



ویژگی‌های زمین شیمیایی گرد و غبارهای میدانی اصلی تهران

پریا مقدسی^۱، محمد یزدی^{۲*} و آیدا بیاتی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

^۲ استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران

^۳ استادیار گروه آلودگی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۳۰

Geochemical Characteristics of Dust in Main Squares of Tehran

Pariya Moghadasi,¹ Mohammad Yazdi^{2*} & Aida Biati³

¹ MSc. student in Environmental Geology, Faculty of Environment and Energy, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

² Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran

³ Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Environment and Energy, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

Abstract

In the following research 18 samples were collected from dust of the nine main squares of Tehran city under dry summer conditions and at a heavy traffic time of evening. The samples were analyzed by ICP-OES for Pb, Zn, and Cu, As, Fe, Ni, Cr, Cd, Mn and Bi. The enrichment factors and Muller geo-accumulation index were calculated for these samples. Data processing shows enrichment in Pb, Zn, Cu, As, Bi relative to the Earth's crust. The results of enrichment factors indicate that the Bi in all of the squares is located in an extremely high enrichment range and that Zn in Rah Ahan Square is also located in a high enrichment range while, in the other squares, it is located in a moderate enrichment range. Cu in the Sadeghieh and Poonak Squares is located in a high enrichment range and Pb shows extremely high enrichment in Poonak Square and high levels of enrichment in the other squares; finally, As shows high enrichment in the Vali Asr, Azari and Rah Ahan Squares. The Muller geo-accumulation index is represented in all of the squares where Pb, Zn and Cu exist within the pollution range. Results indicate that street dust pollution threatens the environmental status significantly and the main sources of dust emissions in Tehran city are vehicle traffic (fossil fuel combustion and the parts used in cars), street asphalt and construction projects and materials in the city.

Keywords: Dust, Environmental pollution, Enrichment factor, Geochemical index, Squares, Tehran.

چکیده

در این پژوهش ۱۸ نمونه گرد و غبار خیابانی در اطراف ۹ میدان اصلی شهر تهران، در ساعات پر ترافیک فصل تابستان ۹۱ و در شرایط آب و هوایی خشک جمع‌آوری و جهت شناسایی عناصر سرب (Pb)، روی (Zn)، مس (Cu)، آرسنیک (As)، آهن (Fe)، نیکل (Ni)، کروم (Cr)، کادمیوم (Cd)، منگنز (Mn) و بیسموت (Bi) با دستگاه پلاسما جفت القایی (ICP-OES) تجزیه شدند. سپس عامل تجمع و شاخص ژئوشیمیایی مولر (شاخص زمین انباشت) برای آن‌ها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که عناصر سرب (Pb)، روی (Zn)، مس (Cu)، آرسنیک (As) و بیسموت (Bi) نسبت به پوسته زمین افزایش غلظت یافته‌اند. نتایج حاصل از عامل تجمع نشان می‌دهد که عنصر بیسموت در تمامی میدان‌ها در محدوده تجمع به شدت بالا، روی در میدان راه آهن با تجمع بسیار شدید و در مابقی میدانی تقریباً در محدوده نسبتاً شدید قرار دارد. مس در میدان‌های صادقیه و پونک در محدوده تجمع شدید و سرب در میدان پونک با تجمع به شدت بالا و در مابقی میدان‌ها در محدوده تجمع شدید قرار دارد و نهایتاً آرسنیک در میدان‌های ولیعصر، آزادی و راه آهن تجمع شدید دارد. شاخص ژئوشیمیایی مولر بیان‌گر افزایش غلظت سرب، روی و مس در تمامی میدانی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که آلودگی گرد و غبار خیابانی به فلزات سنگین وضعیت زیست‌محیطی شهر تهران را به طور قابل ملاحظه‌ای مورد تهدید قرار می‌دهد و منابع اصلی انتشار آن‌ها ترافیک وسایل نقلیه (احتراق سوخت های فسیلی و خوردگی قطعات مورد استفاده در خودروها)، آسفالت کف خیابان‌ها و پروژه‌های عمرانی در سطح شهر تهران می‌باشد.

کلمات کلیدی: گرد و غبار، زیست‌محیطی، شاخص‌های ژئوشیمیایی، میدان، شهر تهران.

* Corresponding Author. E-mail Address: m-yazdi@sbu.ac.ir

در سال‌های اخیر یکی از نگرانی‌های اصلی جوامع مختلف سراسر دنیا افزایش غلظت فلزات سنگین موجود در غبارهای خیابانی و اثرات سمی آن‌ها می‌باشد. از آن جایی که فلزات سنگین قابلیت تجمع‌زیستی داشته و به‌عنوان آلاینده‌های زیست‌محیطی دایمی و پایدار هستند، تمایل آن‌ها به تجمع در اندام‌های موجودات زنده خطرات ناشی از آن را دوچندان ساخته است [۱]. فلزات سنگین موجود در غبارهای خیابانی یکی از اصلی‌ترین آلاینده‌های محیط‌های شهری هستند که می‌توانند ناشی از ترافیک سنگین، صنایع، فرسایش ساختمان‌ها، فرسایش لاستیک و قطعات استفاده شده در خودروها، فعالیت‌های معدنی و احتراق سوخت‌های فسیلی باشند [۲]. طی چند سال گذشته مقادیر زیادی غبارهای جوی از طریق مرزهای کشور نیز وارد فضای شهرهایی نظیر تهران شده‌اند که اگرچه در مورد منشاء دقیق آن‌ها اختلاف نظر وجود دارد، اما بیان می‌شود منبع اصلی آن‌ها بیابان‌های کشورهای مجاور است. به هر حال مقادیر چشمگیری از آن‌ها به شکل غبار روی سطوح مناطق شهری فرونشین می‌شوند [۳]. سه عامل اصلی شناسایی شده در افزایش میزان فلزات سنگین موجود در گردوغبارها به ویژه غبارهای خیابانی و خانگی، ترافیک حاصل از حمل و نقل، صنعت و هوازدگی مواد می‌باشد [۴]. به عنوان مثال منشاء سرب از بنزین سرب دار است، در حالی که مس، روی و کادمیوم از سایش تایر، گریس و روان کننده‌ها، گازهای منتشره صنعتی و کوره‌های سوزاندن زباله حاصل می‌شود [۵]. منشاء نیکل و کروم موجود در گرد و غبار خیابان ناشی از خوردگی قطعات وسایل نقلیه [۶] و آب کاری کروم برخی از قطعات موتور خودروها می‌باشد [۷]. غبارهای خیابانی سهم قابل ملاحظه‌ای در آلودگی محیط‌زیست شهری دارند. امروزه بسیاری از مطالعاتی که پیرامون آلودگی هوا در محیط‌های شهری انجام می‌پذیرد، بر روی غبارهای جاده‌ای و خیابانی متمرکز شده است [۸]. نوع ترکیبات موجود در غبارهای خیابانی و مقدار آن‌ها می‌تواند شاخص خوبی جهت شناسایی میزان آلودگی محیط باشد [۹]. عواملی نظیر اندازه ذرات خاک و زمان ماندگاری آن (عمر خاک در تعامل با منابع آلودگی) در جذب عناصر نقش اساسی دارند. معمولاً مقدار جذب عناصر در ذرات سیلت بیشتر از ماسه است [۱۰]. انسان و سایر موجودات زنده در معرض مستقیم فلزات سنگین منتشر شده در محیط قرار دارند. جذب این فلزات از سه طریق صورت می‌پذیرد: جذب سطحی از طریق

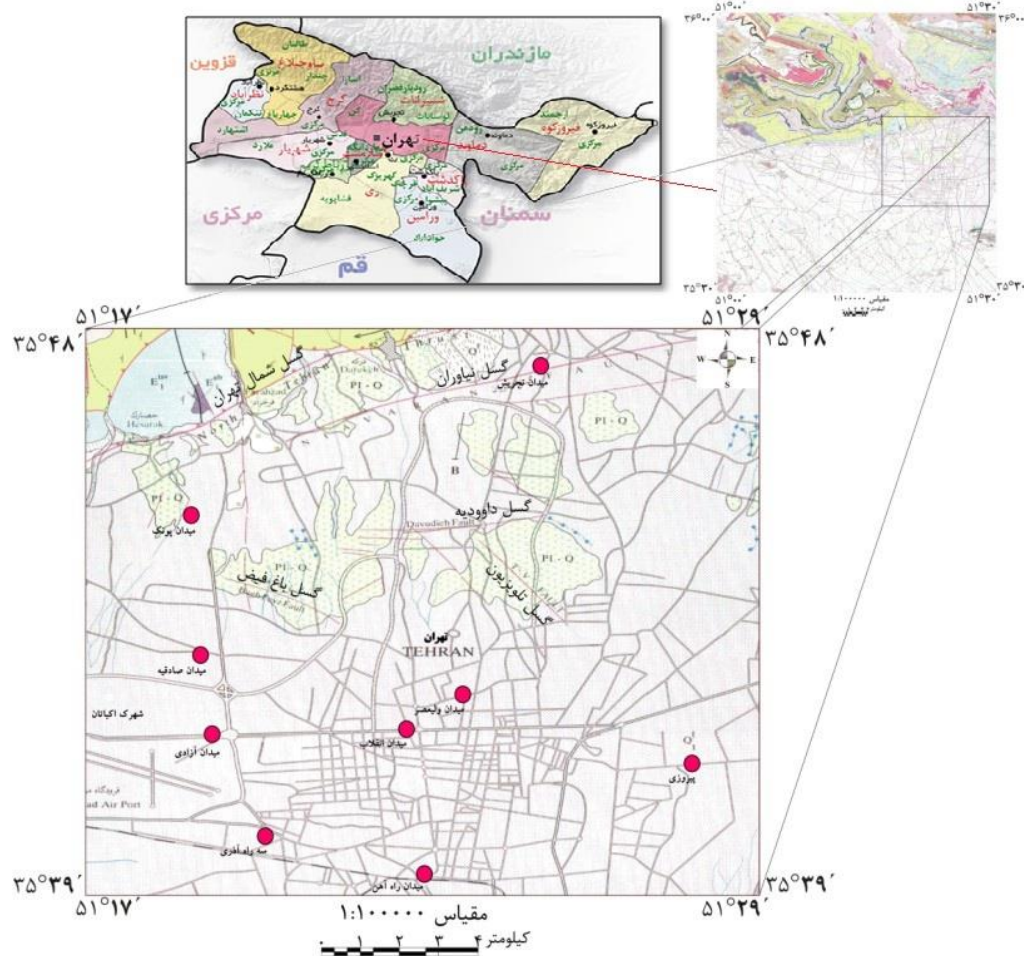
پوست، استنشاق و بلع غبار و خاک آلوده. باید اشاره کرد که بیشترین نگرانی در مورد کودکان دارای سنین تا ۸ سالگی بوده که آلودگی از طریق دست و دهان وارد بدن شان می‌شود [۲۶] [۲۷] [۱۱].

با توجه به اهمیت آگاهی از میزان غنی‌شدگی فلزات سنگین در غبارهای خیابانی امروزه مطالعات زیادی در این زمینه در سراسر دنیا و کشورهای توسعه یافته صورت پذیرفته است. در مصر El-Sayed و همکارانش از غبارهای خیابانی ۵ نقطه مختلف شهر زاگازینگ نمونه‌برداری کردند. نتایج تحلیل نشان داد که بالاترین سطح تمرکز فلزات در نمونه‌های مربوط به منطقه پر ترافیک صنعتی بوده، در حالی که پایین‌ترین تمرکز فلزات در نمونه‌های غبار خیابانی مناطق روستایی می‌باشد [۱۲]. مطالعه دیگری در نیجریه توسط Shi nggu جهت بررسی غلظت فلزات سنگین موجود در غبارهای خیابانی صورت گرفت. در این مطالعه نقاط نمونه‌برداری به ۵ منطقه اصلی کارگاه‌های مکانیکی، پارک‌های موتور، مناطق فروشگاه‌ها، بزرگراه‌ها و مناطق مسکونی تقسیم‌بندی شدند. نتایج تمرکز فلزات موجود در نمونه‌ها به ترتیب $Fe >> Zn > Pb > As > Cu > Ni > Cr > Cd$ مشاهده شد. آهن بیشترین غلظت را در نمونه‌ها از خود نشان داد و کمترین غلظت مربوط به کادمیوم شد. کبالت و سلیسیم نیز هیچ غلظتی را در نمونه‌ها از خود نشان ندادند [۱۳]. در ایران نیز سعیدی و همکارانش از خاک سطحی موجود در دو سوی شمالی و جنوبی بزرگراه تهران- کرج نمونه‌برداری کردند و نتایج نشان داد که همه فلزات سنگین به جز کروم و منگنز غلظتی بیشتر از مقادیر قابل قبول در خاک طبیعی دارند که علت آن را به فعالیت‌های انسان ساخت ناشی از منابع ترافیکی ارتباط دادند [۱۴]. همچنین مطالعه‌ای دیگر در شهر کرج توسط فلاح و همکارانش صورت گرفت که از باغ‌ها، پارک‌ها، زمین‌های کشاورزی و زمین‌های بازی کودکان از اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه خاک برداشت شد و نتایج نشان داد که خاک شهر کرج در هر ۴ نوع کاربری نسبت به آرسنیک و گوگرد آلوده بوده و در این میان آلودگی مناطق بازی کودکان (محل سرسره‌ها) بیشتر است. از طرفی، غنی‌شدگی کمی نسبت به سرب و روی وجود دارد که این غنی‌شدگی در زمین بازی کودکان بیشتر از جاهای دیگر است. عناصر دیگر از قبیل نیکل، کروم، کبالت و مس غنی‌شدگی چندانی ندارند [۱۵]. با توجه به افزایش شدت آلودگی هوا و گرد و

۱-۱- منطقه مورد مطالعه

تهران یکی از قدیمی‌ترین شهرهای ایران و پایتخت این کشور است (شکل شماره ۱). مساحت این شهر ۷۳۰ کیلومتر مربع، دارای جمعیتی بالغ بر ۸,۷۹۱,۰۰۰ نفر و تراکم جمعیت در آن بیش از یازده هزار نفر در هر کیلومتر مربع می‌باشد، بنابراین یکی از شهرهای پر تراکم محسوب می‌شود [۱۷].

غبار در شهر تهران و با آگاهی از اهمیت گرد و غبارهای آلوده به فلزات سنگین و عوارض سوء ناشی از آن، شناختی دقیق از نوع و منابع انتشار آلاینده‌ها در غبار ته‌نشینی این شهر ضروری می‌باشد که در مطالعه حاضر تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی در اطراف میادین اصلی شهر تهران با استفاده از معیارهای عامل تجمع و شاخص زمین انباشتگی فلزات صورت می‌پذیرد. در بسیاری از مطالعات برای تعیین سطوح آلودگی از این شاخص‌ها استفاده شده است [۱۶].



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی نقاط مورد مطالعه برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شهر تهران (سازمان زمین‌شناسی کشور)

نمود این مساله وجود گسل‌های فعالی چون گسل مشاء، گسل شمال تهران و گسل ری است که موجب شده همواره زمین‌لرزه‌های خفیف و نامحسوسی در محل این گسل‌ها به وقوع بپیوندد. در عرض‌های بالایی منطقه مورد مطالعه که همان ارتفاعات شهر تهران است، عمدتاً سنگ‌شناسی منطقه متشکل از سازند کرج بوده که دارای توف‌های ضخیم لایه می‌باشد و به همراه آن شیل، سیلت سنگ، ماسه سنگ، سنگ آهک، مارن، سنگ‌های کربناته ژیبس و گچ، توف‌های

۱-۲- جایگاه زمین‌شناسی شهر تهران

شهر تهران یکی از بزرگ‌ترین شهرهای جهان بوده که در بخش جنوبی رشته کوه‌های مرتفع البرز واقع شده و از لحاظ توپوگرافی به سه منطقه تقسیم می‌شود که شامل کوه‌های شمالی، دامنه کوه و دشت جنوبی می‌باشد. مشخصه اصلی زمین‌شناسی تهران قرار گرفتن آن بین توده عظیم رشته کوه البرز (متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی) و فلات ایران (متعلق به دوران چهارم زمین‌شناسی) است. مهم‌ترین

اختیاری از ضلع‌های پرتردد میادین با رعایت فاصله از حریم نقطه‌ای که احتمال ضریب خطا را در نمونه‌ها بالا خواهند برد (نظیر جایگاه‌های سوخت‌گیری بنزین و گازوییل و یا فضای سبز شهری و باغچه‌ها و مناطق گل کاری شده) توسط فرچه مویی در قوطی‌های کوچک پلاستیکی جمع‌آوری شد (شکل شماره ۲).

ریولیتی، آندزیت، تراکیت، داسیت، جریان‌های گدازه، بازالت و در آخر دولومیت سازند سلطانیه در کل نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ تهران پراکنده می‌باشد. جنس بستر دشت تهران از آبرفت‌های عهد حاضر بوده که عمدتاً آبرفت‌های هزاردره می‌باشد که شامل آبرفت‌ها، واریزه‌ها، مخروط افکنه‌ها و رسوبات یخچالی به همراه کنگلومرا با میان لایه‌هایی از رس و ماسه است.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نظر به این که هدف از این پروژه، تاکید بیشتر بر خودروها و ترافیک سنگین به عنوان یکی از منابع آلاینده شهر تهران بود، لذا ۹ میدان اصلی و پر ترافیک به عنوان ایستگاه‌های نمونه‌برداری شناسایی گردید (جدول شماره ۱). در انتخاب ایستگاه‌های مذکور سعی بر آن شد که چهار سوی جغرافیایی اصلی شهر تهران پوشش داده شود، به‌عنوان مثال میدان تجریش در شمال شهر، میدان آذری در جنوب شهر، میدان آزادی در غرب و مابقی نیز به‌همین نحو انتخاب شد. حدود ۲۰۰ گرم غبار سطحی به صورت

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	نام محل	ایستگاه نمونه برداری
ایستگاه ۱	میدان آزادی	نمونه اول: ضلع شرقی میدان آزادی
ایستگاه ۲	میدان انقلاب	نمونه دوم: ضلع جنوبی میدان انقلاب
ایستگاه ۳	فلکه دوم صادقیه	نمونه اول: ضلع شمالی فلکه دوم صادقیه
ایستگاه ۴	میدان پونک	نمونه دوم: ضلع غربی میدان پونک
ایستگاه ۵	میدان ولیعصر	نمونه دوم: ضلع شرقی میدان ولیعصر
ایستگاه ۶	سه راه آذری	نمونه اول: ضلع جنوبی سه راه آذری
ایستگاه ۷	میدان راه آهن	نمونه اول: ضلع جنوبی میدان راه آهن
ایستگاه ۸	میدان تجریش	نمونه اول: ضلع غربی میدان تجریش
ایستگاه ۹	میدان پیروزی	نمونه دوم: ضلع جنوبی میدان پیروزی



ضلع غربی فلکه دوم صادقیه



ضلع غربی سه راه آذری



ضلع شمال غربی میدان آزادی



ضلع شمالی میدان ولیعصر

شکل ۲- برخی از ایستگاه‌های نمونه‌برداری

۲-۲- روش آماده‌سازی و تجزیه نمونه‌ها

جهت آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه، ابتدا مواد زاید موجود در نمونه‌ها شامل برگ و مواد آلی از نمونه‌ها جمع‌آوری و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت تحت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته شدند. پس از خشک کردن، نمونه‌ها از الک روزه ۲۳۰ (معادل ۶۳ میکرون متر) گذرانده شدند تا عوامل رقیق‌کننده غلظت عناصر (شن، سیلت درشت) حذف شدند و سطح ویژه متعادلی برای ادامه آنالیزهای شیمیایی در اختیار قرار گیرد. باید متذکر شد که ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون به راحتی در هوا معلق و پراکنده می‌شوند و از طریق استنشاق وارد دستگاه تنفسی شده و سلامت انسان را با خطرات جدی مواجه می‌کنند. پس از آن نمونه‌های حاضر توسط هاون عقیق پودر و یکنواخت شدند. سپس ۰/۵ گرم از نمونه الک شده و خشک

شده برداشته شد و به منظور جلوگیری از جوش و خروش کربنات‌ها، ابتدا ۲ قطره اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال روی نمونه در داخل بشر تفلونی ریخته و بعد برای تجزیه سیلیکات‌های خاک ۵ cc اسید فلئوئوریدریک اضافه گردید و روی حمام شن تا ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد [۲۹]. سپس به هر نمونه ۷ cc تیزاب سلطانی (ترکیب HCl به HNO₃ به نسبت ۳:۱) به منظور تجزیه نیترات‌ها و کربنات‌های خاک افزوده گردید و روی حمام شن تا ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد تحت حرارت قرار گرفت. به دنبال آن، ۳cc اسید پرکلریک برای تجزیه مواد آلی به نمونه اضافه و مجدداً روی حمام شن تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد و نهایتاً توسط اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، حجم نمونه در بالن ژوژه به ۵cc رسید و در آخر به وسیله دستگاه (ICP-OES 1) اندازه‌گیری گردید [۱۸].

جدول ۲- غلظت عناصر سنگین به همراه داده‌های آماری در نمونه‌های گرد و غبار شهری ۹ میدان اصلی شهر تهران (کلیه عناصر بر حسب mg/kg بوده به غیر از Fe و L.O.I.^۲ که بر حسب wt/ می باشد)

شماره ایستگاه	Pb	Zn	Cu	As	Ni	Cr	Cd	Mn	Bi	Fe	LOI
ایستگاه ۱	۹۶٫۳	۴۰۲٫۹	۱۳۰٫۸	۳٫۸	۲۷٫۲	۶۴٫۸	۰٫۲	۸۰۵٫۴	۲٫۷	۳	۱۵٫۷۴
ایستگاه ۲	۱۶۶٫۹	۵۵۴٫۹	۲۱۹٫۸	۸٫۱	۱۲۶٫۲	۲۹۱٫۶	۰٫۲	۸۶۷٫۸	۳٫۱	۴٫۳	۲۴٫۱
ایستگاه ۳	۱۳۲٫۴	۵۲۶٫۸	۷۶۰٫۴	۴٫۱	۳۲٫۴	۸۴٫۴	۰٫۲	۸۰۷٫۱	۲٫۷	۳٫۸	۱۴٫۶۲
ایستگاه ۴	۴۶۲٫۲	۴۰۲	۳۲۰٫۱	۳٫۵	۳۸	۹۴	۰٫۲	۸۴۷٫۶	۳٫۳	۲٫۹	۱۵٫۰۴
ایستگاه ۵	۷۰٫۲	۲۹۰٫۸	۱۳۵٫۲	۹	۲۰٫۳	۵۷٫۴	۰٫۱	۸۶۲٫۵	۲٫۱	۳٫۲	۱۴٫۰۴
ایستگاه ۶	۱۱۴	۴۲۱٫۸	۱۴۷	۱۱٫۳	۳۲٫۷	۸۴٫۹	۰٫۲	۸۲۸٫۸	۳٫۱	۳٫۷	۱۳٫۵۸
ایستگاه ۷	۱۹۶٫۶	۱۳۵۳	۲۴۰٫۴	۱۶٫۵	۵۰٫۸	۶۳٫۹	۰٫۱	۹۶۹٫۲	۰٫۶	۳٫۴	۱۸٫۴۲
ایستگاه ۸	۷۵٫۲	۳۱۴٫۷	۲۸۱٫۳	۳٫۵	۲۲٫۴	۶۷٫۷	۰٫۲	۸۱۱٫۹	۲٫۴	۳٫۱	۱۵٫۷۵
ایستگاه ۹	۱۲۰٫۵	۳۹۱٫۴	۲۵۵٫۷	۸	۲۶٫۷	۸۱٫۴	۰٫۲	۸۱۷٫۵	۲٫۱	۳٫۳	۱۸٫۹۳
حداقل	۷۰٫۲	۲۹۰٫۸	۱۳۰٫۸	۳٫۵	۲۰٫۳	۵۷٫۴	۰٫۱	۸۰۵٫۴	۰٫۶	۲٫۹	۱۳٫۵۸
حداکثر	۴۶۲٫۲	۱۳۵۳	۷۶۰٫۴	۱۶٫۵	۱۲۶٫۲	۲۹۱٫۶	۰٫۲	۹۶۹٫۲	۳٫۳	۴٫۳	۲۴٫۱
میانگین	۱۵۹٫۲	۵۱۷٫۶	۲۷۶٫۷	۷٫۵	۴۱٫۸	۹۸٫۹	۰٫۲	۸۴۶٫۴	۲٫۵	۳٫۴	۱۶٫۶۹
پوسته زمین [۱۹]	۱۴	۷۵	۵۰	۱٫۵	۷۵	۱۰۰	۰٫۲	۱۰۰۰	۰٫۱	۵٫۶	-
میانگین درخاک [۲۰]	۳۵	۹۰	۳۰	۶	۵۰	۷۰	۰٫۴	۱۰۰۰	۰٫۴	۴	-

۲-۳- پردازش و تحلیل داده‌ها

۲-۳-۱- عامل تجمع (EF)

عامل تجمع فلزات سنگین برای هر کدام از نمونه‌های غبار خیابانی جهت بررسی آثار احتمالی فعالیت‌های انسانی بر غلظت آن‌ها محاسبه گردید که براساس نسبت یک عنصر اندازه‌گیری شده بر یک عنصر مبنا برآورد می‌شود. عموماً عنصر آهن به عنوان فلز مبنا مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۱]. عامل تجمع یک فلز با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$EF = \frac{[\frac{Cx}{Cref}]_{Sample}}{[\frac{Cx}{Cref}]_{background}} \quad (1)$$

که در این معادله $[\frac{Cx}{Cref}]_{sample}$ نسبت غلظت فلز مورد نظر به فلز مبنا (آهن) در نمونه مورد مطالعه وهم‌چنین $[\frac{Cx}{Cref}]_{background}$ نسبت غلظت فلز مورد نظر در پوسته به غلظت فلز مبنا (آهن) در پوسته می‌باشد [۲۲]. محدوده تغییرات عامل تجمع برای تحلیل مقادیر به دست آمده در جدول ۳ ارائه شده است:

۳- نتایج و بحث

آنالیز خوشه‌ای، یک روش پژوهشی چند متغیره است که در این مطالعه به منظور منشأ یابی آماری عناصر به وسیله نرم افزار MVSP⁴ مود استفاده قرار گرفته است. بر مبنای تحلیل خوشه‌ای و ضریب همبستگی عنصر Fe با ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری در محدوده ۰/۷۵ به شاخه دیگری که حاوی عنصر V و LOI می‌باشد متصل شده است. از آن‌جا که Fe شاخص مواد زمینی، LOI شاخص مواد آلی و نیز V شاخص مواد نفتی می‌باشد پس در نتیجه منشأ عناصر این دو شاخه مشخص می‌شود (شکل شماره ۳). عناصر نامبرده در محدوده غیر قابل تفسیر به شاخه مجاور خود که حاوی عناصر As، Al و Zn می‌باشد متصل است و قابل تفسیر نمی‌باشد ولی در این شاخه عناصر Al و Zn با ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار به یک دیگر متصل بوده و هم‌چنین دو عنصر با همبستگی مثبت در محدوده ۰/۷ به As متصل شده است. از آن‌جا که Al شاخص زمینی است، پس در نتیجه عناصر متصل شده به آن احتمالاً منشأ زمینی دارند. ارتباط شاخه‌های نامبرده با سایر شاخه‌ها در محدوده غیر قابل تفسیر می‌باشد. در شاخه دیگر عناصر Ni و Cr با ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری به یک دیگر متصل شده‌اند. از آن‌جایی که Ni شاخص مواد نفتی می‌باشد، پس Cr نیز منشأ نفتی دارد. ارتباط این شاخه با سایر شاخه‌ها در محدوده غیر قابل تفسیر است. در شاخه دیگر عناصر Ca و Cd با ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری حدود ۰/۸ به یک دیگر متصل بوده و این شاخه با عناصر Bi و Mo در محدوده معنی‌دار به یک‌دیگر متصل شده‌اند. عنصر Ca شاخص مواد بیوژنیکی بوده پس در نتیجه عناصر متصل به آن منشأ بیوژنیکی دارند.

جدول ۳- تغییرات عامل تجمع [23]

مقادیر EF	میزان غنی شدگی
EF ≤ ۱	فاقد تجمع
۱ < EF ≤ ۳	تجمع جزئی
۳ < EF ≤ ۵	تجمع متوسط
۵ < EF ≤ ۱۰	تجمع نسبتاً شدید
۱۰ < EF ≤ ۲۵	تجمع شدید
۲۵ < EF ≤ ۵۰	تجمع بسیار شدید
EF > ۵۰	تجمع به شدت بالا

۲-۳-۲- شاخص مولر 3 (Igeo)

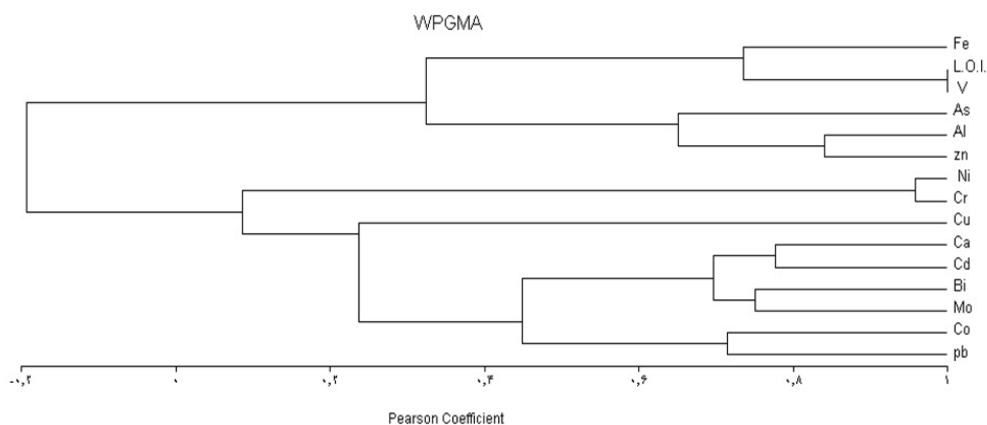
در این مطالعه علاوه بر عامل تجمع از شاخص زمین انباشتگی مولر نیز جهت بررسی سنجش میزان آلودگی غبارها به فلزات سنگین استفاده شد که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Igeo = \log_2 \frac{Cn}{1.5Bn} \quad (2)$$

که در این رابطه Cn غلظت فعلی عنصر اندازه‌گیری شده در نمونه، Bn غلظت فلز در مقدار زمینه (در این جا شیل به عنوان زمینه مورد نظر است) و از لحاظ آن که غلظت پیشین عنصر از طریق تجزیه کامل به دست می‌آید، باید از غلظت شیل که یک نوع سنگ رسوبی است، استفاده کرد. چون متوسط غلظت عناصر در شیل نسبت به متوسط غلظت عناصر در رسوبات غیر آلوده کمتر است، بنابراین جهت متعادل سازی در ۱,۵ ضرب می‌شود [24]. معیارهای طبقه‌بندی توصیفی برای شاخص زمین انباشتگی در جدول ۴ ارائه شده است:

جدول ۴- معیارهای طبقه‌بندی شاخص زمین انباشتگی [25]

محدوده تغییرات (Igeo)	شدت آلودگی
بیشتر از ۵	آلودگی بسیار شدید
بین ۴ تا ۵	آلودگی شدید
بین ۳ تا ۴	آلودگی زیاد
بین ۲ تا ۳	آلودگی متوسط
بین ۱ تا ۲	آلودگی کم
کمتر از ۰ تا ۱	فاقد آلودگی



شکل ۳- دندروگرام آنالیز خوشه‌ای عناصر موجود در نمونه‌ها

جدول ۵- مقادیر عامل تجمع (EF) محاسبه شده برای فلزات موجود در نمونه‌ها

Fe	Bi	Mn	Cd	Cr	Ni	As	Cu	Zn	Pb	EF
۰.۵	۹۴.۴	۱.۵	۲.۳	۱.۲	۰.۷	۴.۸	۴.۹	۱۰.۰	۱۲.۸	ایستگاه ۱
۰.۸	۷۳.۲	۱.۱	۱.۴	۳.۸	۲.۲	۷.۰	۵.۷	۹.۶	۱۵.۴	ایستگاه ۲
۰.۷	۷۳.۶	۱.۲	۲.۱	۱.۳	۰.۶	۴.۰	۲۲.۶	۱۰.۴	۱۴.۱	ایستگاه ۳
۰.۵	۱۱۷.۹	۱.۶	۲.۹	۱.۸	۱.۰	۴.۵	۱۲.۲	۱۰.۲	۶۳.۱	ایستگاه ۴
۰.۶	۶۹.۰	۱.۵	۱.۳	۱.۰	۰.۵	۱۰.۵	۴.۷	۶.۸	۸.۷	ایستگاه ۵
۰.۷	۸۶.۱	۱.۳	۲.۰	۱.۳	۰.۷	۱۱.۴	۴.۴	۸.۵	۱۲.۳	ایستگاه ۶
۰.۶	۱۸.۲	۱.۶	۱.۴	۱.۰	۱.۱	۱۸.۰	۷.۹	۲۹.۵	۲۳.۰	ایستگاه ۷
۰.۶	۸۰.۹	۱.۴	۱.۸	۱.۲	۰.۵	۴.۲	۱۰.۰	۷.۵	۹.۶	ایستگاه ۸
۰.۶	۶۷.۶	۱.۴	۱.۸	۱.۴	۰.۶	۹.۱	۸.۷	۸.۹	۱۴.۷	ایستگاه ۹
۰.۶	۷۵.۶	۱.۴	۱.۹	۱.۶	۰.۹	۸.۲	۹.۰	۱۱.۳	۱۹.۳	میانگین

جدول ۶- نتایج شدت آلودگی عناصر بر اساس شاخص زمین انباشت (Igeo) در گردوغبار خیابانی شهر تهران

Bi	Mo	As	Mn	Ni	Cr	Cd	Cu	Zn	Pb	Igeo
۲.۰۸	۰.۷۲	.	.	.	.	.	۰.۹۵	۱.۵	۱.۶۸	ایستگاه ۱
۲.۲۴	۰.۴	.	.	۰.۳۱	۱.۱۱	.	۱.۷	۱.۹۶	۲.۴۸	ایستگاه ۲
۲.۰۵	۰.۴	.	.	.	.	.	۳.۴۹	۱.۸۹	۲.۱۴	ایستگاه ۳
۲.۳۷	۰.۶۱	.	.	.	.	.	۲.۲۵	۱.۵	۳.۹۵	ایستگاه ۴
۱.۷۳	.	.	.	.	.	.	۱	۱.۰۳	۱.۳۳	ایستگاه ۵
۲.۲۵	۱	.	.	.	.	.	۱.۱۲	۱.۵۷	۱.۹۳	ایستگاه ۶
.	.	.	.	.	.	.	۱.۸۳	۳.۲۵	۲.۷۱	ایستگاه ۷
۱.۹۲	۰.۰۹	.	.	.	.	.	۲.۰۶	۱.۱۴	۱.۳۳	ایستگاه ۸
۱.۷۳	.	.	.	.	.	.	۱.۹۲	۱.۴۶	۲.۰۱	ایستگاه ۹
۱.۸۲	۰.۳۶	.	.	.	.	.	۱.۸۱	۱.۷۰	۲.۱۶	میانگین

جدول ۷- نتایج تحلیل شاخص زمین انباشت (Igeo) در گردوغبار خیابانی شهر تهران

شدت آلودگی	عنصر
آلودگی کم تا متوسط - ایستگاه ۴ آلودگی زیاد	Pb
آلودگی کم - ایستگاه ۷ آلودگی زیاد	Zn
آلودگی کم تا آلودگی متوسط - ایستگاه ۳ آلودگی زیاد	Cu
عملاً غیر آلوده	Cd
عملاً غیر آلوده	Cr
عملاً غیر آلوده	Ni
عملاً غیر آلوده	Mn
عملاً غیر آلوده	As
عملاً غیر آلوده	Mo
آلودگی کم تا متوسط	Bi

لاستیک به کار می‌رود. آسفالت موجود گرفته شده در کف خیابان‌ها نیز حاوی فلزات سنگین بوده که ضمن گرم شدن هوا و فرسایش آسفالت این عناصر وارد محیط می‌شوند. به طور کلی منابع اصلی انتشار عناصر موجود در گرد و غبار ته نشینی شهر تهران را می‌توان به ترافیک وسایل نقلیه، احتراق سوخت و فرسایش قطعات مورد استفاده در خودروها و هم چنین فرسوده شدن آسفالت کف خیابان‌ها نسبت داد.

پی‌نوشت

¹ ICP-OES: Induced Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometer

² L.O.I: Loss of Ignition

منابع

- [1] Pawan R S, Karmacharya N, Bir Singh K, Ramesh K S. Determination of heavy metals in street dust from different types of land use of Kathmandu Valley, Nepal. *Research Journal of Chemical Sciences*, 2014; 4 (7): 82-92.
- [2] Manasreh WA. Assessment of trace metals in street dust of Mutah city, Karak, Jordan. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2010; 5(1): 5-12.
- [3] Salman Zadeh M, Saeedi M, Nabi Bidhendi GH. Heavy metal pollution in street dusts of Tehran and their ecological risk assessment. *Journal of Environmental Studies*. 2012; 38(61): 9-18. [In Persian]
- [4] Arslan H. Heavy metals in street dust in Bursa, Turkey. *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, 2001; 19 (3): 439-445.
- [5] Thorpe A, Harrison R. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic. A review. *Sci. Total Environ*, 2008; 400(1-3): 270-282.
- [6] Akhter MS, Madany IM. Heavy metals in street dust and house dust in Bahrain. *Water Air and Soil Pollutant*, 1993; 66(1-2): 111-119.
- [7] Al-Shayep SM, Seaward M. Heavy metal content of roadside soils along ring road in Riyadh (Saudi Arabia). *Asian J Chem.*, 2001; 13: 407-423.
- [8] Lu X, Wang L, Lei K, Huaing J, Zhai Y. Contamination assessment of copper, Lead, Zinc, Manganese and Nickel in street dust of Baoji, N. W China. *J hazardous Materials*, 2009; 161: 1058-1062

بر طبق نتایج حاصل از محاسبات عامل تجمع که در جدول ۵ ارائه گردیده است، مشاهده می‌شود که عنصر بیسموت در تمامی میدان‌ها در محدوده تجمع به شدت بالا قرار گرفته است و نیز عنصر روی در ایستگاه شماره ۷ یعنی در میدان راه آهن تجمع بسیار شدید و در مابقی میادین تقریباً در محدوده نسبتاً شدید قرار دارد. عنصر مس در ایستگاه‌های ۳ و ۴ که میدان‌های صادقیه و پونک می‌باشند در محدوده تجمع شدید می‌باشد. عنصر سرب در ایستگاه ۴ (میدان پونک) تجمع به شدت بالا و در مابقی میدان‌ها در محدوده تجمع شدید قرار دارد و نهایتاً عنصر آرسنیک نیز در ایستگاه‌های ۵، ۶ و ۷ که مربوط به میدان‌های ولیعصر، آذری و راه آهن می‌باشند، تجمع شدید را از خود نشان می‌دهد. چنین تجمع‌هایی در نمونه‌های میدان انقلاب مشاهده نمی‌شود [28]. از طرفی بر طبق داده‌های حاصل از شاخص زمین‌انباشت که در جدول ۶ ارائه گردیده است، عناصر سرب، روی و مس افزایش غلظت را در محیط نشان می‌دهند که نتایج نهایی آن به صورت توصیفی در جدول ۷ ارائه شده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش نتایج تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌های گردوغبار خیابانی که از میدان‌های اصلی شهر تهران برداشت شد، با میانگین پوسته زمین مقایسه و عامل تجمع و شاخص ژئوشیمیایی مولر نیز برای آن‌ها محاسبه گردید. بررسی و تحلیل داده‌های حاصل بیانگر افزایش غلظت فلزات سرب (Pb)، روی (Zn)، مس (Cu)، آرسنیک (As) و بیسموت (Bi) نسبت به پوسته زمین می‌باشند و هم‌چنین طبق داده‌های حاصل از عامل تجمع عناصر سرب، روی، مس، بیسموت و آرسنیک، بالاترین شدت غنی‌شدگی را در محیط نشان می‌دهند. سایر عناصر نظیر کروم و کادمیوم و ... غنی‌شدگی جزئی در محیط دارند و نهایتاً شاخص ژئوشیمیایی مولر نیز آلودگی عناصر سرب، روی و مس و بیسموت را نشان می‌دهد و سایر عناصر عملاً غیر آلوده هستند.

عناصر نامبرده اکثراً جزء آلاینده‌های خیابانی و محیط‌های شهری می‌باشند که از وسایل حمل و نقل شهری و ترافیک منشا می‌گیرند. منبع اصلی سرب شهری در سوخت مصرفی وسایل نقلیه و نیز رنگ‌های مورد استفاده در جداول خیابان‌ها می‌باشد. عناصر آرسنیک و بیسموت سولفید دوست بوده و معمولاً همراه با گوگرد در گازوییل وجود دارند و نیز بیسموت به عنوان کاتالیزور در تهیه

- [21] Wei B. Heavy metal induced ecological risk in the city of Urumqi, NW China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010; 160: 33-45.
- [22] Taylor SR, McLennan SM. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell Scientific Publications Carlton. 1985; p.312.
- [23] Pekey H. Heavy metal pollution assessment in sediments of Izmit Bay, turkey. *Environmental monitoring and Assessment*, 2006; 123: 219-232.
- [24] Karbassi A, Bayati I, NabiBidahandi GH. Investigation on the heavy metal pollution intensity in Shefa-Rud river bed sediment. *Journal Of Environmental Studies*, 2006; 39: 41-48. [In Persian]
- [25] Muller G. Index of Geo-accumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 1969; 2:108-118.
- [26] Yazdi M, Behzad N. Geochemical Contamination in Seyab river, Islam Shahr, Iran, *Environmental Sciences Quarterly (ESQ)*, 2009; 6, 55-65.
- [27] Yazdi M, Golzar H. Geochemical Properties and Environmental Impacts Of The MAZINO Coal Deposit, CENTRAL IRAN, *European Chemical Bulletin*, 2012; 1(5), 125-129. [in Persian].
- [28] Noorpour AR, Sadri JA. Monitoring and Health Risk Assessment of Heavy Metals in the Ambient Air of Tehran *Journal Of Environmental Studies*; 2014; 39: 181-192. [In Persian]
- [29] Yazdi M. Analytical methods for geochemical samples, Jihad Daneshgahi Press, 2014: 182p. [in Persian]
- [9] Chirika Shova T, Pawan RS. Assessment of heavy metals in street dust in Kathmandu Metropolitan City and their possible impacts on the environment. *Anal Environ Chem.*, 2011;12(1):32-41.
- [10] Yazdi M, Behzad N. Heavy metal contamination and distribution in the parks city of Islam Shahr, SW Tehran. *The Open Environmental Pollution & Toxicology Journal*, 2009; 1: 49-53.
- [11] Watt J, Thornton I, Cotter-Howells J. Physical evidence suggesting the transfer of soil Pb into young children via hand-to-mouth activity. *App.Geochem*, 1993; (2):269-272.
- [12] El-Sayed AE, Girgis BR, Rajab MH, Nassar ES. Trace metal concentrations in street dust samples in Zagazig City, Egypt, and their risk assessment. *Proceeding of Fifth Scientific Environmental Conference, Zagzig Uni.*, 2010; 37-47.
- [13] Shinggu DY. Analysis of roadside dust for heavy metal pollutants in Jimeta/Yola Adamawa State, Nigeria. *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, 2014; 4(6).
- [14] Saeedi M, Hosseinzadeh M, Jamshidi A, Pajoohehfar S. Assessment of heavy metals contamination and leaching characteristics in highway side soils. *Iran Environ Monit Assess*, 2009; 151:231-241. [In Persian].
- [15] Fallah A, Modabberi S, Sayareh A, Tabbakh Shabani AL. Assessment of distribution of heavy metals in the Parks City of Karaj. *The 30th Symposium on the Geosciences*, 2011 ; [In Persian].
- [16] shahbazi A, Sofyanian A, Mir Ghafari N, GholayiEin M R. Assessment of heavy metal contamination in soil by using of Contamination Factor, Geo-accumulation Index and Pollution Load Index (case study: Nahavand City). *Environment and Development Journal*, 2012; 3(5):31-38. [In Persian]
- [17] <http://www.amar.org.ir/Upload/Modules/Contents/asset0/jamiat89>, assessed June: 2, 2014; [In Persian]
- [18] Yazdi M. *The Methods of Geochemical Samples Analysis*. Tehran, Iran. Jihad Daneshgahi Publishing 2013; P.182. [In Persian]
- [19] Wedepohl KH. The Composition of the Continental Crust. *Geochim.Cosmochi.Acta*, 1995; 59: 1217-1232.
- [20] Bowen HJM. *Environmental Geochemistry of the Elements*. Academic Press, London Publishing, 1979, p.245.



