i}$ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۲۰۰ |
| (mg/L)$BOD_5$ | ٤۷۸۰۰$^{a}$ | ٦۸۰۰۰$^{g}$ | ۷۱۲۰۰$^{h}$ | ۵۰ | ۵۰ | ۱۰۰ |
| ازت کل(mg/L) | ۱۳۸۰ | ۷۹۰۰ | ۲٦۰۰ | | | |
| فسفر(mg/L) | – | ۳۱۰۰ | ۱۹۷۵ | ٦ | ٦ | – |
| نیترات(mg/L) | ۱۹۸ | ۱۹۲ | ۲۰۰ | ۵۰ | ۱۰ | – |
| سولفات(mg/L) | ۳۹۸٤ | ۲۸۰۰ | ٤۵٤۷ | ٤۰۰ | ٤۰۰ | ۵۰۰ |
| کلر(mg/L) | ۱۸۱۰ | ۲۸۱۰ | ۳۳۵۰ | ۱ | ۱ | ۰/۲ |
| سدیم(mg/L) | ۲٤۲۰ | ۲۲۱۰ | ٤٦۰۰ | | | |
| کلسیم(mg/L) | ۱۱۳۸ | ۲۸۲۵ | ٦۹۸ | ۷۵ | – | – |
| پتاسیم(mg/L) | ۳۷۸۰ | ۲٦۰۰ | ۲۱۵۰ | | | |

حروف مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است (P>۰/۰۵).




**شکل ۱:** تغییرات مقادیر pH و EC شیرابه

هدایت الکتریکی (EC) شاخص اصلی از میزان کل مواد معدنی محلول یا یون‌ها می‌باشد[۲۸]. میزان تغییرات هدایت الکتریکی شیرابه اندازه‌گیری شده طی یکسال در شکل ۱ نشان داده شده است. در این پژوهش مقدار هدایت الکتریکی از ۲۱/۳ ds/m تا ٤۹/۷ ds/m متغیر بود. بالاترین مقدار هدایت الکتریکی در اسفند ماه با مقدار ٤۹/۷ است. مقایسه بین میانگین‌های EC در ماه‌های مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان می‌دهد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P< ۰/۰۰۱). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی نشان می‌دهد که بین ماه‌های اردیبهشت و خرداد، تیر و مرداد و نیز شهریور و مهر و آبان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. حال آنکه بین سایر ماه‌ها

اختلاف معنی‌دار وجود دارد. شایان ذکر است وجود حداقل یک حرف مشابه در ردیف EC نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داراست (P≤۰/۰۵) (جدول ۲). همچنین نتایج آزمون توکی نشان داد که مقدار EC در اسفند در بیشترین سطح خود قرار داشته و با بقیه ماه‌ها اختلاف معنادار داشته است.

تغییرات میزان غلظت $BOD_5$ و COD اندازه‌گیری شده در این شیرابه در شکل ۲ نشان داده شده است.

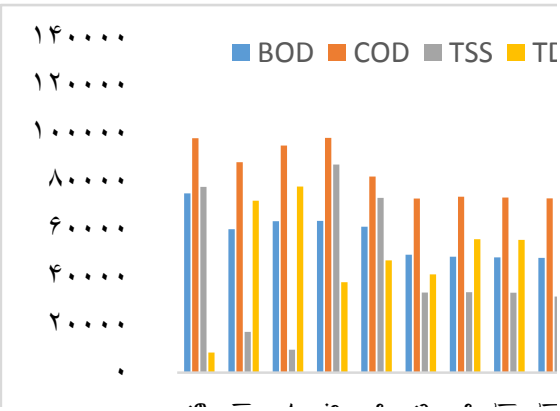
مقایسه میانگین $BOD_5$ در ماه‌های مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان می‌دهد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P< ۰/۰۰۱). مقایسه جفت جفت میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی نشان می‌دهد که بین ماه‌های خرداد و تیر، و همچنین بین ماه‌های دی و آبان و آذر و مهر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. حال آنکه بین سایر ماه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). همچنین نتایج آزمون توکی نشان داد که مقدار $BOD_5$ در فروردین ماه در بیشترین سطح خود قرار داشته و با بقیه ماه‌ها اختلاف معنادار داشته است.

مقایسه بین میانگین‌های COD در ماه‌های مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان می‌دهد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P< ۰/۰۰۱). مقایسه جفت جفت میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی نشان می‌دهد که بین ماه‌های فروردین و تیر، و همچنین بین‌ماه‌های شهریور و آبان و آذر و مهر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. حال آنکه بین سایر ماه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). همچنین نتایج آزمون توکی نشان داد که مقدار COD در اسفند ماه در بیشترین سطح خود قرار داشته و با بقیه ماه‌ها اختلاف معنادار داشته است.

همچنین تغییرات مقادیر کل جامدات معلق (TSS) و کل جامدات محلول (TDS) در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است بیشترین مقدار TSS در تیر ماه است و در ماه‌های بعد سیر نزولی پیدا کرده است و همچنین بیشترین مقدار TDS در خرداد ماه بوده است.

مقایسه بین میانگین‌های TSS در ماه‌های مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان می‌دهد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P< ۰/۰۰۱). مقایسه جفت جفت میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی نشان می‌دهد که بین ماه‌های شهریور و آبان و مهر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. حال آنکه بین سایر ماه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. همچنین نتایج آزمون توکی نشان داد که مقدار TSS در تیر ماه در بیشترین سطح خود قرار داشته و با بقیه ماه‌ها اختلاف معنادار داشته است (جدول ۲).

مقایسه بین میانگین‌های TDS در ماه‌های مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان می‌دهد که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P< ۰/۰۰۱). مقایسه جفت جفت میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی نشان می‌دهد که بین ماه‌های مهر و آبان، آبان و آذر و نیز اسفند و دی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. حال آنکه بین سایر ماه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. شایان ذکر است نتایج آزمون توکی نشان داد که مقدار TDS در خرداد ماه در بیشترین سطح خود قرار داشته و با بقیه ماه‌ها اختلاف معنادار داشته است (جدول ۱).

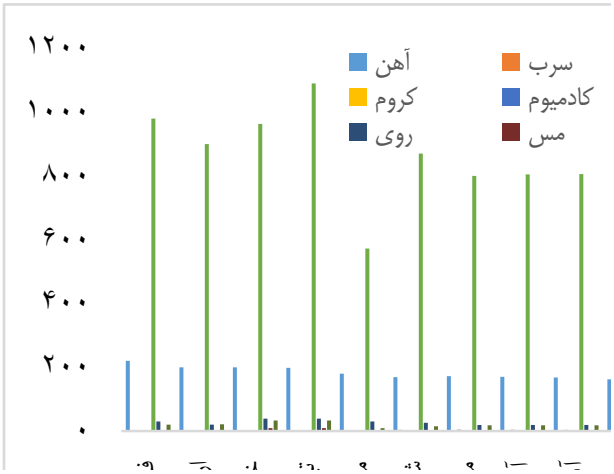



**شکل ۲:** تغییرات مقادیر $BOD_5$، COD، TSS و TDS شیرابه

همچنین غلظت کلر در نمونه‌های شیرابه به میزان قابل توجهی بالا می‌باشد و می‌تواند باعث آلودگی منابع پذیرنده شود.

## فلزات سنگین

جدول ۳ میانگین ماهیانه غلظت ۹ فلز سنگین آهن، سرب، نیکل، کروم، کادمیوم، منیزیم، روی، مس و منگنز در شیرابه اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. غلظت فلزات سنگین نظیر آهن، سرب، نیکل، کروم، کادمیوم، منیزیم، روی، مس و منگنز به‌ترتیب در محدوده ۲۲۰-۴۹، ۲۳- ۰/۵۷، ۷/۵- ۰/۵، ۰/۹۴- ۰/۱، ۲/۵۰- ۰/۰۳، ۱۰۹۰- ۵٦٦، ۳۹- ۱۲/۵۰، ۹- ۰/۲۸ و ۳۳- ۳/۵۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. بیشترین مقدار آهن در فروردین ماه و کمترین آن مربوط به اسفندماه است. بیشترین و کمترین مقدار فلز سرب به‌ترتیب بهمن و فروردین ماه، برای نیکل بهمن و اردیبهشت، برای کروم اسفند و مهر ماه، برای فلز کادمیوم بهمن و تیرماه، برای فلز منیزیم تیر و اسفند، برای فلز روی خرداد و اسفند ماه، برای مس خرداد و فروردین و برای فلز منگنز این مقادیر مانند فلز روی مربوط به ماه‌های خرداد و اسفند ماه بدست آمد (شکل ۳). در بررسی میانگین غلظت فلزات، منیزیم دارای بیشترین غلظت بوده که به سبب وجود مقادیر بیشتر منابع حاوی این فلز در زباله می‌باشد. پس از آن آهن، روی، منگنز، سرب، نیکل، مس، کادمیوم و کروم به‌ترتیب، بیشترین غلظت را در شیرابه داشتند. مقادیر فلز کروم در ماه‌های مختلف از حد استانداردهای تخلیه فاضلاب سازمان حفاظت محیط‌زیست پایین‌تر است و این نشان‌دهنده پایین بودن میزان منبع این فلز (فرایندهای چرم‌سازی) در پسماندهای شهری است.




**شکل ۳:** تغییرات مقادیر فلزات سنگین شیرابه

**جدول ۳:** میانگین ماهیانه غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های شیرابه کارخانه کمپوست اصفهان

| | ماه‌ها | | | | | | | | | | استاندارد تخلیه فاضلاب | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پارامترها (mg/L) | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | آب‌های سطحی | چاه جاذب | آبیاری و کشاورزی |
| آهن | ۲۲۰ | ۲۰۰ | ۲۰۰ | ۱۹۸ | ۱۸۰ | ۱۶۹ | ۱۷۲ | ۱۷۰ | ۱۶۸ | ۱۶۲ | ٦۸/۵ | ٤۹ | ۳ | ۳ | ۳ |
| سرب | ۰/۵۷ | ۰/۸ | ۱/۵ | ۱/٤۵ | ۱/۲۹ | ۳/۹ | ۱/۷۷ | ۱/۷ | ۱/٦٤ | ۱/۵۷ | ۲۳ | ۰/۸۲ | ۱ | ۱ | ۱ |
| نیکل | ۰/۵۵ | ۰/۵ | ۳ | ۲/۸ | ۱/۰۵ | ۱/۰۱ | ٤/۹ | ٤/۵ | ٤ | ۳/۹ | ۷/۵ | ۰/۸۹ | ۲ | ۲ | ۲ |
| کروم | ۰/۲۲ | ۰/۲ | ۰/۲٦ | ۰/۲٦ | ۰/۱۱ | ۰/۱۵ | ۰/۱ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۱ | ۰/۳ | ۰/۹٤ | ۰/۵ | ۱ | ۱ |
| کادمیوم | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۱۵ | ۰/۱۷ | ۰/۰۵ | ۰/٦ | ۰/٤ | ۰/۱ | ۲/۵ | ۰/۰۸ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۰۵ |
| منیزیم | ۹۸۰/۲۳ | ۹۰۰/۰۲ | ۹٦۳ | ۱۰۹۰ | ۵۷۲/۲ | ۸۷۰ | ۸۰۰ | ۸۰۵ | ۸۰٦ | ۸۱۰ | ۸۷۵ | ۵٦٦ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| روی | ۳۰ | ۲۰ | ۳۹ | ۳۹ | ۳۰ | ۲٦ | ۱۹ | ۱۹/۱ | ۱۹ | ۱۸ | ۲۳/۵ | ۱۲/۵ | ۲ | ۲ | ۲ |
| مس | ۰/۲۸ | ۰/۳۹ | ۹ | ۹ | ۱/۳ | ۱/٦ | ۱/۸ | ۱/۷ | ۱/۸ | ۱/۹ | ٤ | ۰/۸۳ | ۱ | ۱ | ۰/۲ |
| منگنز | ۲۰/۰۹ | ۲۱/۰۲ | ۳۳ | ۳۳ | ۹ | ۱۵ | ۱۸/۱ | ۱۸/۲ | ۱۸/۱ | ۱۸/٤ | ۱۳ | ۳/۵ | ۱ | ۱ | ۱ |

## بحث

شیرابه‌های حاصل از زباله اعم از زباله‌های تازه، توده‌های کمپوست و یا محل دفن حاوی مقادیر متنابهی از مواد مختلف آلاینده نظیر مواد آلی، فلزات سنگین و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌باشند. به همین جهت دفع مستقیم آن‌ها در طبیعت و زمین‌های زراعی و یا عدم اعمال مدیریت صحیح می‌تواند منجر به مسائل محیط‌زیستی حادی گردد که به طور عمده عبارتند از: آلوده‌سازی آب‌های سطحی و عمقی، تخریب خاک‌ها، تولید بوهای نامطبوع، انتقال بیماری‌ها و گسترش حشرات موذی. به‌طور کلی کیفیت شیرابه‌های تولیدی از زباله بسیار متغیر بوده و تحت تأثیر عواملی مانند، ترکیب زباله و نحوه‌ی جمع‌آوری آن، شرایط و مدت زمان نگهداری، روش‌های دفع، عادت غذایی، فصل سال و شرایط اقلیمی را دارد.

تغییرات pH بیشتر به نوع تجزیه بیولوژیکی پسماند و اثرات رقیق‌سازی وابسته است[۲۶،۲۷]. هدایت الکتریکی شاخص اصلی از میزان کل مواد معدنی محلول یا یون‌ها می‌باشد[۲۸].

$BOD_5$ بالا در نمونه‌های شیرابه‌های مورد مطالعه به‌دلیل حضور مواد آلی تجزیه‌پذیر مانند اسیدهای چرب فرار با وزن مولکولی کم (VFA) که به‌آسانی قابل تجزیه می‌باشند و COD بالا به‌دلیل حضور مواد آلی تجزیه‌پذیر و غیرتجزیه‌پذیر را در شیرابه نشان می‌دهد [۳۰،۲۹].

میانگین $BOD_5$ شیرابه پسماند ۵۸۶۵۴/۱۷ میلی‌گرم در لیتر است که این مقدار ۲۵۰۰ برابر حدمجاز سازمان حفاظت محیط‌زیست و ۵۰۰ برابر استاندارد تخلیه فاضلاب می‌باشد. مطالعه‌ای که Monavari و همکاران (۲۰۱۰) بر روی آلودگی ناشی از شیرابه در محل دفن پسماندهای شهر رشت انجام دادند، نشان داد که پارامترهای COD و BOD به‌ترتیب ۸۰۰ و ۷۰۰ برابر حدمجاز سازمان حفاظت محیط‌زیست بوده است[۱۴]. همچنین در بررسی Kazemi و همکاران (۲۰۱۲) میانگین پارامترهای COD و BOD به ترتیب برابر ۶۸۰۰۰ و ۳۲۳۰۰ که چندین برابر بیشتر از حدمجاز و کمتر از پژوهش حاضر به‌دست آمد [۱۵]. مقدار $BOD_5$ و COD در این پژوهش به‌ترتیب در ماه‌های فروردین و اسفند که میزان بارندگی بیشتر بوده است، نسبت به سایر ماه‌ها بیشتر است. آب با افزایش رشد باکتری و واکنش‌های شیمیایی بر ترکیب شیرابه تأثیر می‌گذارد و باعث سریع‌تر شدن تجزیه‌ی بیولوژیکی پسماندها می‌شود. بنابراین، باعث افزایش میکروب‌ها و املاح محلول در آب و تقاضای اکسیژن‌خواهی بیشتر می‌شود. غلظت $BOD_5$ و COD اندازه‌گیری شده در این شیرابه از مقادیر گزارش شده در تحقیقات Al-Yaqout (۲۰۰۳) [۳۱]، Im و همکاران (۲۰۰۱)[۳۲]، Lopez و همکاران (۲۰۰۴)[۳۳]، Wang و Shen (۲۰۰۰)[۳۴]، Lo (۱۹۹۶)[۳۵]، Henry و همکاران (۱۹۸۷)[۳۶] و نیز Kazemi و همکاران (۲۰۱۲)[۱۵]، بیشتر بوده است. این امر می‌تواند ناشی از آن باشد که در کشورهای مختلف نوع زباله و میزان تفکیک و دفع زباله‌ها متفاوت است. بدیهی است که با آموزش همگانی جهت تفکیک زباله‌ها در مبدأ و اعمال روش‌های مدیریتی مناسب می‌توان میزان تولید شیرابه و شدت آلودگی آن را کاهش داد. سپس به‌نحو صحیح نسبت به جمع‌آوری، تصفیه و دفن در محل مناسب اقدام نمود. همچنین غلظت بالای سولفات به علت میزان بالای مواد آلی پسماند می‌باشد[۳].

نتایج مقادیر کل جامدات معلق (TSS) و کل جامدات محلول (TDS) در شکل ۲ و نیز جدول ۲ بیانگر میزان بالای ذرات معلق، مواد معدنی و محلول آلی محلول در شیرابه از محل مورد مطالعه می‌باشد[۳۷،۲۶]. همچنین مقدار TDS در خرداد ماه که میزان بارش صفر بوده است، نسبت به سایر ماه‌ها بیشتر است، زیرا با بارش باران بر اثر زیاد شدن آب، املاح محلول موجود در شیرابه اندکی رقیق‌تر می‌شود.

منشأ فلزات سنگین در شیرابه مقادیر اولیه آن‌ها در مواد زاید می‌باشد. در نمونه‌های شیرابه جوان به‌دلیل پایین بودن

مقدار pH، حلالیت فلزات در شیرابه بالا است. در مقابل با افزایش سن محل دفن و افزایش pH شیرابه حلالیت فلزات کاهش می‌یابد. علاوه بر این واکنش‌های ترسیب و جذب سطحی که به‌دلیل وجود همزمان آنیون‌های سولفید، کربنات و هیدروکسیل در محل دفن رخ می‌دهد یکی از دلایل اصلی کاهش غلظت فلزات در شیرابه کهنه و تثبیت شده است. با افزایش سن محل دفن و افزایش پتانسیل اکسیداسیون-احیا نرخ این واکنش‌ها افزایش یافته و غلظت فلزات سنگین در شیرابه کاهش می‌یابد[۳۸،۳۹]. در بررسی میانگین غلظت فلزات سنگین، منیزیم و آهن دارای بیشترین غلظت بوده که به سبب وجود مقادیر بیشتر منابع حاوی این فلزات در زباله می‌باشد. پس از آن‌ها روی، منگنز، سرب، نیکل، مس، کادمیوم و کروم به‌ترتیب بیشترین غلظت را در شیرابه داشتند. مقادیر فلزات مس، آهن، منگنز و سرب در این مطالعه بیشتر از مقادیر آن‌ها، در مطالعات Dargahi و Masood Ahmadi، (۲۰۱۳)[۱۷]، Shanbehzadeh و Monavari، (۲۰۱٤) [۱۳]و Mor و همکاران (۲۰۰٦)[۲۱] به‌دست آمده است. در پژوهشی که Parvaresh و همکاران (۲۰۰۱) انجام دادند، کمترین میزان فلز سنگین مربوط به کادمیوم و بیشترین غلظت مربوط به فلز نیکل بود[٤٠]. میانگین فلزات کروم و کادمیوم بیشتر و میانگین فلزات نیکل، روی و مس کمتر از پژوهش حاضر به‌دست آمده است[٤٠]. همچنین در پژوهشی که Shokooh و همکاران (۲۰۱٤) انجام دادند، نشان داد که غلظت برخی فلزات سنگین از قبیل آهن، روی و منگنز فراتر از حد استاندارد سازمان محیط‌زیست بوده است[١٦]، که نتایج آن با این پژوهش مطابقت دارد.

افزایش فلزات سنگین در شیرابه‌های لندفیل ناشی از تجزیه مواد معدنی و شیمیایی موجود در پسماندهای خانوار است که به‌علت عدم تفکیک از مبدأ و جداسازی زباله است. در مقایسه میانگین غلظت عناصر (به جز کروم)، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شیرابه با استانداردهای خروجی فاضلاب سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران نشان می‌دهد که غلظت آن‌ها چند برابر حد مجاز می‌باشد. بنابراین، شیرابه قبل از دفع یا مصرف باید به‌طریق مناسب تصفیه گردد و از دفع شیرابه خام در چاهای جاذب یا دفع در رودخانه به‌علت اثرات بهداشتی و محیط‌زیستی خودداری گردد. به‌طور کلی غلظت زیاد فلزات سنگین در شیرابه احتمالاً به علت این است که تفکیک اجزای تشکیل دهنده زباله به‌طور کامل انجام نمی‌شود. همان‌طور که انتظار می‌رود غلظت فلزات سنگین (به‌جز فلز کروم) در شیرابه کارخانه کمپوست با توجه به جوان بودن آن بالاتر از حد استانداردهای تخلیه فاضلاب سازمان حفاظت محیط‌زیست می‌باشد و بایستی راهکارهایی برای حذف آن‌ها در نظر گرفته شود.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی شیرابه خروجی از سالن دریافت کارخانه کمپوست شهر اصفهان در سال ۱۳۹۵ پرداخته شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشگیری از اثرات نامطلوب محیط‌زیستی مواد زائد جامد در الویت می‌باشد. این امر با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب، آموزش همگانی جهت تفکیک زباله‌ها در مبدأ، کاهش حجم زباله تولیدی و در پی آن کاهش حجم شیرابه و نحوه صحیح بازیافت، جمع‌آوری و دفع محقق می‌شود.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که شیرابه‌های ناشی از پسماندهای شهری خروجی از خط کارخانه کمپوست شهر اصفهان دارای پتانسیل بالایی برای آلوده‌سازی محیط‌زیست هستند، که بایستی مهار شود و به‌صورت مداوم پایش صورت‌گیرد.

## References


1. Thitame SN, Pondhe G, Meshram D. Characterisation and composition of Municipal Solid Waste (MSW) generated in Sangamner City, District Ahmednagar, Maharashtra, India. Environ Monit Assess 2010;170:1-5.
2. Sharholy M, Ahmad K, Mahmood G, Trivedi RC. Municipal solid waste management in Indian cities – A review. Waste Manag 2008; 28:459-67.
3. Kjeldsen P, Barlaz MA, Rooker AP, Baun A. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. Crit. Rev. Environ Sci Technol 2002; 32:297-336.
4. Kulikowska D, Klimiuk E. The effect of landfill age on municipal leachate composition. Bioresour Technol 2008; 99:5981-5.
5. Renou S, Givaudan JG, Poulain S, Dirassouyan F, Moulin P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. J Hazard Mater 2008; 150:468-93.
6. Bouhezila F Hariti M, Lounici H, Mameri N. Treatment of the OUED SMAR town landfill leachate by an electrochemical reactor. Desalination 2011; 280:347–53.
7. Bashir MJ K. Landfill leachate treatment by electrochemical oxidation. Waste Manag 2009; 29:2534-41.
8. Karimi Jashni A. Investigation on the purity of the landfill site of Shiraz municipal waste landfills. Internal Quarterly J Modern Urban Manag Educ Res Inform 2013;1(1):5-10 [In Persian].
9. Vasanthi P, Kaliappan S, Srinivasaraghavan R. Impact of poor solid waste management on ground water. Environ Monit Assess 2008; 143:227-38.
10. Blight G Fourie A, Shamrock J, Mbande C, Morris J. The effect of waste composition on leachate and gas quality: a study in South Africa. Waste Manag Res 1999; 17:124-40.
11. Kirkeby JT, Birgisdottir H, Bhander GS, Hauschild M, Christensen TH. Modelling of environmental impacts of solid waste landfilling within the life-cycle analysis program Easewaste. Waste Manag 2007; 27:961-70.
12. Ziyang L, Youcai Z, Tao Y, Yu S. Natural attenuation and characterization of contaminants composition in landfill leachate under different disposing ages. Sci the Total Environ 2009;407:3385-91.
13. Shanbehzadeh S, Monavari M. Investigation of heavy metals concentration in Masjed Soleiman waste leachate. 7th National Conference on Environmental Health, Shahrekord University of Medical Sciences 2014; [In Persian].
14. Monavari M, Omrani GH, Ghanbari F. Investigation of contamination caused by leachate in waste landfill in Rasht. J Human Environ 2010; 8(2)10-6 [In Persian].
15. Kazemi A, Younesi HA, Bahramifar N. Investigation components of leachate of municipal solid waste (case study: compost plant of Isfahan city). J Human Environ 2012; 10(4):51-5 [In Persian].
16. Shokooh A, Safari E, Hashemin SH. Investigation on Quality of Leachate from Municipal Solid Waste Landfill and Compost plant (Case Study: Mashhad city). J Environ Sci Technol 2014;15(4):97-105 [In Persian].
17. Dargahi A, Ahmadi Masood N. "Physical and chemical characteristics of landfill leachate in Hamadan". The 3rd International Conference on Environmental Planning & Management, University of Tehran 2013 [In Persian].
18. Khorasanizadeh M, Khoramnezhadian SH. Investigation of chemical composition of garbage dumps in Qom city and its effect on burial ground. 2nd National Conference on Zagros Environment 2014 [In Persian].
19. Jafari K, Hafezi Moghdas N, Mazloumi Bajestani A, Ghezi A. Investigation of heavy metals contaminant in downstream landfilling site of Ardebil municipal waste. J Environ Studies 2016; 42(3):489-506 [In Persian].
20. Naveen BP, Mahapatra DM, Sitharam TG, Sivapullaiah PV, Ramachandra TV. Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. Environ Pollut 2016; 220:1-12.
21. Mor S, Ravindra KH, Dahiya RP, Chandra A. Leachate Characterization and Assessment of Groundwater Pollution near Municipal solid waste landfill site. Environ Monit Assess 2006; 118:435-56.
22. Jorgensen FE. Electronic Waste Recycling can be a sustainable enterprise. 22nd Annual college and university Hazardous Waste 2004.

23. O'Connell K. Computing the damage. Waste Age Oct. 1, 2002.

24. Macualey M Palmer K, Shih JS. Dealing with electronic waste: Modeling the costs and environmental benefits of computer monitor disposal. J Environ Manag 2003;68:13-22.

25. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association 2005; Part1000-3000.

26. Johansen OJ, Carlson DA. Characterization of sanitary landfill leachates. Water Res 1976;10:1129-34.

27. Słomczyńska B, Słomczyński T. Physico-chemical and toxicological characteristics of leachates from MSW landfills. Polish J Environ Studies 2004; 13, 627-37.

28. Øygard JK, Måge A, Gjengedal E. Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the heavy metal content of the deposited waste and the leachate. Water Res 2004;38:2851-8.

29. Harmsen, J. Identification of organic compounds in leachate from a waste tip. Water Res 1983;17:699-705.

30. Kurniawan TA, Lo W, Chan G. Physico-chemical 0treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. J Hazard Mater 2006;129:80-100.

31. Al-Yaqout AF Hamoda MF. Evaluation of landfill leachate in arid climate-a case study. Environ Int 2003; 29(5):593-600.

32. Im JH Woo HJ, Choi MW, Han KB, Kim CW. Simultaneous organic and nitrogen removal from municipal landfill leachate using an anaerobicaerobic system. Water Res 2001;35(10):2403-10.

33. Lopez A, Pagano M, Volpe A, Di Pinto A. Fenton's pre-treatment of mature landfill leachate. Chemosphere 2004;54(7):1005-10.

34. Wang B, Shen Y. Performance of an anaerobic baffled reactor (ABR) as a hydrolysis-acidogenesis unit in treating landfill leachate mixed with municipal sewage. Water Sci Technol 2000;42(12):115-21.

35. Lo I. Characteristics and treatment of leachates from domestic landfills. Environ Int 1996;22(4):433-42.

36. Henry JG Prasad D, Young H. Removal of organics from leachates by anaerobic filter. Water Res 1987;21(11):1395-9.

37. Fatta D Papadopoulos A, Loizidou M. A study on the landfill leachate and its impact on the groundwater quality of the greater area. Environ Geochem Health 1999;21:175-190.

38. Tatsi A, A and zouboulis AT. A field investigation of the quantity and quality of leachate from municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate (Thessloniki, Greece). Adv Environ Res 2002;6:207-219.

39. Chu LM Cheung KC, Wong M.sH. Variation in the chemical properties of landfill leachate. Environ Manag 1994;18(1):105-17.

40. Parvaresh AAR, Movahedian AH, Zazouli MA. Survey of Heavy Metals Concentration in Municipal Solid Wastes Leachate of ISFAHAN City and Their Reduction Method. J Res Med Sci 2001;6(3):185-9.

*Journal of Environmental Health Engineering, August 2019; Vol. 6, No. 4: 429-417*

# Investigation of Changes in Physico-Chemical Parameters of Composting Plant Leachate in Isfahan

**Eisa Solgi[1*], Arezoo Soleimany[2]**

1. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
2. Ph.D student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran

**** E-mail: e.solgi@yahoo.com***

***Received: 5 Nov 2018; Accepted: 18 Feb 2019***

**ABSTRACT**

**Background & Objectives:** Leachate from solid waste in uncontrolled landfills can have many effects on the environment and human health. The purpose of this study was to investigate the variation of physical and chemical properties of leachate from Isfahan Compost Plant Reception Hall during time.

**Methods:** In the present study, samples were collected from leachate of a compost plant in Isfahan for 12 months during the years in 2016 and 2017. Different physico-chemical properties including biochemical oxidation, chemical oxygenation, total soluble solids, total suspended solids, nitrate, total nitrogen, phosphorous, pH, EC, sodium, calcium and potassium, as well as concentration of 9 metallic elements of iron, lead, nickel, chromium, cadmium, magnesium, zinc, copper and manganese in the leachate were measured during the time.

**Results:** Concentration of potassium, calcium, sodium, sulfate, nitrate, phosphorus, total nitrogen, TSS, TDS, COD, BOD in leachate samples was in the range of 2150-5216.04, 698-70000, 1530-4600, 1302-4547, 192-3944.30, 0-4149, 7-7900, 9614-87000, 8368-77850, 71200-116800, 47800-75000 mg/l, respectively. The pH and EC of the leachate varied in the range of 4.23-5.30 and 21.30-49.7 dS/M, respectively. In addition, the concentration of heavy metals of iron, lead, nickel, chromium, cadmium, magnesium, zinc, copper and manganese, ranged from 49-220, 0.57- 23, 0.5-0.25, 0.5-7.5, 0.1-0.94, 0.03-2.50, 566-1090, 12.50-39, 0.28-9 and 3.50-33 mg/l, respectively.

**Conclusion:** The amount of $BOD_5$ and COD was higher in April and March, in which the average rainfall was higher than other months. Also, TDS in June, with zero rainfall, was higher compared to other months. Comparing the mean concentration of elements (except chromium), the physical and chemical parameters of the leachate with the effluent discharge standards of the Iranian Environmental Protection Agency indicated that the concentrations was several times higher than the standard limit. The results of leachate analysis showed that leachate from municipal waste from the compost station line of Isfahan had a high potential of environmental contamination, which should be controlled and monitored continuously.

**Keywords:** Leachate, Physical and Chemical Parameters, Heavy Metals, Isfahan Compost Plant