نشریه شماره ۵، بهار و تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۲۵-۱۴

نشریه مدیریت بیابان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

بررسی وضعیت آلودگی پساب ناشی از فرآوری سنگ آهن در مناطق بیابانی (بررسی موردی: منطقهٔ بافق)

عبدالحسین رضائی‌پور باغدر[۱*]، حسن وقارفرد[۲]، حمیدرضا عظیم‌زاده[۳]، حمید غلامی[۲]، یحیی اسماعیل‌پور[۲]

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه هرمزگان
۲. عضو هیئت علمی دانشگاه هرمزگان
۳. عضو هیئت علمی دانشگاه یزد
* نویسنده مسئول: *Iranbaghedar@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۲

چکیده

آلودگی‌های محیط زیست به‌عنوان یکی عوامل بیابان‌زایی، از مهم‌ترین چالش‌های جوامع صنعتی و در حال توسعه می‌باشد. با توجه به وجود مکان‌های معدنی متعدد مهم‌ترین علت بیابان‌زایی توسعه صنعتی (تکنوژنیک) در منطقه بافق، آلودگی ناشی از صنایع و معادن است. پژوهش حاضر با هدف تعیین آلاینده‌های پساب ناشی از فرآوری سنگ آهن در منطقه بافق انجام گردیده است. ۱۶ نمونه طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۹ از پساب مذکور تهیه و ۱۸ متغیر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. پس از انجام آزمون‌های مربوط به نرمال بودن داده‌ها و واریانس یکطرفه، شاخص‌های *PI*، *IPI* و *MCd* برای داده‌های گردآوری شده تعیین شد. نتایج نشان داد ۲۷/۷٪ متغیرها بدون تغییر سالانه معنی‌دار و ۷۲/۳٪ متغیرها دارای نوسانات سالانه معنی‌دار می‌باشند. نتایج به دست آمده برای شاخص *PI* نشان داد ۶۶/۶٪ متغیرها در طبقه آلودگی کم و ۳۳/۴٪ متغیرها در طبقه آلودگی متوسط به بالا قرار دارند. نتایج به دست آمده برای شاخص *IPI* و *MCd* نشان داد که ۱۰۰ درصد نمونه‌ها در طبقه آلودگی پایین و خیلی پایین قرار دارند. بنابراین در مجموع پارامترهای نیترات(No_3) و سولفات(So_4) در طبقات آلودگی متوسط و بالا واقع شده و به‌عنوان متغیرهای اولیه آلاینده پساب ناشی از فرآوری شناخته شدند. با توجه به اینکه بوم نظام‌های (اکوسیستم) بیابانی حساس و شکننده می‌باشند، پیشنهاد می‌شود ضمن تعیین ارتباط غلظت متغیرهای آلاینده پساب فرآوری با رسوبات به جا مانده از آن برای بررسی کاهش آلاینده‌ها به روشی مناسب مانند گیاه‌پالایی اقدام شود. هم‌چنین به منظور درک بهتر فرایند بیابان‌زایی از شاخص‌های آلودگی زیست‌محیطی و نیترات و سولفات برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در حاشیه معدن‌های سنگ آهن مرکزی و منطقه بیابانی بافق بهره‌گیری شود.

واژگان کلیدی: بیابان‌زایی، آلودگی، پساب، *PI*، *IPI*، *MCd*.

Archive of SID

www.SID.ir

■ مقدمه

موضوع مورد بررسی در این پژوهش، در پیوند با مساله آلودگی‌های محیط زیست به‌عنوان یکی از شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی است. بر اساس کنوانسیون بیابان‌زایی، تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب در اثر عواملی مانند عوامل انسانی و عوامل طبیعی را بیابان‌زایی گویند. به عبارت دیگر هر جا عوامل پایه محیطی شامل آب، خاک و پوشش گیاهی دچار تزلزل و تخریب گردد، آنجا بیابان‌زایی اتفاق افتاده است (کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی، ۱۹۹۴).

عواملی که امروزه بیشتر موجب تشدید فرایند بیابان‌زایی و تخریب سرزمین می‌گردد عوامل انسانی است که می‌تواند نتیجه افزایش جمعیت و پیشرفت فن‌آوری (تکنولوژی) و استفاده نامناسب از منابع آب و خاک باشد. آلودگی‌های محیط زیست از جمله آلودگی آب به‌عنوان یکی از معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی، از مهم‌ترین چالش‌های جوامع صنعتی و در حال توسعه می‌باشد. فعالیت‌های انسانی به ویژه صنعتی با استحصال و مصرف آب همراه است، به‌طوری‌که موجب تولید پساب‌ها و پسماندها می‌شود که به احتمال با آلاینده‌هایی همراه خواهد بود و این آلاینده‌ها از راه‌های گوناگون وارد محیط زیست می‌شود. اعضای موجود در محیط پیرامون منابع آلاینده پس از دریافت آنها می‌توانند بخشی از آن‌ها را طی فرآیندهای طبیعی پالایش نمایند، لیکن در صورتی که بوم‌نظام‌ها با مقدار آلاینده‌های بیش از توان پالایش طبیعی خود روبرو شوند از نظر شرایط تعادل زیست محیطی دچار بحران گردیده و بیابان‌زایی آغاز می‌شود (عنابستانی، ۱۳۹۰).

اثرات محیط زیستی فعالیت‌های بشری، مهم‌ترین مشکلی است که امروزه به‌طور فزاینده مورد بررسی و سنجش قرار می‌گیرد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، گسترش معادن و صنایع متعدد و رهاسازی فاضلاب‌ها و پساب‌های ناشی از آن‌ها در طبیعت، احتمال تخریب خاک و منابع آبی افزایش پیدا کرده است. در صورتی که آلاینده‌های مذکور کنترل نگردد، پس از ورود به منابع آب و خاک وارد چرخه زیستی موجودات زنده شده و تاثیرات شگرفی بر بوم‌نظام منطقه خواهد گذاشت. جهت جلوگیری از ورود این آلاینده‌ها به خاک و منابع آبی منطقه می‌بایست با روشی مناسب حذف گردد که آگاهی از وضعیت آلودگی از ضروریات این امر می‌باشد. آلودگی‌های آب و پساب و نقش صنایع متعدد در ایجاد آن‌ها توسط پژوهشگران متعددی مورد مطالعه قرار گرفته است که برای بررسی پیوند این پژوهش با سایر پژوهش‌ها به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد: ایاسه و همکاران (۱۳۹۲) وضعیت آلودگی رسوب رودخانه بشار از نظر برخی فلزات کمیاب را مورد بررسی قرار داده و نتیجه‌گیری کردند که مطابق شاخص آلودگی[۱] PI رسوبات کف رودخانه بشار از نظر عناصر سرب، کروم، نیکل، روی و مس دارای آلودگی متوسط و از نظر عنصر کادمیوم دارای آلودگی زیاد می‌باشد. همچنین از نظر شاخص تجمعی آلودگی[۲] IPI ۱۰۰ درصد داده‌ها در طبقه آلودگی متوسط و از نظر شاخص درجه آلودگی[۳] M_{Cd} بیش از نیمی از داده‌ها در طبقه آلودگی متوسط قرار می‌گیرند.

عنابستانی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان نقش واحدهای صنعتی در ایجاد آلاینده‌های زیست‌محیطی در محدوده تامین آب شهر سبزوار نتیجه گرفتند که مقدار آلودگی ناشی از بار ازت واحدهای صنعتی منطقه در سال ۱۳۸۷ برابر ۲۳ تن می‌باشد که واحدهای چرم سازی با حدود ۴۵ درصد بیشترین نقش را داشته‌اند.

نصیری (۱۳۸۷) تبیین آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از استقرار نامناسب صنایع با استفاده از GIS[۴] و RS[۵] را مطالعه کرد و نتیجه گرفت اکثر واحدهای صنعتی موجود در سطح استان زنجان بر روی سفره‌های زیرزمینی قرار گرفته است که با تولید بیش از ۸۰۴۴ متر مکعب پساب صنعتی و با توجه به ویژگی نفوذپذیری خاک و سرعت نفوذ و حرکت سیالات، حجم زیادی از این پساب‌های تولید شده بدون تصفیه وارد محیط شده و موجب ایجاد آلودگی منابع آب زیرزمینی می‌شود.

---

[۱] شاخص آلودگی (*Pollution Index*)

[۲] شاخص تجمعی آلودگی

[۳] شاخص درجه آلودگی

[۴] سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (*Geographic Information Systems*)

[۵] سنجش از دور (*Remote Sensing*)

Archive of SID

www.SID.ir

Sartaj و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی روند انتشار و تجمع فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی در ۱۵ ایستگاه، شش ماه به صورت ماهیانه گزارش دادند که در بین فلزات، روی بیشترین مقدار را در رسوبات دارد و غلظت فلزات سنگین در رسوبات نقاط داخل تالاب نسبت به ایستگاه‌های دیگر کمتر است.

Zhang و همکاران (۲۰۱۱) به ارزیابی آلودگی فلزات سنگین ناشی از یک کارخانه ذوب آهن در رسوبات رودخانه شهری با استفاده از روش‌های مغناطیسی و ژئوزیست شیمیایی پرداختند. نتایج نشان داد که همزیستی ذرات مغناطیس و فلزات سنگین با ارتباط معنی‌داری بین آنها، این امکان را می‌دهد که از روش‌های مغناطیسی یه عنوان یک ابزار برای ارزیابی فلزات سنگین در مناطق صنعتی توسط روناب‌های سطحی استفاده شود.

Alhajji و همکاران (۲۰۱۱) غلظت فلزات کمیاب را در رودخانه ارونتس بررسی کردند. نتایج نشان داد که سرب و آرسنیک در سطوح طبیعی خود می‌باشند. در مقابل غلظت بالایی از فلزات دیگر مثل کروم، مس، نیکل و روی در سایت‌های دیگر یافت شد که دلیل آن فعالیت-های صنعتی و انسانی ذکر گردید.

Rajaram & Ashutosh (۲۰۰۸) در بررسی خود با عنوان آلودگی آب با پساب‌های صنعتی در هند معتقدند که هند به سوی وضع مقررات سختگیرانه‌تر نسبت به پساب-های صنعتی برای کنترل آلودگی آب حرکت می‌کند و بیشتر تلاش‌های لازم برای کاهش خطر برای سلامت عموم مردم مربوط به آلاینده‌های سمی است که عمدتاً بی‌رنگ و بی‌بو هستند و انتظار می‌رود که به اکوسیستم‌ها وارد شوند.

Wang و همکاران (۲۰۰۸) عتقدند که آلودگی آب ناشی از صنایع کوچک روستایی یک مشکل جدی در سراسر چین می‌باشد، در حالی که چین دارای یکی از سخت‌ترین قوانین حفاظت از محیط‌زیست در جهان است، اما اجرای این قوانین در مناطق روستایی موثر واقع نشده است.

نتایج پژوهش‌های محققان گویای این نکته است که با گسترش استخراج و بهره‌برداری از معادن و متعاقب آن استقرار صنایع فرآوری در کنار آن‌ها، احتمال آلودگی منابع آب و خاک افزایش پیدا کرده است. شهرستان بافق در منطقه خشک و بیابانی کشور قرار دارد و با توجه به وجود مکان‌های معدنی متعدد در آن مهم‌ترین علت بیابان‌زایی توسعه صنعتی و شهری ناشی از صنایع و معادن می‌باشد. از جمله این صنایع، کارخانه فرآوری سنگ آهن با تولید سالیانه بالغ بر ۳ میلیون تن کنسانتره آهن می‌باشد که پساب حاصل از آن به بستر انباشت باطله انتقال می‌یابد و می‌تواند موجب آلودگی منابع آب و خاک منطقه را فراهم آورد. بنابراین انجام پژوهشی مبنی بر پاسخگویی به این پرسش که ویژگی‌های پساب کارخانه فرآوری سنگ آهن بافق چیست و با چه آلاینده‌هایی همراه می‌باشد، ضروری به نظر می‌رسد. لیکن پژوهش حاضر با هدف تعیین آلاینده‌های پساب ناشی از فرآوری سنگ آهن و همچنین شناسایی منابع بالقوه آلاینده آب و خاک منطقه برای بررسی امکان رفع آن‌ها با روش گیاه‌پالایی انجام گردیده است.

■ مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی

معدن چغارت در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهر بافق و در ۱۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر یزد در حاشیه بیابان ایران مرکزی واقع شده که بیش از ۴۰ سال از شروع بهره‌برداری آن می‌گذرد. پس از عملیات حفاری، آتشباری و استخراج در پیت معدن، سنگ‌های ارسالی به کارخانه در سه مرحله به وسیله سنگ‌شکن‌های فکی و مخروطی، درشت‌دانه و دو مخروطی ریزدانه خرد و سپس توسط سرندها به دو بعد ذرات آگلومره (حداکثر ۱۰میلیمتر) و کوره بلند (۱۰ الی ۲۵ میلیمتر) با شرایط فنی توافق شده با ذوب آهن اصفهان در انبارهای ۳۵ هزار تنی به‌طور جداگانه انباشته و آماده حمل می‌شود. به‌منظور بهره‌برداری بهینه از سنگ‌های کم‌عیار استخراج شده از معدن چغارت و نیز معدن سه چاهون، احداث کارخانه فرآوری سنگ آهن از سال ۱۳۷۲ آغاز و در سال ۱۳۸۶ به بهره‌برداری رسید. کانسنگ‌های پرعیار و پرفسفر معدن چغارت و کم عیار معدن سه چاهون توسط سنگ شکن فکی تا ابعاد کوچکتر از ۳۰۰ میلی‌متر خرد شده و توسط نوار نقاله به انبار ذخیره و همگن‌سازی منتقل می‌گردد. مواد پس از برداشت از محوطه همگن‌سازی توسط نوار نقاله به آسیاب‌های نیمه‌خودشکن که شامل دو خط جداگانه چغارت و سه چاهون می‌باشد، منتقل می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد خروجی از مدار آسیاب با ابعاد کوچکتر از یک میلیمتر برای پرعیارسازی به دستگاه‌های جدایش مغناطیسی هدایت می‌گردد. کنسانتره آهن تولیدی پس از آبگیری توسط فیلتر نواری به انبار کنسانتره انتقال می‌یابد. مواد باطله پس از طی فرایند همرفتی در تیکنر و استحصال بخشی از آب بازیافتی، از طریق ۴ دریچه در زیر تیکنر تخلیه و پس از طی مسافتی حدود ۵ کیلومتر که ۲ کیلومتر آن لوله‌گذاری شده است وارد سدهای باطله (لاگون) می‌شود. پساب ناشی از فرآوری سنگ آهن در بافق مخلوطی از باطله‌های معدنی و آب به حالت دوغاب می‌باشد که در اثر نیروی ثقل و به وسیله لوله به پائین دست کارخانه مذکور خارج از سایت فرآوری هدایت و در آنجا تجمع می‌یابد. به احتمال پساب مذکور با آلاینده‌هایی همراه است که علی‌رغم در نظر گرفتن اقدام‌های پیشگیرانه آغازی موجب آلودگی خاک و به دنبال آن منابع آب زیرزمینی می‌شود.

روش پژوهش

برای تعیین آلاینده‌های پساب ناشی از کارخانه فرآوری و بررسی مقدار و نحوهٔ تغییر آلاینده‌ها، نمونه-برداری از خروجی پساب از خردادماه سال ۱۳۸۹ تا اسفندماه سال ۱۳۹۲ به مدت۴ سال انجام شد. نمونه‌ها با استفاده از بطری روتنر به مقدار ۰/۵ لیتر و در مجموع ۱۶ نمونه (حتی الامکان هر فصل یک نمونه) از پساب مورد نظر تهیه گردید. پس از اتیکت‌گذاری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و غلظت فلزات کمیاب شامل نقره(*Ag*)، آلومینیوم(*Al*)، آرسنیک(*As*)، بریلیوم(*Be*)، کادمیوم(*Cd*)، کبالت(*Co*)، کروم(*Cr*)، مس(*Cu*)، آهن(*Fe*)، منگنز(*Mn*)، مولیبدن(*Mo*)، سرب(*Pb*)، سلنیوم(*Se*) و وانادیوم(*V*) به روش جذب اتمی و همچنین غلظت متغیرهای نیتریت(No_2)، نیترات(No_3)، سولفات(So_4) و فسفات بر حسب فسفر(Po_4) به روش اسپکتروفتومتری تعیین شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار *Excell* گروه‌بندی و آماده‌سازی شد و در گام بعد تابعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از نرم افزار *SPSS* و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌های متغیرهای مورد مطالعه، برای مقایسه غلظت آن‌ها در بین سال‌های مورد مطالعه از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد (بی‌همتا و همکاران، ۱۳۸۷).

سپس با استفاده از شاخص آلودگی (*PI*) مقدار آلودگی متغیرهای اندازه‌گیری شده، برآورد شد. از شاخص آلودگی (*Pollution Index*) برای برآورد مقدار آلودگی در یک محیط ویژه بهره‌گیری می‌شود. این شاخص برای نمونه‌های آب گرفته شده در قالب نسبت غلظت عنصر مورد نظر (C_i) در نمونه‌های آب به مقدار زمینه همان عنصر در منطقه (B_i) مورد استفاده قرار می‌گیرد (رابطه ۱).

$$\mathrm{PI} = \frac{Ci}{Bi} \qquad (۱)$$

بر اساس شاخص آلودگی، سه دسته آلودگی کم ($PI \leq 1$)، متوسط ($1 < PI \leq 3$)، و زیاد ($PI \geq 3$) معرفی شده است. طبقه‌بندی فاکتور آلودگی *PI* در جدول ۱ آورده شده است (ایاسه و همکاران، ۱۳۹۲). در این پژوهش برای محاسبه شاخص آلودگی به جای مقدار زمینه از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست استفاده گردید که مقادیر آن در جدول ۲ آورده شده است (شاعری و همکاران، ۱۳۹۱).

در ادامه برای تعیین تغییر آلودگی از دو شاخص *IPI* و MC_d استفاده شد. سطح آلودگی با استفاده از رابطه ۲ که شاخص بار آلودگی است و توسط تاملینسون (۱۹۸۰) ارائه شده است، محاسبه شد. در این رابطه PI_1 تا PI_n فاکتورهای آلودگی محاسبه شده برای اولین نمونه تا nامین نمونه اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد.

$$\mathrm{IPI} = (\prod_{i=1}^{n} PIi)^{1/n} \qquad (۲)$$

هاکانسون (۱۹۸۰) شاخص دیگری با نام درجه آلودگی را ارائه کرد که در سال ۲۰۰۵ آبراهم آن را به شکل رابطه ۳ توسعه داد.

$$Mcd = \sum_{i=1}^{n} \frac{PIi}{n} \qquad (۳)$$

طبقه‌بندی شاخص‌های *IPI* و MC_d در جدول‌های ۳ و ۴ آمده است (ایاسه و همکاران، ۱۳۹۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱. تقسیم بندی کیفی فاکتور آلودگی *PI*

تقسیم بندی فاکتور آلودگی	مقادیر *PI*
آلودگی کم	$PI \leq ۱$
آلودگی متوسط	$۱ < PI \leq ۳$
آلودگی زیاد	$PI \geq ۳$

جدول ۲. مقادیر عناصر مورد بررسی بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست

	Ag	*Al*	*As*	*Be*	*Cd*	*Co*	*Cr*	*Cu*	*Fe*	*Mn*	*Mo*	*No2*	*No3*	*Po4*	*Pb*	*Se*	*So4*	*V*
حد مجاز برای تخلیه به آب‌های زیرزمینی (*ppm*)	۰/۱	۵	۰/۱	۱	۰/۱	۱	۱	۱	۲	۱	۰/۰۱	۱۰	۱۰	۶	۱	۰/۱	۴۰۰	۰/۱

جدول ۳. تقسیم‌بندی کیفی شاخص تجمعی *IPI*

تقسیم‌بندی کیفی شاخص تجمعی آلودگی	مقادیر *IPI*
آلودگی کم	$IPI \leq ۱$
آلودگی متوسط	$۱ < IPI \leq ۲$
آلودگی زیاد	$IPI \geq ۲$

جدول ۴. تقسیم‌بندی کیفی شاخص درجه آلودگی اصلاح شده MC_d

تقسیم بندی کیفی شاخص درجه آلودگی اصلاح شده	مقدار MC_d
درجه خیلی پایین	$MC_d \leq ۱/۵$
درجه پایین	$۱/۵ \leq MC_d < ۲$
درجه متوسط	$۲ \leq MC_d < ۴$
درجه بالا	$۴ \leq MC_d < ۸$
درجه خیلی بالا	$۸ \leq MC_d < ۱۶$
درجه شدید	$۱۶ \leq MC_d < ۳۲$
درجه خیلی شدید	$MC_d \geq ۳۲$

■ نتایج

بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای کلیه متغیرهای مورد مطالعه نشان داد که تمامی متغیرها در سطح اطمینان ۰/۰۵ نرمال می‌باشد. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، برای مقایسه میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در سال‌های ۹۲-۸۹ در پساب کارخانه فرآوری سنگ آهن در بافق از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۵ آمده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان می‌دهد که آزمون F برای متغیرهای نقره، آرسنیک، کبالت، کروم، مس و منگنز در سطح ۰/۰۵ و متغیرهای آلومینیوم، بریلیوم، سلنیوم و سولفات در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد. در نتیجه فرض H_0 که بیان کننده این است که میانگین تمامی صفات با هم مساوی هستند به دلیل اینکه حداقل بین یک صفت از میانگین‌ها اختلاف وجود دارد رد می‌شود و سال‌های اندازه‌گیری حداقل در یک صفت میانگین متغیرها با یکدیگر اختلاف دارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در پساب فرآوری طی سال‌های ۹۲-۸۹

متغیر	منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig.
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۴/۰۰۶	۰/۰۳۴ *
Ag	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۰۳	۰/۰		
	مجموع	۱۵	۰/۰۰۶			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۲۳۶	۰/۰۷۹	۸/۱۳۲	۰/۰۰۳ **
Al	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۱۱۶	۰/۰۱۰		
	مجموع	۱۵	۰/۳۵۲			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۴۹۲	۰/۱۶۴	۴/۱۳۶	۰/۰۳۱ *
As	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۴۷۶	۰/۰۴۰		
	مجموع	۱۵	۰/۹۶۸			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰	۰/۰	۹/۶۰۷	۰/۰۰۲ **
Be	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰	۰/۰		
	مجموع	۱۵	۰/۰			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰	۰/۰	۱/۰۹۵	۰/۳۸۹
Cd	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰		
	مجموع	۱۵	۰/۰۰۲			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۴/۵۹۷	۰/۰۲۳ *
Co	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱		
	مجموع	۱۵	۰/۰۱۶			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۵/۸۰۹	۰/۰۱۱ *
Cr	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰		
	مجموع	۱۵	۰/۰۱۳			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۵۵	۰/۰۱۸	۵/۱۷۸	۰/۰۱۶ *
Cu	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۴۲	۰/۰۰۴		
	مجموع	۱۵	۰/۰۹۷			
	بین گروه‌ها	۳	۱/۷۷۳	۰/۵۹۱	۱/۶۹۱	۰/۲۲۲
Fe	درون گروه‌ها	۱۲	۴/۱۹۴	۰/۳۴۹		
	مجموع	۱۵	۵/۹۶۷			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۴/۲۸۸	۰/۰۲۸ *
Mn	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱		
	مجموع	۱۵	۰/۰۱۵			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	۳/۳۵۸	۰/۰۵۵
Mo	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱		
	مجموع	۱۵	۰/۰۲۴			
	بین گروه‌ها	۳	۷۴/۷۷۷	۲۴/۹۲۶	۱/۱۶۵	۰/۳۶۴
No2	درون گروه‌ها	۱۲	۲۵۶/۸۵۱	۲۱/۴۰۴		
	مجموع	۱۵	۳۳۱/۶۲۸			
	بین گروه‌ها	۳	۱۴۵۳۳/۳۲۹	۴۸۴۴/۴۴۳	۲/۷۳۱	۰/۰۹۰
No3	درون گروه‌ها	۱۲	۲۱۲۸۳/۵۱۱	۱۷۷۳/۶۲۶		
	مجموع	۱۵	۳۵۸۱۶/۸۴۰			
	بین گروه‌ها	۳	۳/۶۳۹	۱/۲۱۳	۲/۰۲۱	۰/۱۶۵
Po4	درون گروه‌ها	۱۲	۷/۲۰۳	۰/۶۰		
	مجموع	۱۵	۱۰/۸۴۲			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸	۱/۱۰۵	۰/۳۸۵
Pb	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۸۹	۰/۰۰۷		
	مجموع	۱۵	۰/۱۱۴			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۷۸۰	۰/۲۶۰	۵/۹۱۶	۰/۰۱۰ **
Se	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۵۲۸	۰/۰۴۴		
	مجموع	۱۵	۱/۳۰۸			
	بین گروه‌ها	۳	۱۶۳۰۱۴۲/۱۴۹	۵۴۳۳۸۰/۷۱۶	۸/۲۳۸	۰/۰۰۳ **
So4	درون گروه‌ها	۱۲	۷۹۱۴۹۲/۱۲۸	۶۵۹۵۷/۶۷۷		
	مجموع	۱۵	۲۴۲۱۶۳۴/۲۷۶			
	بین گروه‌ها	۳	۰/۰۰۱	۰/۰	۲/۴۲۰	۰/۱۱۷
V	درون گروه‌ها	۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰		
	مجموع	۱۵	۰/۰۰۲			

* وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪، ** وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱٪

Archive of SID

www.SID.ir

در مرحله بعد برای جدا کردن گروه‌های مختلف و بررسی اینکه کدام یک از سال‌ها مشابه بوده و یا به عبارتی دیگر اینکه چه صفاتی در سال‌های اندازه‌گیری مشترک یا متفاوت می‌باشد از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد که نتایج آن در جدول ۶ آمده است. مطابق این نتایج در چهار سال اندازه‌گیری متغیرهای کادمیوم، آهن، نیتریت، فسفات بر حسب فسفر و سرب در یک گروه قرار گرفته و میانگین آن‌ها با همدیگر تفاوتی ندارد. لیکن همانگونه که جدول ۶ نشان می‌دهد برای متغیر نقره بین سال‌های ۹۰، ۹۱ و ۹۲ با سال ۸۹ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. به عبارت دیگر گروه‌بندی انجام شده نشان می‌دهد از لحاظ نقره سال‌های ۹۰، ۹۱ و ۹۲ در یک گروه و سال ۸۹ به تنهایی در گروه دیگر قرار می‌گیرد. برای متغیر نقره بیشترین میانگین مربوط به سال ۸۹ برابر ۰/۰۳۴ می‌باشد. از لحاظ متغیر آلومینیوم سال ۸۹ به تنهایی در یک گروه، سال‌های ۹۰ و ۹۲ در گروه دیگر و نیز سال‌های ۹۱ و ۹۲ در یک گروه قرار می‌گیرند. بیشترین میانگین برای آلومینیوم ۰/۳۴ مربوط به سال ۹۰ می‌باشد. در مورد آرسنیک سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۱ در یک گروه و سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۲ در گروه دیگر قرار می‌گیرند. برای متغیر بریلیوم بین سال‌های ۸۹ و ۹۰ با سال‌های ۹۱ و ۹۲ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بیشترین مقدار میانگین بریلیوم ۰/۰۰۸ مربوط به سال ۸۹ می‌باشد. از لحاظ کبالت سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۲ در یک گروه و سال‌های ۹۱ و ۹۲ در گروه دیگر قرار می‌گیرند. در مورد کروم سال‌های ۸۹ و ۹۱ در یک گروه، سال‌های ۹۱ و ۹۲ در گروه دیگر و نیز سال‌های ۹۰ و ۹۲ در یک گروه جداگانه قرار می‌گیرند.

جدول ۶. دسته‌بندی میانگین متغیرهای اندازه گیری شده در پساب فرآوری طی سال‌های ۹۲-۸۹ بر اساس آزمون دانکن

متغیر اندازه گیری شده	سال اندازه گیری			
(*ppm*)	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲
Ag	۰/۰۳۴ *ab*	۰/۰۲۷ *a*	۰/۰۲۱ *a*	۰/۰۵۶ *b*
Al	۰/۰۰۵ *a*	۰/۳۴ *c*	۰/۱۳ *ab*	۰/۲۰۷ *bc*
As	۰/۳۲ *ab*	۰/۳۲ *ab*	۰/۱۰۱ *a*	۰/۵۹ *b*
Be	۰/۰۰۸ *a*	۰/۰۰۷ *a*	۰/۰۰۲۳ *b*	۰/۰۰۲۲ *b*
Cd	۰/۰۳۲ *a*	۰/۰۳۲ *a*	۰/۰۲۸ *a*	۰/۰۱۹ *a*
Co	۰/۰۸۱ *b*	۰/۰۷۲ *b*	۰/۰۲۴ *a*	۰/۰۴۳ *ab*
Cr	۰/۰۰۵ *a*	۰/۰۶۱ *c*	۰/۰۱۸ *ab*	۰/۰۴۷ *bc*
Cu	۰/۰۰۵ *a*	۰/۰۴۱ *a*	۰/۰۳۰ *a*	۰/۱۵۷ *b*
Fe	۰/۸۲۵ *a*	۱/۱۱۷ *a*	۰/۲۸۶ *a*	۰/۴۰۱ *a*
Mn	۰/۰۰۴ *a*	۰/۰۳۴ *ab*	۰/۰۳۵ *ab*	۰/۰۶۶ *b*
Mo	۰/۰۰۵ *a*	۰/۰۷۳ *b*	۰/۰۳۵ *ab*	۰/۰۶۳ *b*
No2	۵/۹۴ *a*	۷/۲۵ *a*	۶/۶۱ *a*	۱/۷۲ *a*
No3	۵/۷۶ *ab*	۸/۷۶ *ab*	۱/۲۴ *b*	۴/۶۳ *a*
Po4	۱/۱۳ *a*	۰/۸۵۱ *a*	۰/۱۵۴ *a*	۰/۲۱۵ *a*
Pb	۰/۱ *a*	۰/۱ *a*	۰/۱۵ *a*	۰/۱۹ *a*
Se	۰/۹۱ *a*	۰/۹۱ *a*	۰/۴ *b*	۰/۵۷ *b*
So4	۲/۲۲ *a*	۸/۲۴ *b*	۹/۵۳ *b*	۲/۹۵ *a*
V	۰/۰۳۴ *ab*	۰/۰۳۴ *ab*	۰/۰۲۳ *a*	۰/۰۴۰ *b*

حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار و حروف یکسان بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

برای متغیر مس بین سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۱ با سال ۹۲ اختلاف معنی‌دار وجود داشته و بیشترین مقدار میانگین مربوط به سال ۹۲ و برابر ۰/۱۵۷ می‌باشد. از نظر منگنز سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۱ در یک گروه و سال‌های ۹۰، ۹۱ و ۹۲ در گروه دیگر قرار می‌گیرند. در مورد متغیر مولیبدن سال‌های ۸۹ و ۹۱ در یک گروه و سال‌های ۹۰ و

Archive of SID

www.SID.ir

۹۲ در گروه‌بندی جداگانه قرار می‌گیرند. از لحاظ نیترات سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۲ در یک گروه و سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۱ در گروه دیگر قرار دارند. در مورد متغیر سلنیوم بین سال‌های ۸۹ و ۹۰ با سال‌های ۹۱ و ۹۲ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بیشترین مقدار میانگین سلنیوم ۰/۹۱ مربوط به سال‌های ۸۹ و ۹۰ می‌باشد. از لحاظ سولفات سال‌های ۸۹ و ۹۲ در یک گروه و سال‌های ۹۱ و ۹۲ در گروه جداگانه‌ای قرار می‌گیرند. برای پارامتر وانادیوم سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۱ در یک دسته‌بندی و سال‌های ۸۹، ۹۰ و ۹۲ در دسته‌بندی دیگری قرار می‌گیرند.

سپس با استفاده از شاخص آلودگی (PI) و بر پایه استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست مقدار آلودگی متغیرهای اندازه‌گیری شده در پساب کارخانه فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق برآورد شد که نتایج آن در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷. مقادیر شاخص *PI* برای نمونه‌های پساب فرآوری سنگ آهن

نوبت اندازه گیری	*Ag*	*Al*	*As*	*Be*	*Cd*	*Co*	*Cr*	*Cu*	*Fe*
خرداد۸۹	۰/۳۴	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵
شهریور۸۹	۰/۳۴	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۶۵
آذر۸۹	۰/۳۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۵۵
اسفند۸۹	۰/۳۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۴۵
خرداد۹۰	۰/۳۴	۰/۰۶۸	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۶	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۰/۰۵	۰/۰۴۱	۰/۶۷
شهریور۹۰	۰/۳۴	۰/۰۶۸	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۰/۰۵	۰/۰۴۱	۰/۰۳
آذر۹۰	۰/۰۷	۰/۰۶۸	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۳۲	۰/۰۴۷۸	۰/۰۵	۰/۰۴۱	۰/۳۳۵
اسفند۹۰	۰/۳۴	۰/۰۶۸	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۰/۰۹۷	۰/۰۴۱	۱/۲
خرداد۹۱	۰/۱۷	۰/۰۲۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱۲	۰/۱۰۳
شهریور۹۱	۰/۱۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱۲	۰/۱۴
آذر۹۱	۰/۳۴	۰/۰۶۸	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۳۲	۰/۰۸۱	۰/۰۵	۰/۰۴۱	۰/۰۳
اسفند۹۱	۰/۱۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۳	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۸	۰/۳
خرداد۹۲	۰/۱۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱۲	۰/۱۱۵
شهریور۹۲	۰/۷	۰/۰۵۶	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۳۱	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۰۶۱	۰/۱۵	۰/۲۲۷
آذر۹۲	۰/۶۹	۰/۰۵	۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۲۲	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۰۶۱	۰/۲۴	۰/۲۳۰
اسفند۹۲	۰/۷	۰/۰۵۶	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۳۱	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۰۶۱	۰/۲۴	۰/۲۳۰

نوبت اندازه گیری	*Mn*	*Mo*	*No2*	*No3*	*Po4*	*Pb*	*Se*	*So4*	*V*
خرداد۸۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۸۴	۰/۰۰۰۲	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۰/۹۵	۰/۳۴
شهریور۸۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۹۳	۰/۴۵	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۰/۴۷۵	۰/۳۴
آذر۸۹	۰/۰۰۱	۰/۱	۱/۱۲	۱۱/۱۷۶	۰/۱۳۲	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۰/۴	۰/۳۴
اسفند۸۹	۰/۰۰۱	۰/۱	۱/۰۵۶	۱۱/۷۰۴	۰/۲۹۱۵	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۰/۴	۰/۳۴
خرداد۹۰	۰/۰۲۹	۰/۹۵	۰/۶۰۱	۷/۲۴۱	۰/۳۸۵	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۳/۲۳۳۷	۰/۳۴
شهریور۹۰	۰/۰۵۱۸	۰/۹۸	۱/۴۴۴	۱۴/۸	۰/۰۷۹۷	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۲/۰۵۴۲	۰/۳۴
آذر۹۰	۰/۰۲۹	۰/۱۲	۱/۴۰۵	۸/۲۹	۰/۰۸۷۷	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۲/۱۴۴۵	۰/۳۴
اسفند۹۰	۰/۰۲۹	۰/۸۹	۰/۴۵	۴/۷۳	۰/۰۱۵	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۰/۸۱۲۸	۰/۳۴
خرداد۹۱	۰/۰۸۷	۰/۱۵	۰/۴۵	۱۱/۷۱	۰/۰۰۵	۰/۱۴	۰/۰۰۲۳	۲/۹۱۵۸	۰/۲
شهریور۹۱	۰/۰۰۱	۰/۱۵	۰/۴۹	۱۴/۶۹	۰/۰۰۵	۰/۲۴	۰/۰۰۲۳	۳/۰۷۶۵	۰/۲
آذر۹۱	۰/۰۵۱۸	۰/۹۷	۱/۴۴۴	۱۴/۸	۰/۰۷۹۷	۰/۱	۰/۰۰۹۱	۲/۰۵۴۲	۰/۳۴
اسفند۹۱	۰/۰۰۱	۰/۱۵	۰/۲۶	۸/۳۴۳	۰/۰۱۳۲	۰/۱۴	۰/۰۰۲۳	۱/۴۸۶۸	۰/۲
خرداد۹۲	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۰۱۹	۴/۹۵۲	۰/۰۴۱۷	۰/۱۴	۰/۰۰۲۳	۰/۹۰۶۶	۰/۲
شهریور۹۲	۰/۰۸	۰/۷۹	۰/۲۲۶	۴/۵۱	۰/۰۳۵۵	۰/۱۷	۰/۰۰۷۵	۰/۹۰۸۴	۰/۵۶
آذر۹۲	۰/۰۴۸	۰/۸	۰/۲۳۱	۴/۶۸۴	۰/۰۳۶۷	۰/۰۴	۰/۰۰۵۵	۰/۶۳۴۳	۰/۳۴
اسفند۹۲	۰/۰۴۸	۰/۷۹	۰/۲۱۳	۴/۳۸۴	۰/۰۳	۰/۴۲	۰/۰۰۷۵	۰/۵۰۹۸	۰/۵۲

Archive of SID

www.SID.ir

مطابق جدول ۷ مقدار فاکتور آلودگی (*PI*) برای متغیرهای نقره (*Ag*)، آرسنیک (*As*)، آلومینیوم (*Al*)، بریلیوم (*Be*)، کادمیوم (*Cd*)، کبالت (*Co*)، کروم (*Cr*)، مس (*Cu*)، منگنز (*Mn*)، مولیبدن (*Mo*)، فسفات بر حسب فسفر (PO_4)، سرب (*Pb*)، سلنیوم (*Se*) و وانادیوم (*V*) نشان می‌دهد که ۱۰۰ درصد نمونه‌ها در طبقه آلودگی کم قرار دارند. در مورد آهن(*Fe*) ۹۳/۷۵ درصد داده‌ها در طبقه آلودگی کم و ۶/۲۵ درصد در طبقه آلودگی متوسط قرار دارند.

در مورد متغیر نیتریت(*No2*) ۶۸/۷۵ درصد داده‌ها در طبقه آلودگی کم و ۳۱/۲۵ درصد در طبقه آلودگی متوسط قرار می‌گیرند. برای متغیر نیترات(NO_3) ۱۲/۵ درصد در طبقه آلودگی کم و ۸۷/۵ درصد داده‌ها در طبقه آلودگی زیاد واقع می‌گردند. در نهایت برای متغیر سولفات (SO_4) ۵۶/۲۵ درصد داده‌ها در طبقه آلودگی کم، ۳۱/۲۵ درصد در طبقه متوسط و ۱۲/۵ درصد داده‌ها در طبقه آلودگی زیاد واقع می‌گردند.

در مرحله بعد برای تعیین تغییر آلودگی و تکمیل روند شناسایی متغیرهای آلاینده پساب کارخانه فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق از شاخص‌های *IPI* و *MCd* بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۸ آمده است.

جدول ۸. مقادیر شاخص‌های *IPI* و *MCd* برای نمونه‌های پساب فرآوری سنگ آهن

نوبت اندازه گیری	*IPI*	*MCd*
خرداد۸۹	۰/۰۱۴	۰/۱۲۹
شهریور۸۹	۰/۰۳۱	۰/۱۶۷
آذر۸۹	۰/۰۶۵	۰/۸۱۶
اسفند۸۹	۰/۰۶۷	۰/۸۴۵
خرداد۹۰	۰/۱۴۴	۰/۸۰۳
شهریور۹۰	۰/۱۲۴	۱/۱۵۵
آذر۹۰	۰/۰۹۹	۰/۶۹۲
اسفند۹۰	۰/۱۱۶	۰/۵۲۹
خرداد۹۱	۰/۰۲۵	۰/۸۸۸
شهریور۹۱	۰/۰۳۰	۱/۰۹۸
آذر۹۱	۰/۱۲۴	۱/۱۵۴
اسفند۹۱	۰/۰۳۸	۰/۶۳۷
خرداد۹۲	۰/۰۲۵	۰/۳۷۸
شهریور۹۲	۰/۱۲۳	۰/۴۸۹
آذر۹۲	۰/۱۰۳	۰/۴۶۶
اسفند۹۲	۰/۱۲۲	۰/۴۷۳

مطابق جدول ۸ مقادیر شاخص تجمعی *IPI* نشان می‌دهد که ۱۰۰ درصد نمونه‌ها در طبقه آلودگی پایین قرار دارند. همچنین نتایج مندرج در جدول ۸ بیان می‌کند که از نظر شاخص *MCd* نیز ۱۰۰ درصد نمونه‌ها درجه خیلی پایین آلودگی را از خود نشان می‌دهند.

■ بحث و نتیجه گیری

مطابق نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، طی چهار سال اندازه‌گیری در پساب کارخانه فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق (۱۳۹۲-۱۳۸۹) متغیرهای کادمیوم، آهن، نیتریت، فسفات بر حسب فسفر و سرب در یک گروه قرار گرفته و میانگین آن‌ها با همدیگر تفاوتی ندارد.

Archive of SID

www.SID.ir

در مورد سایر متغیرها بین سال‌های اندازه‌گیری اختلاف معنی‌دار وجود دارد به نحوی که متغیرهای آلومینیوم، کروم و مولیبدن نوسانات سالیانه بالایی داشته و متغیرهای نقره، آرسنیک، بریلیوم، کبالت، مس، منگنز، نیترات، سلنیوم، سولفات و وانادیوم نیز طی سال‌های اندازه‌گیری دچار نوسان شده و در گروه‌بندی متفاوت قرار می‌گیرند.

همچنین نتایج این پژوهش در تعیین مقدار فاکتور آلودگی (PI) برای متغیرهای نقره، آرسنیک، آلومینیوم، بریلیوم، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، منگنز، مولیبدن، فسفات بر حسب فسفر، سرب، سلنیوم و وانادیوم نشان می‌دهد که ۱۰۰ درصد نمونه‌ها در طبقه آلودگی کم قرار دارند. در مورد متغیرهای آهن، نیتریت، نتیرات و سولفات تعدادی از نمونه‌ها در طبقات متوسط و بالای آلودگی قرار گرفته و برآوردی از آلایندگی عناصر مزبور را در پساب کارخانه فرآوری به‌دست می‌دهند. سایر پژوهشگران نظیر ایاسه و همکاران (۱۳۹۲) و الحاجی و همکاران (۲۰۱۱) به نتایج مشابهی دست یافتند.

یافته‌های این پژوهش در گام نهایی روشن می‌سازد که مطابق شاخص تجمعی IPI ۱۰۰ درصد داده‌ها در طبقه آلودگی پایین قرار گرفته و مطابق شاخص درجه آلودگی MCd نیز ۱۰۰ درصد نمونه‌ها درجات خیلی پایینی از آلودگی را دارا می‌باشند.

بنابراین در مجموع متغیرهای نیترات(NO_3) و سولفات(SO_4) به‌عنوان آلاینده‌های پساب کارخانه فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق شناخته می‌شوند. پژوهشگرانی نظیر ایاسه و همکاران (۱۳۹۲)، الحاجی و همکاران (۲۰۱۱)، سرتاج و همکاران (۲۰۱۲) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) به نتایج مشابهی در این خصوص دست یافته و برخی از متغیرها را به‌عنوان متغیرهای آلاینده تلقی نمودند.

نیترات و سولفات در فهرست آلاینده‌های پساب کارخانه فرآوری سنگ آهن بافق قرار دارند. در بین آلاینده‌های مختلف آب، ظاهراً هیچ کدام مانند نیتروژن بی‌خطر نیستند. با این همه مصرف آب‌های آلوده به نیترات زیاد، نه تنها سلامت کودکان را به مخاطره می‌اندازد، بلکه مستند به پژوهش‌های متعدد، مصرف دراز مدت این آب‌ها به بروز سرطان می‌انجامد (گیتی، ۱۳۹۰).

منشأ سولفات می‌تواند ماهیت سنگ خوراک کارخانه فرآوری باشد که از اعماق زمین استخراج می‌گردد. بخشی از سنگ آهن استخراج شده گوگردی است و از طرفی انواع فلزات سنگین نیز به شکل‌های مختلف می‌تواند همراه سنگ استخراجی وارد سیکل فرآوری گردد. منشأ نیترات موجود در پساب فرآوری مواد منفجره مصرفی در فرآیند استخراج سنگ از معدن است این مواد شامل نیترات آمونیوم به اضافه گازوئیل است که با نام‌های امولایت و آمفو شناخته می شود.

با عنایت به اینکه بوم‌نظام‌های بیابانی حساس و شکننده بوده و در مقابل کوچک‌ترین تغییرات محیطی واکنش نشان می‌دهند، در صورتی‌که آلاینده‌های پساب فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق کنترل نشده و به دنبال آن روند بیابان‌زایی تکنوژنیک مهار نگردد، پس از ورود به منابع آب و خاک، وارد چرخه زیستی موجودات زنده شده و علاوه بر بروز مشکلات زیست محیطی متعدد، تاثیرات شگرفی بر بوم‌نظام منطقه خواهد گذاشت.

در مجموع نتایج این پژوهش حاکی از این است که روند بیابان‌زایی در منطقه بافق تشدید شده است. لذا برای کنترل بیابان‌زایی حاصل از توسعه شهری و صنعتی و جلوگیری از ورود آلاینده‌ها به خاک و منابع آبی منطقه، می‌بایست با روشی مناسب حذف گردد. یافته‌های این پژوهش ضمن شناسایی منابع بالقوه آلاینده آب و خاک منطقه، راهگشای پژوهش‌های آینده برای بررسی امکان رفع آن‌ها با روش گیاه‌پالایی می‌باشد. لیکن پیشنهاد می‌گردد تغییر غلظت متغیرهای نیترات و سولفات در رسوبات برجای مانده از ته‌نشینی پساب (که تحت عنوان پسماند تلقی می‌گردد) بررسی و ارتباط غلظت این آلاینده‌ها بین پساب و رسوبات به جا مانده بررسی شود.

علاوه بر این پیشنهاد می‌گردد شدت بیابان‌زایی در حاشیه سنگ آهن مرکزی و منطقه بیابانی بافق با استفاده از مدل‌های مرسوم و با در نظر گرفتن معیار آلودگی زیست‌محیطی و شاخص‌های نیترات و سولفات تعیین شود.

Archive of SID

www.SID.ir

■ منابع

۱. ایاسه، ک. عظیم‌زاده، ح. ستوده. ا. و پورشیرزاد، ع. (۱۳۹۲). بررسی وضعیت آلودگی رسوب رودخانه بشار از نظر برخی فلزات کمیاب، پایان نامه، کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد.

۲. بی‌همتا، م و زارع‌چاهوکی، م. (۱۳۸۷). اصول آمار در علوم منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۰ ص.

۳. شاعری، ع و رحمتی، ع. (۱۳۹۱). قوانین، مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیست انسانی. انتشارات حک تهران، ۳۴۰ ص.

۴. عنابستانی، ع و قربانی، م. (۱۳۹۰). نقش واحدهای صنعتی در ایجاد آلاینده‌های زیست محیطی. *مجله آمایش سرزمین*، سال سوم، شماره ۴: ۲۳- ۴۳.

۵. کنوانسیون مقابله با بیابانزایی. (۱۹۹۴).

۶. گیتی، ع. (۱۳۹۰). بیابان بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی. انتشارات علم کشاورزی ایران، ۷۰۰ ص.

۷. نصیری، ا. (۱۳۸۷). تبیین آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از استقرار نامناسب صنایع با استفاده از *GIS* و *RS*. *فصلنامه چشم‌انداز جغرافیایی*، سال سوم، شماره ۷: ۱۹۳-۱۷۷.

8. *Alhajji, E., and Ismail I.M. (2011). Trace elements concentration in sediments of Orontes River using PIXE technique. Global NEST Journal, Volum11 (1): 1818-1824.*

9. *Rajaram, T., & Ashutosh, D. (2008). Water pollution by industrial effluents in India: Discharge scenarios and case for participatoryecosystem specific local regulation. Journal of Futures, Number 40: pp 56–69.*

10. *Sartaj, M., Fathollah,i F., & Filizaedh Y. (2012). An Investigation of the evolution of distribution and accumulation of heavy metals in Anzali wetland's sediments. Iranian Journal of Natural Resources, Number 58(3): 623-634.*

11. *Wang, M., Webber,.M., Finlayson, B., & Barnett, J. (2008). Rural industries and water pollution in China. Journal of Environmental Management, Number 86: 648–659.*

12. *Zhang, C., Qiao, Q., piper, J., & Huang, J. (2011). Assessment of Heavy Metal Pollution from a Fe-smelting factory urban river sediments using environmental, Magnetic and Geochemical Methods. Journal of Environmental Pollution, Number 3: 3057- 3070.*

Archive of SID

www.SID.ir

No. 4, Spring & Summer, 2015, pp 14-25

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Study of Pollution of Waste Water Caused By Iron Ore Processing In Desert Areas (Case Study: Bafgh Area)

A. Rezaeipour Baghdar*[1], H. Vagarfard[2], H.R. Azimzadeh[3], H. Gholami[2], Y. Esmaeilpour[2]

1- Ph.D. Student, Hormozgan University, Iran
2- Faculty member, Hormozgan University, Iran
3- Faculty member, Yazd University, Iran
** Corresponding author, E-mail: Iranbaghedar@yahoo.com*

Received: 13/11/2015 ***Accepted: 21/7/2014***

Abstract

Environmental pollution as technologic desertification factor is the most important challenging issue in industrialized and developing societies. Due to the presence of several mineral sites in Bafgh, the most important reason of desertification is pollution caused by industries and mines. This study aims to determine the emissions effluent from processing iron ore in the Bafgh region. Totally, 16 samples of effluent were taken over the period 2008- 2013, and 18 parameters were measured in the laboratory. After testing the related data normality and variance analysis, index of PI, IPI and MCd were determined for the collected data. The results showed that 27.7% of the parameters are without non-significant year changing while 72.3% of the parameters have significant annual changes. The results for the PI index showed that 66.6% of the parameters show less contamination level and 33.4% of the parameters are at moderate to high contamination level. According to the results obtained for the IPI and MCd index, Nitrate (NO3) and Sulfate (SO4) classified at the moderate and high levels of pollution and determined as the contaminants of effluent from processing. Considering desert ecosystems are sensitive and fragile, it is suggested to determine the concentration of pollutants in the wastewater processing parameters with deposited sediments to study the feasibility of removing contaminants by phytoremediation. It might be useful to determine desertification intensity in Central Iron Ore Company marginal and desert regions in Bafgh with the conventional models and taking into account the environmental pollution, Nitrate and Sulfate indices.

Keywords: *Desertification, Pollution, Waste water, PI, IPI, MCd*

Archive of SID

www.SID.ir