بررسی شاخص های محیط زیستی پساب خروجی صنایع فولاد مبارکه اصفهان

بهرام صدری لنبانی*[1]، رکسانا موگویی[2] و مرتضی کاشفی الاصل[3]
۱- گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۲- گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۲- دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۱۸

چکیده

شهر اصفهان به علت آلودگی زیاد زیست‌محیطی، محدودیت منابع آب شیرین و وجود دو مجتمع بزرگ ذوب‌آهن و صنایع فولاد مبارکه، از نظر مدیریت تصفیه پساب بسیار مورد توجه می‌باشد. در پژوهش حاضر، طی یک مطالعه توصیفی تحلیلی، ۱۲ نمونه از پساب خروجی صنایع فولاد مبارکه در ۱۲ ماه سال ۱۳۹۲ مورد بررسی قرارگرفته و سطح آلاینده‌ها ارزیابی شده است. نتایج با سطح مجاز آلاینده‌ها که از استانداردهای ضوابط زیست‌محیطی تدوین شده توسط معاونت برنامه‌ریزی و راهبردی رئیس‌جمهور برگرفته شده است، مقایسه گردید. برابر نتایج از ۱۲ نمونه بررسی شده، سطح pH (در دو مورد)، BOD (در دو مورد)، سطح آهن (در ۳ مورد)، سطح منگنز(در ۴ مورد)، فسفات(در ۴ مورد)، نیترات(در۳ مورد) و ذرات معلق جامد (در ۲ مورد) بالاتر از حد مجاز بود. در حالی که BOD_5 و دما در نمونه بررسی‌شده مربوط به تمامی ماه‌ها در حد مجاز بود. با توجه به اینکه تعداد قابل‌توجهی از نمونه‌های بررسی‌شده بیش از حد مجاز بودند، استفاده از پساب خروجی برای مصارف کشاورزی با شرایط فعلی مجاز نمی باشد.

واژگان کلیدی: مجتمع فولاد مبارکه، پساب صنعتی، BOD_5، فلزات سنگین، فسفات

***نگارنده پاسخگو: sadri_bahram@yahoo.com**

مقدمه

ضایعات و پسماند در صنایع فولاد شامل ضایعات آهن‌قراضه، ذرات حاصل از شستشوی فیلترهای شنی، لجن حاصل از تصفیه فاضلاب بهداشتی شامل لجن بیولوژیکی همراه با ترکیبات فسفر و غیره، لجن حاصل از تصفیه فاضلاب صنعتی شامل اکسیدهای آهن و لجن اکسیدی، روغن، گریس و ذرات تولید شده در قسمت‌های مختلف است (احمدی، ۱۳۸۸ و بقایی، ۱۳۸۲).

بعضی از فلزات در ردیف زیان‌آورترین عناصر آلوده کننده قرار دارند (معاونت برنامه‌ریزی و راهبردی رئیس‌جمهور، ۱۳۸۹). عناصری مانند کادمیوم، سرب و جیوه در زنجیره غذایی وارد و تجمع بیولوژیکی ایجاد می‌کنند و در تمام منابع غذایی انسان یافت می‌گردند(Sawyer *et al.*, 2003; Chung, 2010).

تولید فولاد تکمیل‌شده از مواد اولیه زغال و سنگ‌آهن برای رسیدن به محصولات نهایی می‌تواند، تهدیدی برای سلامتی و ایمنی بشر باشد. تهدیدها می تواند شامل خطرات شیمیایی(گرد و غبار ودود، کربن منوکسید، فرارهای قطران قیر، زغال، انتشار آون زغال، سیلیسیم اکسید و غبارهای اسیدی) و فیزیکی (فشار بخار، صدا و ارتعاش) باشد (Chung, 2010) تجمع عناصر سنگین در داخل خاک سبب افزایش غلظت عناصر سنگین در گیاهان می‌گردد(Langella, 2000). در بین فلزات سنگین، منگنز یکی از فراوان‌ترین فلزات و از عناصر ضروری برای گیاهان است. قرار گرفتن بیش از حد در معرض منگنز علائم مسمومیت را به وجود می‌آورد(Chung, 2010; El-Gohary, 2001). نتیجه تجمع این فلزات شامل کاهش در فعالیت متابولیسمی برخی میکروارگانیسم‌های خاک و به علاوه نکروز و کلروز برگ در گیاهان عالی است. صنعت فولاد یکی از مهم‌ترین صنایع مصرف‌کننده آب بوده و مجتمع فولاد اصفهان نیز با توجه به موقعیت اقلیمی خود، دارای مصارف آب متنوع و فراوانی می‌باشد. آب مصرفی این مجتمع از رودخانه زاینده‌رود تأمین‌شده و پساب‌های تولیدی در کارخانه از مصرف آب در واحدهای مختلف مجتمع شامل انباشت و برداشت، گندله‌سازی، ذوب و پالایش، ریخته‌گری و ...، تولیدشده و پس از تجمع در کانال اصلی با حجم متوسط ۱۵۵۰مترمکعب در ساعت وارد کانال‌های فرعی زاینده‌رود می‌شوند(احمدی، ۱۳۸۸). با توجه به حجم بالای این پساب، تخلیه آن به محیط بدون رعایت موارد کنترلی می‌تواند صدمات قابل‌توجهی به محیط‌زیست وارد نماید. بر خلاف بسیاری از ضایعات فلزات سنگین را نمی توان به محصول بی ضرر تبدیل نمود، این فلزات تمایل به تجمع در زنجیره غذایی و محیط زیست دارند(American Public Health Association, 2008). درعین‌حال، نحوه دفع پساب صنایع فولاد ممکن است در مناطق مختلف سیاست‌های زیست‌محیطی و بهداشتی متفاوتی را طلب نماید که این سیاست‌ها به کوهستانی بودن منطقه، جنس خاک، امکانات موجود، وضعیت آب‌های زیرزمینی و سطحی، نیاز منطقه‌ای به آب و غیره متفاوت باشد(رضایی و نوروزی، ۱۳۸۴). ازاین‌رو انتخاب تکنیکی مناسب و در دسترس که بتواند با کمترین هزینه، بالاترین بازدهی را داشته باشد لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

در ارتباط با آلایندگی پساب خروجی صنایع تا کنون مطالعات متعددی صورت گرفته که اکثراً غیر استاندارد بودن تمام یا بخشی از پساب خروجی صنایع را گزارش کرده اند مانند دستجردی در سال ۱۳۷۵ به منظور تعیین غلظت عناصر سرب، کادمیوم و نیکل در پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان و نیز خاک و محصولاتی که با پساب های تصفیه شده آبیاری می‌شوند انجام داد و بغوری در سال۱۳۶۷ در حدود ۱۰ ایستگاه در حاشیه زاینده رود میزان برخی فلزات سنگین که منشاء آنها از بالا دست بوده را اندازه گیری و مورد مطالعه قرار داد. لذا مطالعه حاضر باهدف بررسی وضعیت آلایندگی پساب خروجی مجتمع فولاد مبارکه اصفهان به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها

مورد مطالعه، پارامترهای پساب خروجی صنایع فولاد مبارکه در ۱۲ ماه سال ۱۳۹۲ بود. تحقیق به صورت میدانی و کسب اطلاعات دقیق از مجتمع فولاد و صنایع موجود و همچنین آلاینده‌های زیست‌محیطی مجتمع، اندازه‌گیری شاخص‌های آلاینده و مقایسه با استانداردهای موجود کشور صورت گرفته است. اطلاعات مربوط به کارخانه‌ها توسط مراجعه به سازمان صنعت، معدن و تجارت استان اصفهان و همچنین بازدید از خود مجتمع جمع آوری گردید. در تحقیق حاضر، پارامترهای نیترات، فسفات، pH، TDS، BOD، COD، BOD_5، آهن، منگنز و دما مورد بررسی قرار گرفته است. فسفات و نیترات با روش اسپکترومتری، pH با دستگام pHمتر، ذرات معلق جامد با روش وزن سنجی، BOD با روش تیتراسیون، COD با روش فتومتری، آهن و منگنز با روش جذب اتمی و دما با ترمومتر اندازه گیری شده است (APHA, 2008). در مجتمع فولاد مبارکه سطح آلاینده‌های پساب خروجی به‌صورت روزانه اندازه‌گیری می‌گردد و در مطالعه حاضر، در هر ماه ۴ نمونه از نمونه های گرفته شده به روش تصادفی انتخاب شده و میانگین ۴ نمونه به عنوان نماینده آن ماه مورد آنالیز قرار گرفت.

آنالیز آماری

داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای آنالیز داده‌ها از آزمون آماری one sample T-test(برای مقایسه میانگین ترکیبات فاضلاب با حد استاندارد) و آنالیز واریانس یک‌طرفه (برای مقایسه میانگین ترکیبات پساب در ماه‌های مختلف) استفاده گردید.

نتایج

نتایج مربوط به ۱۲ پارامتر شاخص در فاضلاب خروجی مجتمع فولاد مبارکه به صورت ماهانه در سال ۱۳۹۲، در جدول (۱) آورده شده است. در این جدول مقادیر آلاینده‌های مذکور در نمونه‌ای مربوط به ماه‌های فروردین تا اسفند ارائه شده است.

جدول ۱- مقادیر آلاینده‌های پساب صنایع فولاد مبارکه اصفهان در ۱۲ ماه سال ۱۳۹۲

ماه	ساعت نمونه گیری	pH	TSS(mg/l)	BOD (mg/l)	BOD_5 (mg/l)	COD (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	NO^{3-}(mg/l)	DO (mg/l)	Temp (^oC)	TDS (mg/l)
فروردین	۱۴/۰۰	۷/۳۴	۱۸۱/۰۰	۱۴/۲۰	۱۴/۲۰	۵۶/۰۰	۰/۵۳	۱/۰۰	۶۵/۰۰	۷/۰۰	۲/۰۰	۲۳/۰۰	۵۱۲/۰۰
اردیبهشت	۱۵/۰۰	۷/۶۵	۲۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۱/۰۰	۳۰/۰۰	۲/۹۰	۱/۱۰	۴۰/۰۰	۵/۰۰	۱/۰۰	۳۰/۰۰	۱۲۰/۰۰
خرداد	۸/۰۰	۷/۸۰	۲۳/۰۰	۱۱/۰۰	۱۲/۰۰	۱۵/۰۰	۳/۰۵	۱/۲۰	۵۲/۰۰	۴/۰۰	۱/۰۰	۳۳/۰۰	۱۱۱/۰۰
تیر	۱۴/۰۰	۸/۲۰	۴۰/۰۰	۱۲/۰۰	۸/۰۰	۳۱/۰۰	۳/۶۲	۰/۲۰	۴۱/۰۰	۸/۰۰	۱/۰۰	۳۶/۰۰	۹۹/۰۰
مرداد	۱۲/۰۰	۸/۱۰	۳۱/۰۰	۸/۰۰	۱۵/۵۰	۱۶/۰۰	۳/۸۰	۲/۵۰	۴۸/۰۰	۴/۰۰	۱/۰۰	۲۹/۰۰	۱۰۸/۰۰
شهریور	۱۳/۰۰	۸/۳۰	۱۵۹/۰۰	۱۳/۰۰	۱۳/۰۰	۵۰/۰۰	۲/۹۲	۰/۸۰	۵۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲۹/۰۰	۴۱۵/۰۰
مهر	۱۳/۰۰	۸/۰۰	۲۸/۰۰	۱۵/۰۰	۱۳/۵۰	۱۴۵/۰۰	۰/۲۱	۰/۱۱	۷۰/۰۰	۵/۰۰	۳/۰۰	۲۳/۰۰	۹۰/۰۰
آبان	۱۰/۰۰	۷/۸۰	۱۷۶/۰۰	۱۶/۰۰	۱۱/۰۰	۵۰/۰۰	۰/۶۱	۰/۲۲	۵۹/۰۰	۶/۰۰	۲/۰۰	۳۲/۰۰	۵۵۰/۰۰
آذر	۱۳/۰۰	۸/۲۰	۱۹۴/۰۰	۲۱/۰۰	۹/۵۰	۳۴/۰۰	۳/۰۰	۱/۰۰	۷۵/۰۰	۵/۰۰	۱/۰۰	۳۰/۰۰	۴۲۱/۰۰
دی	۱۴/۰۰	۸/۵۵	۲۸۴/۰۰	۲۸/۰۰	۱۲/۰۰	۵۳/۰۰	۲/۲۰	۱/۳۰	۴۰/۰۰	۴/۰۰	۱/۰۰	۲۹/۰۰	۴۶۰/۰۰
بهمن	۸/۰۰	۷/۷۴	۳۱/۰۰	۳۸/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰۳/۰۰	۰/۵۴	۰/۵۰	۵۹/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۲۴/۰۰	۱۱۰/۰۰
اسفند	۱۰/۰۰	۸/۶۵	۱۱۹/۰۰	۳۲/۰۰	۱۰/۰۰	۵۴/۰۰	۱/۸۰	۰/۵۰	۵۱/۰۰	۳/۰۰	۱/۰۰	۲۱/۰۰	۳۱۵/۰۰

در جدول (۲)، میانگین و انحراف معیار سطح آلاینده‌های مطالعه شده برحسب فصل ارائه شده است. برحسب آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه، میانگین سطح BODبرحسب فصل اختلاف معنی‌دار داشته است($P<۰/۰۵$) ولی بقیه پارامترها اختلاف معنی‌داری برحسب فصول مختلف سال نداشتند. نتایج جدول شماره (۲) نشان می دهد که در مقایسه با استانداردهای تعیین‌شده، سطح pH در نمونه‌های مربوط به دی و اسفندماه، بالاتر از حد مجاز بود. میانگین سطح pH فاضلاب در ماه‌های مختلف، به‌طور معنی‌داری از حداکثر غلظت مجاز پائین تر بوده است ($P=۰/۰۰۱$). کمترین و بیشترین مواد جامد معلق در نمونه‌های بررسی‌شده به ترتیب ۹۰ و ۵۵۰ میلی گرم در لیتر بود. غلظت مواد جامد محلول در ماه‌های فروردین، مهر و آبان بیش از حد مجاز بوده است. انجام آزمون one sample t-test نشان داد که میانگین سطح TDS فاضلاب در ماه‌های مختلف، به‌طور معنی‌داری از حداکثر غلظت مجاز پائین تر بوده است ($P=۰/۰۰۸$).

سطح مجاز BODپساب خروجی، طبق مقررات سازمان حفاظت از محیط زیست، ۳۰ میلی‌گرم در لیتر تعیین‌شده است و بدین ترتیب، سطح BOD در ماه‌های بهمن و اسفند بالاتر از حد مجاز بود و میانگین سطح BODفاضلاب در ماه‌های مختلف، به‌طور معنی‌داری از حداکثر غلظت مجاز پائین تر بوده است($P=۰/۰۰۱$).

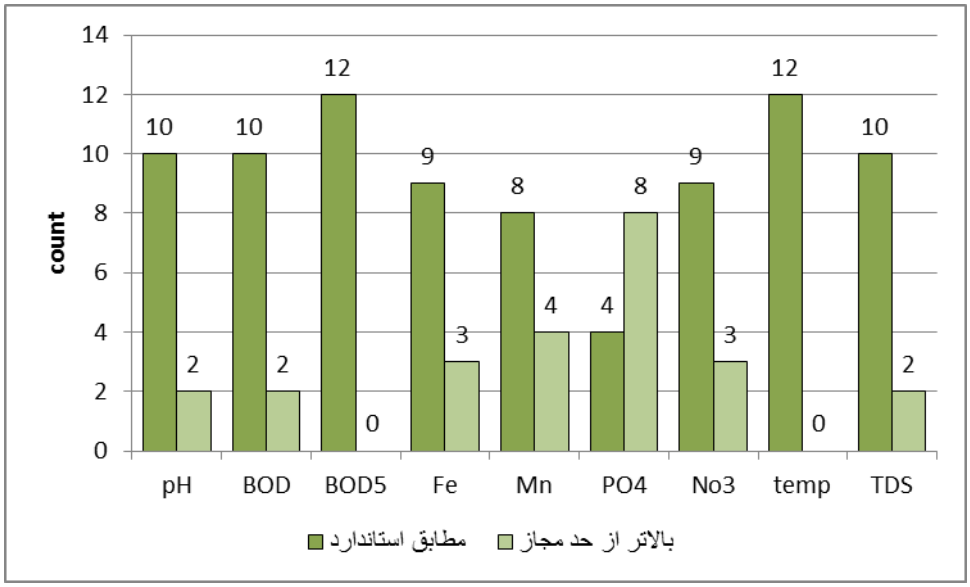
جدول ۲ -میانگین و انحراف معیار سطح آلاینده‌ها برحسب فصل (داده‌ها میانگین چهار نمونه از هرماه) در سال ۱۳۹۲

فصل / آلاینده	*حد مجاز	بهار	تابستان	پائیز	زمستان	سطح معنی داری (P)
pH	۶-۸/۵	۷/۶±۰/۲۳	۸/۲±۰/۱	۸±۰/۲	۸/۲۵±۰/۴۴	۰/۰۷
(mg/l) TSS	۴۶۵	۷۶/۳۳±۵۲/۳۴	۷۶/۶۷±۴۱/۲	۱۳۲/۶۷±۵۲/۵	۱۳۲/۶۷±۶۳	۰/۷۷
(mg/l) BOD	۳۰	۱۳/۴±۲/۱۲	۱۱±۲/۶۵	۱۷/۳۳±۳/۲۱	۳۲/۶۷±۵/۰۳	<۰/۰۰۱
(mg/l) BOD_5	۱۰۰	۱۲/۴±۱/۶۴	۱۲/۱۷±۳/۸۲	۱/۳۳±۲	۱۰/۶۷±۱/۱۵	۰/۸
(mg/l) COD	۲۰۰	۳۳/۶۷±۲۰/۷	۳۲/۳۳±۱۷	۷۶/۳۳±۶۰	۷۰±۲۸/۶	۰/۳۵
(mg/l) Fe	۳	۲/۱۶±۱/۴۱	۳/۴۵±۰/۴۶	۱/۲۷±۱/۵۱	۱/۵۱±۰/۸۷	۰/۱۷
(mg/l) Mn	۱	۱/۱±۰/۱	۱/۱۷±۰/۶۸	۰/۴۴±۰/۲۸	۰/۷۷±۰/۴۶	۰/۴۹
(mg/l) PO_4^{3-}	۵۰	۵۲/۳±۱۲/۵	۴۷±۵/۵۷	۶۸±۸/۱۹	۵۰±۹/۵۴	۰/۰۹
(mg/l) No_3^-	۵	۵/۳۳±۱/۵۳	۴/۶۷±۳/۰۶	۱/۶۷±۰/۵۸	۲/۶۷±۱/۵۳	۰/۳۳
(mg/l) Do	≥ 5	۱/۳۳±۰/۵۸	۱/۳۳±۰/۵۸	۲±۱	۱/۳۳±۰/۵۸	۰/۶
دما (^oC)	-	۲۸/۶۷±۵/۱۳	۲۸/۳۳±۸	۲۸/۳±۴/۷۲	۲۴/۶۷±۴/۰۴	۰/۸

* معاونت برنامه‌ریزی و راهبردی رئیس‌جمهور(۱۳۸۹)

همانطور که در جدول شماره (۲) مشاهده می شود، BOD_5وCOD در فاضلاب در تمامی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری از حداکثر غلظت مجاز پائین تر بوده است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، میانگین سطح آهن در فاضلاب در ماه‌های مختلف، به‌طور معنی‌داری از حداکثر غلظت مجاز پائین تر بوده است(P=۰/۰۳). در حالیکه میزان منگنز در فاضلاب در ماه‌های مختلف، از حداکثر غلظت مجاز بالاتر بود. بر اساس قوانین سازمان حفاظت از محیط زیست، میانگین سطح فسفات و نیترات (آمونیاکی) در فاضلاب در ماه‌های مختلف، از حداکثر غلظت مجاز بالاتر بوده است ولی اختلاف معنی داری نداشتند(P≥۰/۰۵). هرچند در منابع مختلف و بسته به موارد مصرف پساب خروجی، اعداد متفاوتی برای دمای مطلوب پیشنهاد گردیده ولی در قوانین سازمان حفاظت از محیط زیست، دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، به عنوان بیشترین دمای مورد نیاز معرفی‌شده است. نتایج نشان داد، میانگین سطح دمای فاضلاب در ماه‌های مختلف، به‌طور معنی‌داری از حداکثر غلظت مجاز پائین تر بوده است(P<۰/۰۰۱).

شکل (۱) توزیع فراوانی وضعیت ۹ شاخص آلاینده ی مهم پساب خروجی فاضلاب صنایع فولاد مبارکه در تحقیق حاضر را نشان می دهد.



شکل ۱-مقایسه تعداد نمونه‌های در حد استاندارد و غیرمجاز شاخص‌های آلودگی پساب خروجی مجتمع فولاد مبارکه در سال ۱۳۹۲

بحث و نتیجه‌گیری

برحسب نتایج حاصل از این تحقیق، نیترات، فسفات و منگنز سه آلاینده مهم در پساب خروجی مجتمع فولاد مبارکه محسوب می شوند و طبق تحلیل انجام گرفته میانگین سالیانه سه آلاینده اشاره شده در بیشتر مواقع سال بالاتر از حد مجاز بوده است(جدول ۱و ۲). برابر نتایج پژوهش حاضر، درصد قابل توجهی از نمونه ها از نظر ترکیبات آهن و منگنز بالاتر از مجار بودند. فاضلابی که در صنعت فولاد تولید می‌شود حاوی مواد آلی و معدنی متعددی از جمله مقادیر بالایی از آهن و منگنز است که این مواد علاوه بر، برهم زدن ترکیبات طبیعی خاک، با جذب در محصولات زراعی مانند برنج و صیفی‌جات که به‌وفور در این منطقه کشت می‌شوند، آثار زیان باری را به همراه خواهد داشت(اسدی و آذری، ۱۳۸۲). علاوه بر آن بالا بودن غلظت آهن در پساب خروجی فاضلاب، علاوه بر فرسایش خاک، سبب آسیب زیستی جبران‌ناپذیر به پوشش گیاهی و جمعیت حیوانی در مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست می‌گردد & (Alkay Demirer, 2013). برابر نتایج مطالعه حاضر، از ۹ پارامتر بررسی شده در ماه های مختلف سال، سطح pH(۲ مورد)، BOD (۲ مورد)، آهن (۳ مورد)، منگنز (۴ مورد)، فسفات (۸ مورد)، نیترات (۳ مورد) و ذرات معلق جامد (۲ مورد) بالاتر از حد مجاز بود(شکل ۱). از طرف دیگر، تعدادی از پارامترهای مورد بررسی دارای تغییرات فصلی بودند، به عنوان مثال سطح BOD فاضلاب در فصل زمستان به طور قابل ملاحظه ای بالاتر بود، همچنین pH فاضلاب در فصول مختلف تفاوت معنی داری داشت. لذا فاضلاب خروجی مجتمع فولاد مبارکه اصفهان دارای کیفیت کاملاً مناسبی نبوده و درصد قابل‌توجهی از نمونه‌ها از نظر یک یا چند پارامتر در حد نامطلوب ارزیابی می‌گردد. مجتمع فولاد مبارکه در بالادست شهر اصفهان قرار دارد و امکان استفاده از منابع آبی دیگری به‌جز زاینده‌رود، حداقل در زمان کنونی برای آن قابل‌اجرا نمی‌باشد. همچنین با توجه به اینکه مجتمع فولاد مبارکه در منطقه ای کشاورزی استقرار یافته است، بهترین تکنیک برای دسترسی و استفاده از آن، اجرای سیستمی است که پساب خروجی کارخانه را به سطح استانداردهای مورد نیاز برای مصارف کشاورزی برساند و فاضلاب خروجی بایستی به درجه ای از کیفیت رسیده باشد تا برای مصارف کشاورزی مناسب تشخیص داده شود. در ارزیابی فاکتورهای زیست‌محیطی به غیر از کیفیت آب بایستی وضعیت فیزیکی پساب خروجی از جمله کدورت، دما و بوی نامطبوع نیز مورد توجه قرار گیرد، زیرا درصورتی‌که پساب خروجی از نظر وضعیت ظاهری دارای کیفیت مناسبی نباشد، مورد استقبال کشاورزان قرار نخواهد گرفت. مشابه نتایج بدست آمده در

تحقیق حاضر، Huang و همکاران در سال ۲۰۱۱ نشان دادند که ۱۲ درصد نمونه‌های مربوط به پساب خروجی صنایع فولاد دارای سطح بالاتر از حد مجاز آهن و ۲۳ درصد نمونه‌ها دارای سطح بالاتر از حد مجاز منگنز بوده‌اند. در مطالعه اشاره شده نیز با توجه به حد مجاز ترکیبات شیمیایی و معدنی پساب خروجی، فاضلاب را برای مصارف کشاورزی مناسب تشخیص داده بودند و در نهایت سیستم BAT(بهترین تکنیک در دسترس) مبتنی بر تصفیه فاضلاب برای مصارف در کشاورزی فضای سبز را پیشنهاد داده بودند. در مطالعه دیگری Samhan و همکاران در سال ۲۰۰۸ پساب خروجی یک مجتمع فولادسازی از نظر آلودگی پساب خروجی مورد بررسی قرار دادند و از ۱۰۰ نمونه بررسی‌شده، ۱۲ نمونه (۱۲ درصد) دارای سطح غیرمجاز آهن، ۱۳درصد دارای سطح غیرمجاز منگنز بوده و سطح BODپساب خروجی در ۱۹درصد نمونه ها در حد مجاز نبوده است. در آن مطالعه پیشنهاد شد که به منظور جلوگیری از آلودگی آب‌های سطحی، نسبت به انتقال فاضلاب به مناطق دوردست‌تر اقدام شود و در محل جدید اقدامات بی‌خطر سازی انجام گرفته و سپس برای مصارف صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. در مطالعه دیگری Alkay و Demirer در سال ۲۰۱۳ در کشور ترکیه، نشان دادند که پساب خروجی فاضلاب های مجتمع‌های تولید فولاد که اکثرا به رودخانه‌ها ریخته می‌شود، دارای آلایندگی بالایی بوده و بیشترین آلودگی در این پساب‌ها مربوط به آهن بوده است. در مطالعه اشاره شده پیشنهاد شده است تا بهترین تکنولوژی در دسترس با توجه به شرایط جغرافیایی و اقتصادی منطقه انتخاب شده و نسبت به سالم‌سازی پساب خروجی صنایع فولاد در محل اقدام گردد (Sawyer *et al.*, 2003).

روند حذف یون های فلزات از پساب باید ساده، موثر و ارزان باشد (Johann, 2014)، بسیاری از فرآیندهای ارائه شده برای حذف فلزات سنگین مانند رسوب شیمیایی، تبادل یونی، انعقاد و لخته سازی، کمپلکس، جذب، و فرآیندهای غشایی موثر می باشند (Lee *et al.*, 2007). پژوهش های متعددی در ایران و کشور های دیگر در زمینه ی حذف آلاینده ها از پساب صنایع فولاد سازی انجام گرفته و روش های مختلفی مانند تبادل یونی برای حذف فلزات سنگین (Huang *et al.*, 2011; Langella, 2000) استفاده شده است. با این حال، بسیاری از فرآیندهای حذف معایبی مانند، هزینه های بالا و حذف ناقص فلز را شامل می شوند. جذب سطحی یک پروسه بسیار موثر، مقرون به صرفه و روشی کارآمد برای حذف یون های فلزی به حساب می آید(Langella, 2000).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، درصد قابل توجهی از نمونه های بررسی شده از پساب خروجی مجتمع فولاد مبارکه، دارای غلظت بالا و غیر استاندارد می باشد و از آنجایی که به علت کمبود منابع آب در منطقه، پساب خروجی مجتمع فولاد مبارکه دارای پتانسیل بالایی برای استفاده در امورکشاورزی می باشد، لازم است تمهیدات لازم در خصوص بهینه سازی سیستم تصفیه پساب خروجی مجتمع مذکور به عمل آید. لذا پیشنهاد می گردد تا با استفاده از روش BAT (Best Available Technique) بهترین تکنیک در دسترس برای کاهش مشکلات پساب خروجی مجتمع فولاد مبارکه مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

احمدی، ب. ۱۳۸۸. بررسی نقش فلزات سنگین بر سلامتی انسان. انتشارات آب منطقه‌ای زنجان. ایران

اسدی، م. و آذری،ک. ۱۳۸۲. بررسی شدت و قدرت آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین و تعیین مقدار آن‌ها در سبزی‌کاری‌های شهرستان همدان. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه گیلان. رشت.

بغوری، ا. ۱۳۶۷. بررسی آلودگی شیمیایی خاک در اراضی حاشیه زاینده‌رود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط. دانشکده بهداشت. دانشگاه علوم پزشکی تهران.

بقایی، ا. ح.۱۳۸۲. تجزیه وتحلیل زمین‌آماری تغییرات مکانی برخی فلزات سنگین در اطراف ذوب‌آهن اصفهان و مجتمع فولاد مبارکه. دانشگاه صنعتی اصفهان.

دستجردی وحید، م. ۱۳۷۵. بررسی تجمع برخی از فلزات سنگین در محصولات کشاورزی آبیاری شده با پساب و غیر پساب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

رضایی، خ. و نوروزی، س. ۱۳۸۴. بررسی آسیب‌ها و اثرات مجتمع فولاد مبارکه بر محیط‌زیست با استفاده از مطالعات ژئوشیمیایی و ژئوالکتریکی. چهارمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، ایران.

معاونت برنامه‌ریزی و راهبردی رئیس‌جمهور. ۱۳۸۹. ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها. انتشارات وزارت نیرو، نشریه شماره ۵۳۵. تهران، ایران.

Alkaya, E. & Demirer, G. N. 2013. practices. *Resources, Conservation, and Recycling*, 77: 89-96.

APHA (American Public Health Association).2008 .Standard methods for the examination of water and wastewater.20th ed. Washington, DC.

El-Gohary, F.A. 2001. Low-cost WWT: A tool for Egypt's wastewater management. In: the proceeding of the international symposium on low cost wastewater treatment and reuse. Cairo-Marriott: 3–4.

.Chung, J., Junbeum, K., Youngnoh, K. & Hwang, Y. 2010. Assessment and selection of best available technology (BAT). *Resources, Conservation, and Recycling*, 70: 32-37.

Johann, G. 2014. Chemical properties of manganese - Health effects of manganese - environmental effects of manganese. Available at: http://www.lenntech.com/periodic/elements/mn.htm.

Langella, A. 2000. NH4, Cu,Zn, CD and pb exchange for Na in a sedimentary clinoptilite, north Sardinia, Italy. *Journal of Microporpous and Mesoporous Materials*, 37: 337-343.

Lee, I. H., Kuan, Y.C. & Chern, J.M. 2007. Equilibrium and kinetics of heavy metal ion exchange. *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers*, 38:71–84.

Samhan, A.F. 2008. Assessment of the ability of microalgae in removal of some industrial wastewater pollutants. M.Sc. Thesis. Botany Dept., Fac. of Sci., Beni-Suef University, Egypt.

Sawyer, C. N., Perry, L. M. & Parkin, J. F. 2003. Chemistry for environmental engineering and science. 5th ed. McGraw-Hill. New York.

Huang, X. F., Ling,J., Xu, J. C., Feng,Y. & Li, J. M. 2011. Advanced treatment of wastewater from an iron and steel enterprise by a constructed wetland/ultrafiltration/reverse osmosis process. *Desalination*, 269: 41–49.