



بررسی غلظت و سطوح آلودگی فلزات سنگین در ذرات معلق در سه شهر سنندج، خرم آباد و اندیمشک

مهدی رجبی^{۱*} و میلاد بیرانوند^۲

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج
^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۶

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۳۰

Evaluation of Amount of Concentration and Contamination Levels of Heavy Metals Among Dust-Fall Particles in Sanandaj, Khorramabad and Andimeshk

Mahdi Rajabi^{1*} & Milad Biranvand²

¹Msc. Student of Environment Science, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj

²Msc. Student of Environment Science, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology

Abstract

Dust storms often occur in arid and semiarid regions of the world and carry a huge quantity of materials; hence, they are recognized as one of the most important environmental issues on regional and international scales. This study aimed to evaluate the heavy metal content of dust-fall particles in the cities of Sanandaj, Khorramabad and Andimeshk in western Iran. Sampling the dust-fall particles was conducted every 10 days from 20 June 2012 over one year simultaneously in these three stations using the Deposit Gauge Method and the concentration of metals was measured using Flame Atomic Absorption Spectroscopy for Fe and Mn and Furnace Atomic Absorption Spectroscopy for Zn, Cu, As, Ag, Pb, Cd, Cr, Ni. Pollution levels for the heavy metals were then evaluated using the Geo-Accumulation Index (I_{geo}) and Index Enrichment Factor (EF). The results obtained for the I_{geo} index and EF index demonstrated that levels of Ag and Cu pollution among the dust-fall particles from the three stations were higher than for other heavy metals, while concentrations of other heavy metals were not evaluated as contaminant. Although the mean of dust-fall particles on area unit in Sanandaj station was less than Khorramabad and Andimeshk, heavy metal concentrations among the sampled dust-fall particles was relatively higher. The highest amount of dust falling on a unit area was obtained from Andimeshk station, more than at the Khorramabad station and, lastly, the Sanandaj station. Moreover, the maximum and minimum levels of dust-fall descending on the three stations were obtained in May and January respectively.

Keywords: Dust Fall Particles, Accumulation Index, Enrichment Factor Index, Heavy Metals.

چکیده

طوفان‌های گرد و غباری که اغلب در مناطق خشک و نیمه خشک جهان روی می‌دهند حجم زیادی از ذرات معلق را با خود حمل می‌کنند و از این رو به عنوان یکی از مهمترین معضلات زیست‌محیطی در مقیاس‌های منطقه‌ای و بین‌المللی تلقی می‌گردند. این تحقیق به ارزیابی مقادیر فلزات سنگین در ذرات گرد و غبار ته نشین شده در شهرهای سنندج، خرم آباد و اندیمشک در غرب ایران می‌پردازد. نمونه‌برداری ذرات گرد و غبار از ۳۰ خرداد ۱۳۹۱ بمدت یکسال در بازه‌های زمانی ۱۰ روزه و به طور همزمان در سه ایستگاه مذکور با استفاده از روش Deposit Gauge Method صورت گرفت و اندازه‌گیری فلزات Fe و Mn با استفاده از جذب اتمی به روش شعله و Zn, Cu, As, Ag, Pb, Cd, Cr, Ni به روش کوره گرافیکی انجام شد. سپس سطح آلودگی فلزات سنگین با استفاده از شاخص‌های Geo-Accumulation Index (I_{geo}) و Index Enrichment Factor (EF) ارزیابی گردید. نتایج شاخص‌های I_{geo} و EF میزان آلودگی Ag و Cu را بیش از دیگر فلزات سنگین در گرد و غبار هر سه ایستگاه ارزیابی کرد. علاوه بر این میانگین میزان گرد و غبار باریده در ایستگاه سنندج، غلظت فلزات سنگین در ذرات گرد و غبار این ایستگاه در مقایسه با ایستگاه‌های دیگر بطور نسبی بیشتر بود. بیشترین گرد و غبار باریده بر واحد سطح در ایستگاه اندیمشک، سپس ایستگاه خرم آباد و نهایتاً ایستگاه سنندج بدست آمد. ضمن آنکه حداکثر و حداقل میزان گرد و غبار باریده بر سه ایستگاه به ترتیب در اردیبهشت و بهمن ثبت شد.

کلمات کلیدی: ذرات معلق، Geo-Accumulation Index، Enrichment Factor، فلزات سنگین.

* Corresponding Author. E-mail Address: rajabi_5june@yahoo.com

۱- مقدمه

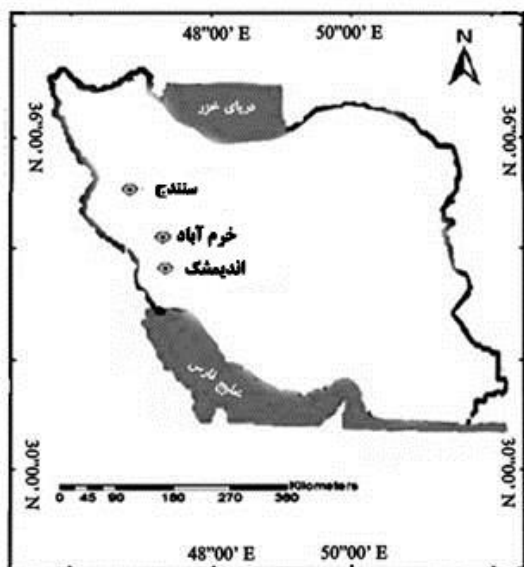
پدیده گرد و غبار یک معضل بین‌المللی است که می‌توان آن را یکی از مهمترین بلایای زیست‌محیطی دانست [۱]. طوفان‌های گرد و غبار با منشا طبیعی که بیشتر در نواحی خشک و نیمه خشک جهان روی می‌دهند [۲] قادرند مقادیر بسیاری از ذرات معلق را با خود حمل کنند [۳]. در بیش از یک دهه اخیر امواج گرد و غبار نیمه‌غربی ایران را در نوردیده و دامنه اثرات زیانبار این پدیده آن را به مهمترین معضل زیست‌محیطی کشور تبدیل کرده است. این ذرات معلق علاوه بر کاهش کیفیت هوا [۴] مانع از نفوذ نور خورشید شده [۵] و می‌توانند بر تشکیل و ویژگی‌های ابر و میزان نزولات جوی اثر بگذارند [۶]. بطور کلی پدیده گرد و غبار با منشا طبیعی می‌تواند منجر به تغییرات اقلیمی و همچنین تغییر در چرخه‌های بیولوژیکی، شیمیایی و محیط‌زیست شود [۶]. ذرات گرد و غبار بسته به منشا و مسیر حرکت خود توانایی بالایی در حمل فلزات سنگین دارند [۷ و ۸] از اینرو بررسی میزان آلودگی این ذرات به فلزات سنگین به دلیل تهدیداتی که می‌تواند متوجه سلامت انسان کند مهم است. بطور کلی آلودگی ذرات گرد و غبار به فلزات سنگین به علت سمیت، تجزیه ناپذیری و تجمع‌پذیری این عناصر یک مشکل جدی تلقی می‌شود [۹]. عمدتاً دو منبع فعالیت‌های انسانی و الگوهای فرسایشی خاک برای آلودگی ذرات گرد و غبار به فلزات سنگین تبیین شده که از منابع انسانی اغلب در نواحی شهری که فعالیت‌های صنعتی شدت بالایی دارند می‌توان آلودگی فلزات سنگین را انتظار داشت در حالی که حضور فلزات سنگین با غلظت‌های بالا در ذرات گرد و غبار در نواحی غیر صنعتی عمدتاً با فرسایش ساختارهای زمین شناسی خصوصاً خاک مرتبط هستند [۱۰].

مطالعات اندکی بروی ترکیبات تشکیل دهنده ذرات گرد و غبار در آسیا [۴، ۵] و خاورمیانه [۱۰] انجام شده است. در سال‌های اخیر نیز بررسی‌هایی درباره مقادیر فلزات سنگین در گرد و غبار در نیمه‌غربی ایران صورت گرفته است [۷، ۶، ۱۱ و ۱۳]. برای تعیین میزان آلودگی مواد معدنی طبیعی به فلزات سنگینی که از پوسته زمین نشات می‌گیرند شاخص‌های متعددی ابداع شده‌اند [۱۳]. هدف از انجام این پژوهش بررسی روند میزان گرد و غبار باریده بر سه شهر سنندج، خرم‌آباد و اندیمشک واقع در نیمه‌غربی کشور که در سنوات اخیر مورد هجوم گسترده‌ی پدیده گرد و غبار بوده‌اند و همچنین بررسی غلظت و سطوح آلودگی فلزات سنگین موجود در این ذرات با

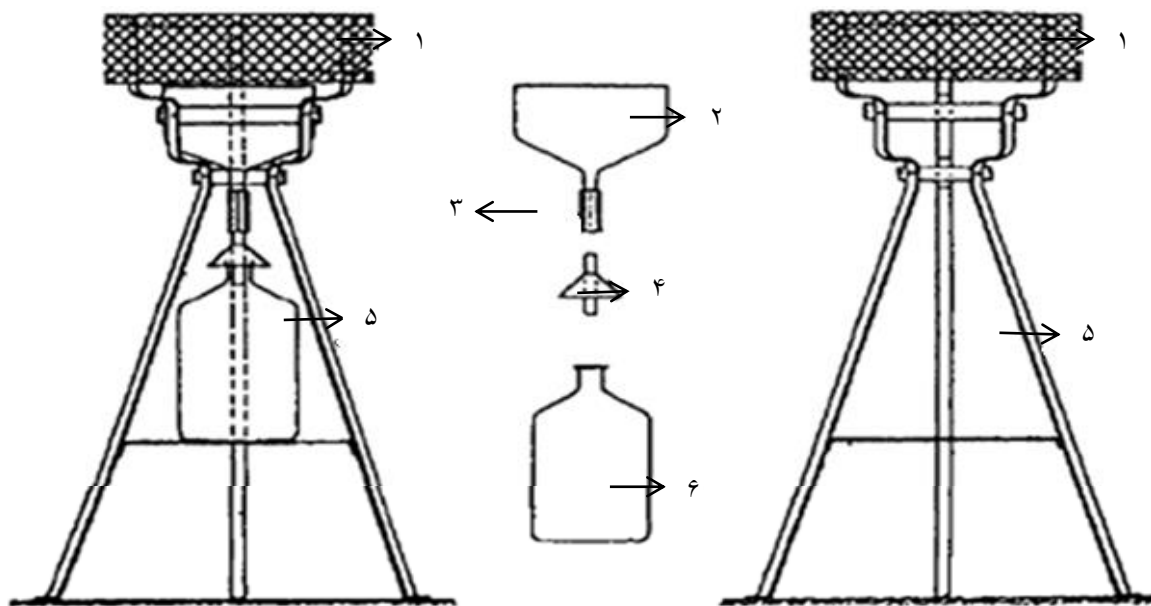
استفاده از شاخص‌های I_{geo} و EF است [۳، ۶، ۱۴، ۱۵ و ۱۶].

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری ذرات گرد و غبار از ۳۰ خرداد ۱۳۹۱ بمدت یک سال در بازه‌های زمانی ۱۰ روزه و با استفاده از روش ^{210}Pb DGGM [۶ و ۸] بطور همزمان در شهرهای سنندج در مقیاس $N 35^{\circ}16'27.50''$ عرض جغرافیایی و $E 46^{\circ}59'69.32''$ طول جغرافیایی، خرم‌آباد در مقیاس $N 33^{\circ}27'22.52''$ عرض جغرافیایی و $E 48^{\circ}20'47.36''$ طول جغرافیایی، اندیمشک در مقیاس $N 33^{\circ}28'46.84''$ عرض جغرافیایی و $E 48^{\circ}20'20.25''$ طول جغرافیایی انجام شد (شکل ۱). در این روش از یک قیف شیشه‌ای با قطر دهانه ۳۰ سانتیمتر که انتهای آن با استفاده از یک قیف معکوس به یک بطری جمع‌آوری کننده شیشه‌ای با حجم معین منتهی شده، استفاده می‌شود. مجموعه این دستگاه بر روی یک پایه فلزی با ارتفاع ۱/۲ متر قرار گرفته تا از مداخله منابع محلی آلودگی هوا و همچنین نفوذ گرد و غبار موجود در کف به درون دستگاه جلوگیری شود. (شکل ۲). در هریک از شهرهای سنندج، خرم‌آباد و اندیمشک یک دستگاه جمع‌آوری کننده ذرات گرد و غبار^۴ در ارتفاع ده متر از سطح زمین [۱۰] نصب گردید و تعداد ۳۶ نمونه در هر شهر و در مجموع ۱۰۸ نمونه در طول دوره یکساله نمونه‌برداری شدند. لازم به ذکر است که محدودیت‌های هزینه، تردد و زمان تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری را در هر شهر به یک ایستگاه کاهش داد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در غرب ایران



۱: تورسیمی (جلوگیری از مزاحمت پرندگان، ۲: قیف جمع‌آوری کننده شیشه‌ای، ۳: لوله پلاستیکی، ۴: قیف معکوس، ۵: پایه، ۶: بطری جمع‌آوری. شکل ۲- دستگاه نمونه‌برداری از ذرات معلق^۴ بر اساس روش^۳ DGM (۶، ۸ و ۱۴)

Cd: غلظت ریزگردهای باریده در واحد سطح، W_1 : وزن فیلتر خالی، W_2 : وزن نهایی فیلتر همراه با مواد جمع‌شده و D : قطر دهانه دستگاه نمونه‌بردار (۳۰ cm) است. همچنین مقادیر فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در نمونه با استفاده از دو شاخص ذیل مورد ارزیابی قرار گرفتند:

$$I_{geo} \quad (1)$$

شاخص I_{geo} مطابق معادله شماره ۲ آلودگی به فلزات سنگین را با توجه به نسبت غلظت هر فلز سنگین در نمونه مورد بررسی به غلظت زمینه‌ای^۸ آن فلز در پوسته زمین محاسبه می‌کند [۶ و ۱۵]:

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1.5 B_n) \quad (2)$$

که در آن I_{geo} معرف Geo-Accumulation Index، C_n غلظت اندازه‌گیری شده فلز سنگین در نمونه و B_n غلظت زمینه‌ای همان فلز سنگین در پوسته زمین است. ضریب ۱/۵ نیز برای کمینه کردن تغییرات احتمالی در غلظت‌های زمینه‌ای ناشی از فعالیت‌های زمین‌شناسی اعمال می‌شود [۶ و ۱۵].

$$EF \quad (2)$$

شاخص EF بر اساس معادله شماره ۳ غلظت عناصر در نمونه آلوده را با غلظت آن عنصر در نمونه زمینه مقایسه می‌کند. این غلظت‌ها بر اساس غلظت مرجع که می‌تواند آهن یا آلومینیوم باشد، نرمال می‌شوند. از آنجایی که توزیع فلز آهن در محیط در ارتباط با دیگر فلزات نیست و غلظت آن به طور طبیعی بالا بوده و چندان به فعالیت‌های انسان

پس از هر دوره ۱۰ روزه، ذرات گرد و غبار تجمع یافته در دستگاه جمع‌آوری کننده گرد و غبار با آب مقطر شستشو داده و وارد مخزن دستگاه گردید. محتویات مخزن پس از انتقال به آزمایشگاه محیط‌زیست دانشگاه کردستان، جهت کاهش حجم محلول در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت حرارت‌دهی شد و پس از سرد شدن با استفاده از فیلتر واتمن شماره ۴۲ صاف شده و بمنظور تعیین میزان گرد و غبار باریده بر واحد سطح توزین گردید. در ادامه ۰/۱۵ گرم از محتویات نامحلول باقی مانده بر روی فیلتر واتمن با ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۰۱ درصد هضم و به مدت ۲ ساعت با استفاده از دستگاه Block digest در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد حرارت داده شد. در مرحله بعدی نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در حمام التراسونیک قرار داده شدند و سپس مجدداً با فیلتر واتمن ۴۲ صاف گردید و محلول بدست آمده به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسید [۱۰]. در نهایت در محلول بدست آمده اندازه‌گیری فلزات Fe و Mn با استفاده از جذب اتمی^۵ به روش شعله^۶ و Zn, Cu, As, Ag, Pb, Cd, Cr, Ni به روش کوره گرافیکی^۷ صورت گرفت [۶]. برای تعیین غلظت ذرات گرد و غبار باریده در واحد سطح از معادله شماره ۱ استفاده شد [۸، ۱۰ و ۱۴]:

$$C_d = 1.273 \times (W_2 - W_1 / D^2) \times 10^4 \quad (1)$$

که در آن:

در طول دوره نمونه برداری را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود تغییرات میزان گرد و غبار در سه ایستگاه از روندی مشابه پیروی میکنند به نحوی که کمترین و بیشترین میزان آن در هر سه ایستگاه به ترتیب در اواسط زمستان و اواخر بهار به وقوع پیوسته است ضمن آنکه میانگین یکساله میزان ذرات گرد و غبار باریده بر واحد سطح برای سنندج، خرم آباد و اندیمشک به ترتیب 10 days 1/73، 2/66 و 3/37 gr/m² اندازه‌گیری شدند.

در جدول ۲ مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در ذرات گرد و غبار سه ایستگاه سنندج، خرم آباد و اندیمشک نشان داده شده است و همانطور که ملاحظه میشود بیشترین و کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده در هر سه ایستگاه بترتیب مربوط به فلزات آهن و نقره هستند.

وابسته نیست، از آن به عنوان فلز نرمالیزه شده استفاده می‌کنند [۱۷، ۱۸ و ۱۹].

رابطه زیر بیانگر چگونگی محاسبه شاخص غنی‌سازی است:

$$EF: (M_{\text{sample}}/Fe_{\text{sample}})/(M_{\text{standard}}/Fe_{\text{standard}}) \quad (3)$$

که در آن:

EF: فاکتور غنی‌سازی

: غلظت‌های فلز مورد نظر و آهن در نمونه M_{sample} و

Fe_{sample}

: غلظت‌های زمینه‌ای فلز مورد نظر و آهن

M_{standard} و Fe_{standard}

طبقه‌بندی سطوح آلودگی براساس مقادیر شاخص

های I_{geo} و EF در جدول ۱ نشان داده شده است.

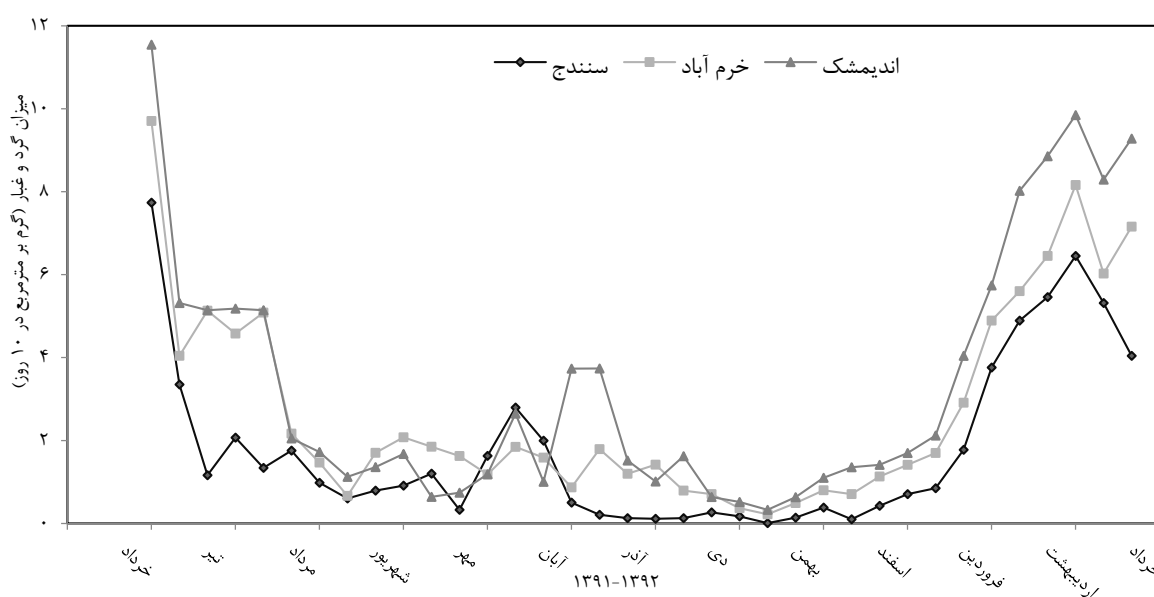
۳- نتایج و بحث

شکل ۳ روند تغییرات میزان ذرات گرد و غبار باریده

بر واحد سطح در سه شهر سنندج، خرم آباد و اندیمشک

جدول ۱- طبقه‌بندی سطوح آلودگی بر اساس مقادیر شاخص‌های I_{geo} و EF [۳ و ۶].

I _{geo}		EF	
≤ ۰	غیر آلوده	< ۱	غیر آلوده
۰-۱	غیر آلوده تا آلودگی متوسط	۱-۳	آلودگی کم
۱-۲	آلودگی متوسط	۳-۵	آلودگی متوسط
۲-۳	آلودگی متوسط تا شدید	۵-۱۰	آلودگی متوسط تا شدید
۳-۴	آلودگی شدید	۱۰-۲۵	آلودگی شدید
۴-۵	آلودگی شدید تا بسیار شدید	۲۵-۵۰	آلودگی خیلی شدید
۵ <	آلودگی بسیار شدید	۵۰ <	بینهایت آلوده



شکل ۳- روند تغییرات میزان گرد و غبار باریده بر سنندج، خرم آباد و اندیمشک در طول دوره نمونه‌برداری (gr/m².10 days)

جدول ۲- مقادیر بیشترین، کمترین، میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سنگین در ذرات گرد و غبار سنندج، خرم آباد و اندیمشک (برای Fe, Mn, Zn, Cu بر حسب mg/g و برای Cd, Pb, Ni, Ag, Cr, As بر حسب µg/g)

فلزات سنگین										محل نمونه برداری
Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ag	Ni	Pb	Cd	As	
۳۹/۹۶	۱/۴۰	۰/۵۲	۱/۳۰	۳۲/۰۰	۳۲/۰۰	۱/۹۰	۱۱۵/۵۰	۷۵/۰۸	۱/۹۰	بیشترین
۵/۴۲	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۰۷	۳/۹۸	۴/۴۷	۰/۱۷	۵/۴۴	۹/۰۵	۰/۰۷	کمترین
۱۹/۳۹	۰/۶۰	۰/۲۱	۰/۴۱	۱۵/۱۵	۱۶/۸۱	۰/۸۰	۴۳/۴۲	۳۱/۳۲	۰/۸۰	میانگین
۸/۱۰	۰/۲۸۶	۰/۱۴۷	۰/۳۷۲	۶/۶۹	۸/۱۸	۰/۴۷۰	۲۸/۱۸	۱۹/۱۱	۱۲/۳۳	انحراف معیار
۲۸/۵۷	۱/۰۰	۰/۴۰	۰/۳۶	۲۴/۳۰	۲۳/۳۳	۰/۷۶	۹۱/۱۵	۵۸/۲۸	۱/۹۸	بیشترین
۶/۱۰	۰/۱۷	۰/۰۳	۰/۰۵	۵/۵۷	۴/۴۴	۰/۱۱	۵/۹۰	۶/۵۹	۰/۰۴	کمترین
۱۴/۷۱	۰/۴۷	۰/۱۶	۰/۱۷	۱۲/۶۱	۱۱/۵۱	۰/۳۴	۳۴/۵۷	۲۲/۷۸	۰/۴۴	میانگین
۵/۷۷	۰/۲۱	۰/۱۰۵	۰/۰۷	۴/۱۳	۵/۱۴	۰/۱۵	۲۴/۰۴	۱۶/۵۶	۹/۵۰	انحراف معیار
۴۴/۳۴	۱/۰۷	۰/۴۵	۰/۳۴	۲۵/۰۸	۲۱/۵۰	۰/۶۰	۸۲/۵۵	۲۵/۶۲	۱/۵۵	بیشترین
۵/۷۱	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۰۹	۳/۲۷	۵/۳۰	۰/۱۳	۴/۶۸	۵	۰/۰۵	کمترین
۱۴/۸۰	۰/۴۰	۰/۱۷	۰/۱۸	۱۱/۶۸	۱۰/۰۷	۰/۲۹	۳۳/۸۱	۱۴/۶۱	۰/۳۳	میانگین
۷/۳۳	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۰۷	۵/۵۸	۴/۲۰	۰/۱۱	۲۳/۳۱	۱۴/۲۱	۱۰/۶۳	انحراف معیار

جدول ۳- بازه سطوح آلودگی فلزات سنگین بر اساس مقادیر شاخص‌های I_{geo} (مقادیر برای سنندج با Δ ، برای خرم آباد با \times و برای اندیمشک با \bullet) نشان داده شده است.

بازه آلودگی بر اساس شاخص I_{geo}							فلزات سنگین
>۵	۵-۴	۴-۳	۳-۲	۲-۱	۱-۰	۰≤	
						$\Delta \bullet \times$	Fe
						$\Delta \bullet \times$	Mn
						$\Delta \bullet \times$	Zn
			$\Delta \bullet \times$				Cu
				$\Delta \times$		\bullet	As
					$\Delta \bullet \times$		Cr
			$\Delta \bullet \times$				Ag
				$\Delta \times$		\bullet	Ni
						$\Delta \bullet \times$	Pb
						$\Delta \bullet \times$	Cd

جدول ۴- بازه سطوح آلودگی فلزات سنگین بر اساس مقادیر شاخص‌های EF (مقادیر برای سنندج با Δ ، برای خرم آباد با \times و برای اندیمشک با \bullet) نشان داده شده است.

بازه آلودگی بر اساس شاخص EF							فلزات سنگین
>۵۰	۲۵-۵۰	۱۰-۲۵	۵-۱۰	۳-۵	۱-۳	۱<	
						$\bullet \times \Delta$	Mn
			$\Delta \bullet \times$				Zn
		$\bullet \Delta \times$					Cu
				$\times \Delta$	\bullet		As
						$\Delta \times \bullet$	Cr
		$\bullet \times \Delta$					Ag
				$\bullet \times \Delta$			Ni
					\bullet	$\Delta \times$	Pb
						$\bullet \times \Delta$	Cd

که با نتایج بدست آمده از مطالعات قبلی [۶] مشابه است. ضمناً کاربرد شاخص I_{geo} مقادیر اندازه‌گیری شده فلزات آهن، منگنز، روی و کروم در گرد و غبار سه شهر را آلاینده ارزیابی نکرد.

نتایج حاصل از شاخص EF تشابه میزان آلودگی فلزات سنگین در هر سه ایستگاه را نشان می‌دهد (جدول ۴). همانطور که ملاحظه می‌شود مقادیر شاخص EF برای دو فلز نقره و مس در هر سه ایستگاه بالاترین سطح آلودگی را بخود اختصاص داده که حد آلودگی شدید را بر اساس توصیفات کیفی بیان میکند (جدول ۱) و پس از آنها فلز روی حد آلودگی متوسط تا شدید و همچنین نیکل و آرسنیک نیز سطوح متوسطی از آلودگی را نشان می‌دهند. اما مقادیر EF برای سایر فلزات سنگین، غیر آلوده ($EF < 0$) بدست آمد [۵].

۴- نتیجه‌گیری

ارزیابی مقادیر فلزات سنگین در ذرات گرد و غبار با استفاده از شاخص‌های I_{geo} و EF سطوح آلودگی نسبتاً بالاتری را در ایستگاه سنندج نسبت به ایستگاه‌های خرم آباد و اندیمشک تأیید کرد. فلزات نقره و مس بیشترین سطح آلودگی را در بین تمامی فلزات مورد بررسی در هر سه ایستگاه داشتند. مقایسه ایستگاه‌های مورد بررسی نشان داد که با افزایش عرض جغرافیائی از میزان ذرات گرد و غبار باریده بر واحد سطح کاسته می‌شود به نحویکه کمترین میزان گرد و غبار باریده در ایستگاه سنندج بدست آمد. علاوه بر این تشابه روند گرد و غبار باریده در دوره یکساله نمونه‌برداری، نزدیکی مقادیر غلظت فلزات سنگین و همچنین میزان آلودگی آنها در ایستگاه‌های بررسی شده همسانی ماهیت ذرات گرد و غبار در نیمه غربی ایران را تأیید می‌کند. در نهایت پدیده گرد و غبار با تمامی ابعاد مخربش، جهت‌گیری راهبردی ملی توسعه پایدار براساس برنامه ششم توسعه که مساله محیط‌زیست و خصوصاً آلودگی هوا را نیز در خود دارد، با چالش جدی روبرو می‌کند. از این‌رو ارائه راهکارهای علمی و موثر برای کنترل و کاهش آن، میتواند حجم خسارات ناشی از این پدیده زیست‌محیطی را به حداقل برساند.

پی‌نوشت‌ها

¹ Geo-Accumulation Index

² Enrichment Factor Index

³ Deposit gauge method

⁴ Dust fall jar

⁵ Atomic Absorption (EQUINOX 3000)

جدول ۳ مقادیر بازه آلودگی هر فلز سنگین را بر اساس شاخص I_{geo} در سه ایستگاه نشان می‌دهد. در جدول ۴ مقادیر بازه آلودگی فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در سه ایستگاه بر اساس مقادیر شاخص EF نشان داده شده است.

پدیده گرد و غبار خاص مناطق خشک و نیمه خشک جهان است [۲ و ۴]. همسایگی با کشور عراق به عنوان کانون اصلی معضل ایجاد گرد و غبار [۱۲] در کنار این واقعیت که مناطق خشک و نیمه‌خشک بیش از دو سوم مساحت ایران را در برمی‌گیرد وقوع و تشدید این پدیده در کشور را توجیه‌پذیر می‌سازد. در میان سه ایستگاه بررسی شده در این تحقیق، شهر اندیمشک بدلیل قرار گرفتن در عرض جغرافیایی کمتر و همچنین دارا بودن میانگین بارش کمتر و دمای بیشتر سالیانه و نزدیکی با کانون اصلی تولید ذرات گرد و غبار مقادیر بیشتری از این ذرات را پذیراست. با حرکت به سمت عرض‌های جغرافیایی بیشتر و دور شدن از منبع تولید ذرات گرد و غبار از میزان این ذرات کاسته می‌شود [۴] و از این‌رو میزان ذرات گرد و غبار باریده بر دو شهر خرم‌آباد و سپس سنندج روند کاهشی را نسبت به اندیمشک نشان می‌دهد (شکل ۳). شباهت الگوی تغییرات میزان گرد و غبار باریده بر سه ایستگاه (شکل ۲) علاوه بر آنکه می‌تواند موید منبع یکسان ذرات گرد و غبار در این سه ایستگاه باشد، از تغییرات فصلی مشابه در ایستگاه‌های مذکور نیز تلقی می‌شود.

مقایسه مقادیر فلزات سنگین بررسی شده (جدول ۲) برتری مطلق فلزات آهن و منگنز در نمونه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد که با پژوهش‌های قبلی مطابقت دارد [۱۲و ۱۶]. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد تشابه بازه آلودگی فلزات سنگین بر اساس شاخص I_{geo} در ایستگاه‌های مورد مطالعه همسانی منشا ذرات گرد و غبار رسیده به شهرهای سنندج، خرم آباد و اندیمشک از حیث فلزات سنگین را تأیید میکند. شاخص I_{geo} همچنین سطح بالاتری از آلودگی ذرات گرد و غبار به فلزات نقره و مس در سه ایستگاه را نشان می‌دهد که به استناد مطالعات قبلی به نظر می‌رسد شیوع بیماری‌های چشمی مانند التهاب و ناخنک چشم در بین ساکنان شهرهای غرب ایران [۹] با این دو فلز سنگین در گرد و غبار نیمه غربی کشور مرتبط باشد [۱۱]. شاخص I_{geo} همچنین مقادیری از آلودگی آرسنیک، نیکل و کروم در ذرات گرد و غبار نمونه‌برداری شده در هر سه ایستگاه سنندج، خرم آباد و اندیمشک را نیز نشان می‌دهد

- [11] Zarasvandi AL. Geochemical composition and source of dust storms particles in Khuzestan province using REE geochemistry: concerning on Geo-Environmental parameter, in The Conference Dust Haze, Monitoring, Effects and Solutions Combating Its. Iran-Tehran. **2010**. [in persian].
- [12] Gonzalez M, Schifter I, Liuch C, endez R, Hernandez VS. Distribution, Enrichment and Accumulation of Heavy Metals in Coastal Sediments of Salina Cruz Bay, México. Environmental Monitoring and Assessment; **2006**; **118** (1-3):211-230.
- [13] Zallaghi E, Goudarzi Gh. Particulate matters and their health effects analysis during dust storm on people of Khuzestan province, in The first International Congress on Dust Haze and Combating its Adverse Effects. 15-17 February, 2012, Khuzestan Ramin Agriculture & Natural Resources University, **100202**. [in Persian].
- [14] ASTM. Standard Method for Collection and Analysis for Dust fall (Settled Particulates). ASTM D-1739-82 & Standard Specification for Reagent Water. ASTM; **1998**; **11**(3):1193-91.
- [15] Chen CW, Kao CM, Chen CF, Dong CD. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor. Taiwan Chemosphere; **2007**; **66** (8):1431-1440.
- [16] Ghrefat H, Yusuf N. Assessing Mn, Fe, Cu, Zn and Cd pollution in bottom sediments of Wadi AL- Arab dam, Jordan. Chemosphere; **2006**; **65** (11):2114- 2121.
- [17] Vard'es J, VarGas G, Sifeddine M. Distribution and enrichment evaluation of heavy metals in Mejillones Bay (23°S), Northern Chile: Geochemical and statistical approach. Marine Pollution Bulletin; **2005**; **50** (12): 1558-1568.
- [18] Wei BG, Yang LS. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. Microchemical Journal; **2010**; **94** (2): 99-107.
- [19] Abraham GMS, Parker RJ. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree contamination in marine sediments from Tamaki. Estuary, Auckland, New Zealand. Environmental Monitoring and Assessment; **2008**; **136** (3) 227-238.
- [20] ASTM. Standard Method for Collection and Analysis for Dust fall (Settled Particulates). ASTM D-1739-82 & Standard Specification for Reagent Water. ASTM; **1998**; **11**(3):1193-91.
- [21] Chen CW, Kao CM, Chen CF, Dong CD. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor. Taiwan Chemosphere; **2007**; **66** (8):1431-1440.
- [22] Ghrefat H, Yusuf N. Assessing Mn, Fe, Cu, Zn and Cd pollution in bottom sediments of Wadi AL- Arab dam, Jordan. Chemosphere; **2006**; **65** (11):2114- 2121.
- [23] Vard'es J, VarGas G, Sifeddine M. Distribution and enrichment evaluation of heavy metals in Mejillones Bay (23°S), Northern Chile: Geochemical and statistical approach. Marine Pollution Bulletin; **2005**; **50** (12): 1558-1568.
- [24] Wei BG, Yang LS. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. Microchemical Journal; **2010**; **94** (2): 99-107.
- [25] Abraham GMS, Parker RJ. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree contamination in marine sediments from Tamaki. Estuary, Auckland, New Zealand. Environmental Monitoring and Assessment; **2008**; **136** (3) 227-238.
- [26] Zhang XX, Shi PJ, Liu LY, Tang Y, Cao HW, Zhang XN, et al. Ambient TSP concentration and dustfall in major cities of China: Spatial distribution and temporal variability. Atmospheric Environment; **2010**; **44**(13):1641-1648.
- [27] Krueger BJ, Grassian VH, Cowin JP, Laskin A. Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy. Atmospheric Environment; **2004**; **38**(36):6253-6261.
- [28] Khuzestani RB, Souri B. Evaluation of heavy metal contamination hazards in nuisance dust particles, in Kurdistan Province, western Iran. Journal of Environmental Sciences; **2013**; **25**(7):1346-1354.
- [29] Rashki A, Kaskaoutis DG, Rautenbach W, Eriksson PG, Qiang M, Gupta P. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran , EN , Aeolian Research; **2012**; **8**(5):51-62.
- [30] DUSTSCAN (Dust Monitoring and Dust Consultancy Services). Nuisance dust monitoring. (Guidance note 1), Oxford, OX7 3PJ, Dust Scan Ltd, UK. **2011**.
- [31] Nadafi K. (2010) Air pollution (its origin and control), NasScientific Institute, Inc, Tehran, Iran **2010**.
- [32] Jaradat M, Momani A, Jebarah A, Massadeh A. Inorganic analysis of dust fall and office dust in an industrial area of Jordan. Environmental Research; **2004**; **96** (2):139-144.

منابع



