

توزیع زمانی و مکانی فلزات سنگین در گرد و غبار منطقه شهری کرمان

فریبا جعفری^۱، حسین خادمی^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

f.jafari@ag.iut.ac.ir

۲. استاد گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۲۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۶/۳۱

چکیده

کرمان از جمله شهرهای صنعتی ایران است که کارخانه‌ها و معادن مختلفی در اطراف آن قرار دارد. این مطالعه با هدف بررسی میزان غلظت فلزات سنگین و بررسی توزیع مکانی و زمانی آن‌ها در گرد و غبار کرمان شکل گرفت. نمونه‌برداری گرد و غبار (مجموعاً ۲۴۵ نمونه) در ۳۵ نقطه شهر و طی ۷ ماه (از اردیبهشت تا پایان آبان ۱۳۹۱) انجام شد. پس از هر بار نمونه‌برداری ماهانه تله‌ها شسته و نمونه‌های انتقال یافته به آزمایشگاه توزین شدند و نرخ فرونشست ذرات محاسبه شد. همچنین، برای مقایسه نتایج گرد و غبار اتمسفری با خاک منطقه ۶۰ نمونه مختلف خاک سطحی (۰-۱۰ cm) از مناطق برون شهری و ۳۵ نمونه مختلف خاک از مناطق درون شهری کرمان تهیه شد. پس از جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها، غلظت کل فلزات سنگین مس، سرب، روی، نیکل و منگنز بعد از هضم با اسید نیتریک ۶ نرمال از طریق دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بالاترین غلظت فلزات را گرد و غبار داشت که با نمونه‌های خاک درون شهری و برون شهری دارای تفاوت معنی‌داری بود. بررسی توزیع زمانی و مکانی غلظت فلزات سنگین و مطالعه همبستگی بین فلزات مختلف نشان داد که ۳ فلز مس، سرب و روی و ۲ فلز نیکل و منگنز توزیع زمانی و مکانی مشابهی داشتند که احتمالاً این عناصر از دو منبع متفاوت سرچشمه می‌گیرند، به طوری که مس، سرب و روی عمدتاً از منابع صنعتی و ترافیک مشتق شده و نیکل و منگنز از منابع طبیعی سرچشمه گرفته‌اند. پراکنش مکانی نشان داد که غلظت فلزات در نیمه غربی کرمان بیشتر بوده است که در این رابطه، توپوگرافی اطراف کرمان نقش مهمی را به عهده دارد. بنابراین، شناخت منشأ گرد و غبارهای کرمان و کنترل آن در راستای مدیریت و توسعه پایدار و ایجاد محیط‌زیست سالم ضروری است

کلیدواژه

آلودگی هوا، فلزات سنگین، کرمان، گرد و غبار.

۱. سرآغاز

جهانی تخمین می‌زند که سالانه ۲/۴ میلیون نفر به علت آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند (Melaku, et al., 2008).

در دهه‌های اخیر مطالعات بسیاری به فلزات سنگین در گرد و غبار اختصاص داده شده که به علت اهمیت و تأثیرشان در محیط‌زیست و انسان است. فلزات سنگین در آب، هوا، گرد و غبار، خاک و رسوبات نقش مهمی در زندگی انسان بازی می‌کنند (Juvanovic, et al., 1995).

بهداشت هوا مسئله مهم زیست‌محیطی است و آلودگی هوا تنها به یک منطقه از جهان اختصاص ندارد (هویدی، ۱۳۹۰). ذرات و ترکیبات تولیدشده از سوی انسان و طبیعت در اتمسفر منتشر شده و در اثر فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به صورت ترکیب پیچیده‌ای درآمده‌اند و دوباره در مقیاس محلی، منطقه‌ای یا جهانی به سطح زمین برمی‌گردند (Mukai and Suzuki, 1996). سازمان بهداشت

پژوهشی را در خصوص فلزات سنگین در گرد و غبار در اصفهان انجام داد. همچنین فرهمندکیا و همکاران (۱۳۸۸)، طی مطالعات خود در زنجان نتیجه گرفتند که بین سرب و روی در گرد و غبار همبستگی بالایی وجود دارد که به علت معادن و صنایع وابسته به سرب و روی در این منطقه است. با توجه به اینکه نزدیک به ۶۰ درصد از واحدهای صنعتی عمده استان کرمان از جمله صنایع مس شهید باهنر، کارخانه‌های سیمان کرمان و ممتازان و کارخانه لاستیک بارز در محدوده کرمان قرار دارند، به یک شهر صنعتی مهم تبدیل شده است (گلاب‌زاده، ۱۳۸۳) و این صنایع می‌توانند به افزایش سطح فلزات سنگین در گرد و غبار، خاک و آب منجر شوند. از سوی دیگر، اطلاعات چندانی در خصوص غلظت فلزات سنگین مهم در فرونشست اتمسفری و مقدار کل ورودی آن‌ها به محیط شهری کرمان وجود ندارد. لذا این مطالعه با هدف بررسی میزان و تغییرات زمانی و مکانی فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری منطقه شهری کرمان انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، منطقه شهری کرمان با مساحتی حدود ۱۳ هزار و ۱۰۰ هکتار است. کرمان یکی از شهرهای مهم صنعتی در ایران است. معادن و کارخانه‌های بسیاری در محدوده این شهر قرار دارند که از آن جمله می‌توان به معدن سنگ آهن جلال‌آباد و معدن زغال‌سنگ زرنند در شمال، گروه صنعتی لاستیک بارز در جنوب، کارخانه سیمان در جنوب غرب، معدن مس سرچشمه در جنوب غرب و کارخانه سیمان ممتازین در جنوب غرب آن اشاره کرد. کرمان دارای آب و هوای خشک با بارندگی متوسط سالانه ۱۴۲ میلی‌متر است. بخش اعظم دشت کرمان را رسوبات تبخیری پلایایی فرا گرفته که هم‌اکنون بیشتر نقاط زیر کشت پسته است. همچنین، در بخش‌های جنوبی آن ماسه بادی گسترش دارد. اطراف کرمان را کوه‌های مرتفع از جمله کوهپایه در شمال غرب، پلوار در شرق و جویبار در جنوب دربر گرفته است.

صنایع مختلف و وسایل نقلیه به‌منزله منبع اصلی تولید فلزات سنگین شهری به‌شمار می‌روند و با ورود این آلاینده‌ها به هوا اولین حلقه آلودگی ایجاد می‌شود. این مواد به طور مستقیم (استنشاق، بلع و تماس پوستی) از طریق فرونشست یا غیرمستقیم از طریق تجمع در خاک، نشست بر گیاه و در نهایت با مصرف محصولات گیاهی وارد زنجیره غذایی انسان می‌شوند (Merrington, et al., 2003 and Nicholson, et al., 2003). فلزات سنگین معمولاً تجزیه‌پذیر نیستند و نیمه عمر بالایی دارند. بنابراین، سطوح بالای فلزات سنگین زندگی بیولوژیکی را تهدید می‌کند (Tong and Lam, 2000). ورود فلزات سنگین به بدن انسان می‌تواند در بافت‌ها تجمع یابد و روی سیستم عصبی و گردش خون تأثیر گذارد. همچنین، این فلزات سبب اختلال عملکرد طبیعی اندام‌های داخلی می‌شوند یا ممکن است عامل کمکی برای ایجاد بیماری‌های دیگر باشند (Nriagu, 1988).

سازمان بهداشت جهانی ۴ تا ۸ درصد مرگ و میر سالانه را به آلودگی هوای ناشی از فعالیت‌های انسان نسبت داده است. در میان بسیاری از آلاینده‌های معدنی منشأگرفته از فعالیت‌های انسان، فلزات سنگین مانند آرسنیک، کادمیوم، کروم و سرب به علت سمیت و سرطان‌زا بودن بسیار نگران‌کننده‌اند (Kathuria, 2002). سرب باقی‌مانده در بدن سبب اختلال در کلیه، کبد و دستگاه عصبی می‌شود و در صورت داشتن تماس طولانی مدت با سرب، احتمال عقب‌افتادگی ذهنی کودکان افزایش می‌یابد (Ahmed and Ishiga, 2006).

در خصوص توزیع زمانی و مکانی فلزات سنگین در گرد و غبار، مطالعاتی در ایران و جهان صورت گرفته است. وی و همکاران (Wei, et al., 2009)، تحقیقی در خصوص فلزات سنگین در گرد و غبار شهری چین انجام دادند. همچنین، ملکا و همکاران (Melaku, et al., 2008)، در مطالعات خود در واشنگتن بیان کردند که غلظت عناصر سنگین در گرد و غبار وابستگی زیادی به متوسط درجه حرارت و بارش دارد. در ایران نیز محمودی (۱۳۹۰)،

کرمان - ماهان، جوپار (شکل ۲) و ۳۵ نمونه مختلف خاک از مناطق شهری کرمان برداشته شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها (گرد و غبار اتمسفری و خاک) و آماده‌سازی نمونه‌های خاک، غلظت کل فلزات سنگین مس، سرب، روی، نیکل و منگنز بعد از هضم و عصاره‌گیری با اسید نیتریک ۶ نرمال از طریق دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Meza-Figueroa, et al., 2007).

۴. توصیف آماری داده‌ها

پس از انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی، به منظور توصیف نتایج آن و به دست آوردن خلاصه‌ای از اطلاعات آماری از نرم‌افزار SPSS 16 و برای تعیین همبستگی بین ویژگی‌های دارای توزیع نرمال از ضریب پیرسون استفاده شد.

۵. تجزیه و تحلیل‌های مکانی

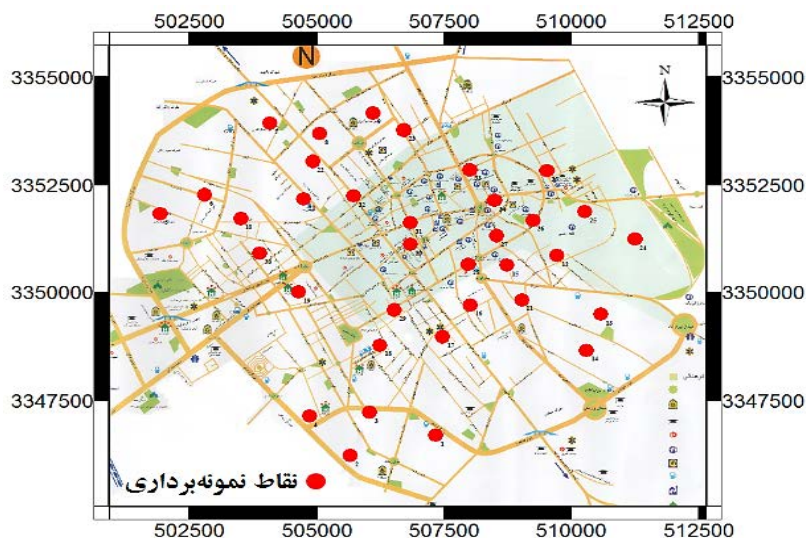
برای پهنه‌بندی غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری از روش درون‌یابی وزن‌دهی عکس فاصله استفاده شد. در این روش فواصل بین نقاط به‌منزله و وزن مدل به کار رفت و معمولاً از معکوس توان دوم فواصل استفاده می‌شود (حبشی و همکاران، ۱۳۸۵). درون‌یابی در این پژوهش با نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفت.

۳. نمونه‌برداری

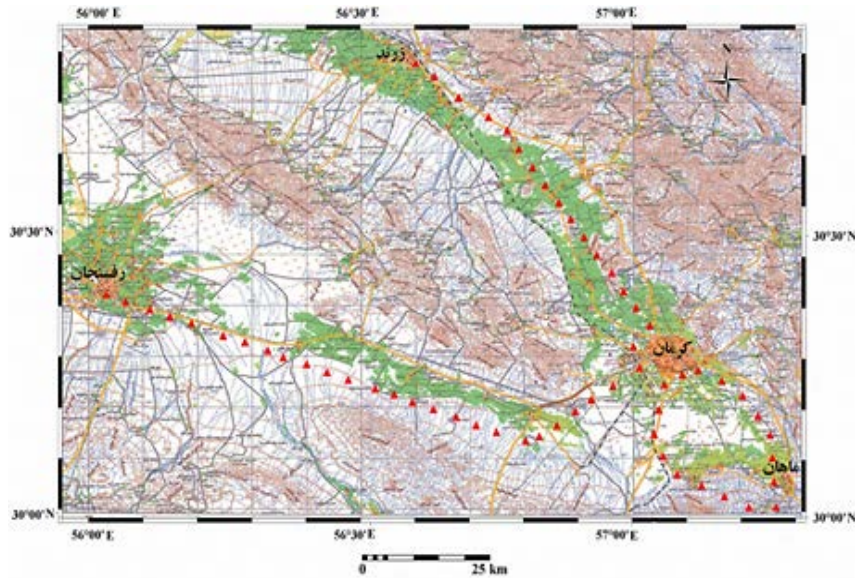
در این تحقیق به منظور تهیه نمونه گرد و غبار اتمسفری و مطالعه غلظت فلزات سنگین در اتمسفر کرمان، روی ۳۵ پشت‌بام ساختمان‌های یک طبقه (دارای ارتفاع حدود ۳ متر از سطح زمین) با پراکنش مکانی مناسب (شکل ۱)، تله‌های نمونه‌گیری گرد و غبار اتمسفری (در هر نقطه ۲ عدد تله) نصب شد. تله‌های نمونه‌گیر گرد و غبار اتمسفری از صفحات شیشه‌ای مربعی شکل با ابعاد ۱×۱ متر و یک مش پلاستیکی با منافذ ۲×۲ میلی‌متر تشکیل شده بودند و برای به دام انداختن گرد و غبار اتمسفری هوا، مش پلاستیکی به وسیله ۸ پیچ به تله متصل شد (Hojati, et al., 2012).

نمونه‌های گرد و غبار طی ۷ دوره، از اردیبهشت تا آبان‌ماه ۱۳۹۱، به صورت ماهانه جمع‌آوری شدند. جمع‌آوری نمونه‌ها در اردیبهشت به علت احتمال بارندگی در دو نوبت (اواسط و پایان ماه) صورت گرفت و در دیگر ماه‌ها (خرداد تا آبان ۱۳۹۱) فقط یک مرحله در پایان ماه انجام شد. بر اساس پیش‌بینی بارندگی در ماه‌های مهر و آبان، نمونه‌ها به گونه‌ای جمع‌آوری شدند که در مقدار و غلظت گرد و غبار اتمسفری اختلال ایجاد نکند. پس از هر بار نمونه‌برداری، تله‌ها شسته و نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه توزین شدند.

برای مقایسه غلظت فلزات سنگین گرد و غبار اتمسفری با خاک منطقه، ۶۰ نمونه مختلف خاک سطحی (۰-۱۰ cm) از ۳ برش کرمان - رفسنجان، کرمان - زرند و



شکل ۱. نحوه توزیع نقاط نمونه‌برداری گرد و غبار اتمسفری کرمان (مقیاس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰)



شکل ۲. نقاط نمونه بردارى خاک (▲) برون شهري کرمان

۶. نتايج و بحث

۱.۶. پراکنش زمانى

برخى از خصوصيات آمارى غلظت فلزات سنگين مورد مطالعه در نمونه هاى گرد و غبار اتمسفرى طى دوره هاى مختلف نمونه بردارى در جدول ۱ خلاصه شده است. نتايج ارائه شده در جدول ۱ نشان مى دهد که بالاترين ميانگين غلظت فلز در گرد و غبار اتمسفرى طى دوره نمونه بردارى به ترتيب مربوط به فلزات منگنز، روى، مس، سرب و نیکل است. همچنين، مشاهده شد که از نظر زمانى، غلظت فلزات مس، روى و سرب در اردیبهشت ماه زياد بوده که احتمال مى رود به علت پايين بودن دما در اين ماه باشد و با آغاز تابستان و افزايش دما، کاهش و با شروع پاييز و کاهش دما دوباره افزايش يافته است، در حالى که اين موضوع براى دو عنصر نیکل و منگنز صدق نمى کند. مطالعات نشان مى دهند ترکيب فلزات سنگين در گرد و غبار اتمسفرى با توجه به مناطقى که از آن عبور کرده اند و شرايط جوى متفاوت است، بنا بر اين، گرد و غبار شهري شاخص خوبى براى سطح و نحوه توزيع آلاينده ها در محيط زيست است (Duzgoren-Aydin, et al., 2006). محمودى (۱۳۹۰) طى ۵ ماه بررسى گرد و غبار اتمسفرى

اصفهان بالاترين غلظت فلزات سنگين را در آبان و آذر مشاهده کرد. وي علت اين افزايش غلظت فلزات را به وارونگى دما نسبت داد. در حقيقت سردى هوا و به ويژه غلظت فلزات سنگين در گرد و غبار در نزديكى سطح زمين در مناطق شهري افزايش مى يابد که علت آن بى تحرکى توده هواى سرد است.

با توجه به جدول همبستگى بين متوسط ۷ ماه غلظت فلزات (جدول ۲)، بين فلزات مس، سرب و روى، همچنين مس، منگنز و نیکل همبستگى بالايى مشاهده شد. بنا بر اين، مى توان نتيجه گرفت که احتمالاً اين عناصر از ۲ منبع متفاوت منشأ مى گيرند.

وار و همکاران (Var, et al., 2000)، طى تحقيقاتى روى غلظت و تغييرات فصلى عناصر کيمياى در گرد و غبار اتمسفرى در ۱۶ نقطه در ژاپن بيان کردند که عناصر با منشأ زمين زاد (آلومينيوم و آهن) و انسان زاد (سرب و روى) در فصول گرد و غبارى (مارس و مه) و در زمستان بيشترين و در تابستان کمترين غلظت را داشته اند. با اين حال، عناصر با منشأ انسان زاد مانند کروم، نیکل و واناديوم هيچ رابطه معنى دارى با تغييرات فصلى نشان ندادند.

جدول ۱. توصیف آماری غلظت کل فلزات سنگین (میلی گرم بر کیلوگرم) در نمونه‌های گرد و غبار اتمسفری مورد مطالعه

عنصر	دوره نمونه برداری	حد اقل	حد اکثر	میانگین	چولگی	کشیدگی	واریانس
مس	اردیبهشت	۲۹	۹۹/۵	۷۴/۱	-۱/۳	۳/۱	۱۹۰/۹
	خرداد	۴۴	۷۸/۵	۵۷/۴	۰/۷	-۰/۱	۷۷/۸
	تیر	۲۶/۵	۹۱/۵	۴۵/۲	۱/۹	۵/۳	۱۵۵/۷
	مرداد	۲۷	۵۷/۵	۳۸/۱	۰/۷	۰/۴	۴۹/۰
	شهریور	۲۴	۶۹	۴۲/۳	۰/۵	۱/۱	۷۸/۹
	مهر	۳۹	۷۶/۵	۶۱/۷	-۰/۶	-۰/۲	۱۰۱/۹
	آبان	۶۲/۵	۱۴۲/۵	۱۰۳/۸	-۰/۰	-۰/۷	۴۸۷/۰
	متوسط ۷ ماه	۴۲	۷۵/۵	۶۰/۴	-۰/۲	۰/۴	۵۰/۳
سرب	اردیبهشت	۲۲/۳	۱۰۲/۳	۴۵/۱	۲/۶	۱۳/۴	۱۵۴/۱
	خرداد	۲۸/۵	۷۵/۷	۴۵/۳	۰/۹	۱/۳	۱۰۳/۸
	تیر	۲۴/۴	۶۵/۴	۳۹/۱	۰/۹	-۰/۲	۱۵۱/۰
	مرداد	۱۷/۸	۸۶/۸	۳۶/۱	۲/۳	۸/۵	۱۴۵/۴
	شهریور	۱۵/۵	۴۸/۸	۳۴/۵	-۰/۵	۱/۰	۴۵/۲
	مهر	۲۷/۴	۸۶/۹	۵۱/۰	۰/۳	-۰/۴	۲۳۷/۰
	آبان	۳۲/۱	۸۹/۲	۶۴/۱	-۰/۱	-۰/۱	۱۷۳/۹
	متوسط ۷ ماه	۳۱/۹	۵۷/۱	۴۵/۰	۰/۰	-۰/۰	۳۰/۴
روی	اردیبهشت	۸۱	۳۹۱	۲۲۱/۳	۰/۸	۰/۰	۵۸۷۰/۰
	خرداد	۱۰۲	۶۴۶	۲۳۱/۱	۱/۵	۱/۴	۲۲۰۰۳/۷
	تیر	۹۶	۵۴۶	۱۹۶/۲	۱/۹	۳/۰	۱۴۶۶۹/۷
	مرداد	۹۲/۵	۲۸۷	۱۶۹/۰	۰/۹	-۰/۱	۲۷۸۸/۶
	شهریور	۶۱/۵	۲۷۰	۱۶۳/۷	۰/۴	۰/۳	۲۱۱۱/۳
	مهر	۱۲۰/۵	۴۰۷	۲۳۶/۷	۰/۵	۰/۵	۴۲۹۲/۰
	آبان	۱۶۲	۴۲۰	۲۸۲/۵	۰/۱	-۰/۹	۴۵۸۲/۴
	متوسط ۷ ماه	۱۴۰/۳	۳۶۳/۷	۲۱۴/۴	۰/۹	-۰/۰	۳۸۷۵/۶
نیکل	اردیبهشت	۲۶/۵	۴۶/۵	۴۰/۱	-۱/۲	۲/۲	۱۷/۶
	خرداد	۲۷	۴۵	۳۶/۰	۰/۰	۱/۵	۱۱/۱
	تیر	۲۷/۵	۴۵/۵	۳۴/۷	۰/۰	۰/۴	۱۵/۴
	مرداد	۱۸	۳۹/۵	۳۳/۹	-۲/۵	۹/۰	۱۴/۲
	شهریور	۲۶/۵	۳۷	۳۲/۰	-۰/۳	-۰/۸	۷/۸
	مهر	۳۱/۵	۴۴	۳۸/۰	-۰/۱	۰/۱	۸/۴
	آبان	۲۵	۴۰/۵	۳۳/۹	-۰/۱	-۱/۲	۱۸/۰
	متوسط ۷ ماه	۳۱	۴۰/۰	۳۵/۵	-۰/۳	۰/۳	۳/۷
منگنز	اردیبهشت	۲۵۶/۵	۳۶۰/۵	۳۳۲/۳	-۱/۸	۳/۷	۵۳۸/۱
	خرداد	۲۹۰	۳۴۵	۳۱۴/۶	۰/۳	-۰/۴	۲۱۲/۰
	تیر	۲۷۷	۳۶۱/۵	۳۱۲/۲	۰/۵	-۰/۰	۳۸۲/۷
	مرداد	۲۸۷	۳۹۶	۳۶۳/۳	-۱/۹	۵/۴	۴۳۶/۵
	شهریور	۲۸۲/۵	۳۷۴/۵	۳۳۲/۹	-۰/۳	-۰/۷	۵۶۳/۰
	مهر	۲۹۹/۵	۴۳۷/۵	۳۷۶/۲	-۰/۵	۰/۳	۱۰۱۲/۷
	آبان	۲۶۷/۵	۴۲۴	۳۶۱/۰	-۰/۲	-۱/۲	۲۰۱۵/۱
	متوسط ۷ ماه	۳۰۰	۳۶۸/۳	۳۴۱/۸	-۰/۹	۱/۴	۱۹۷/۰

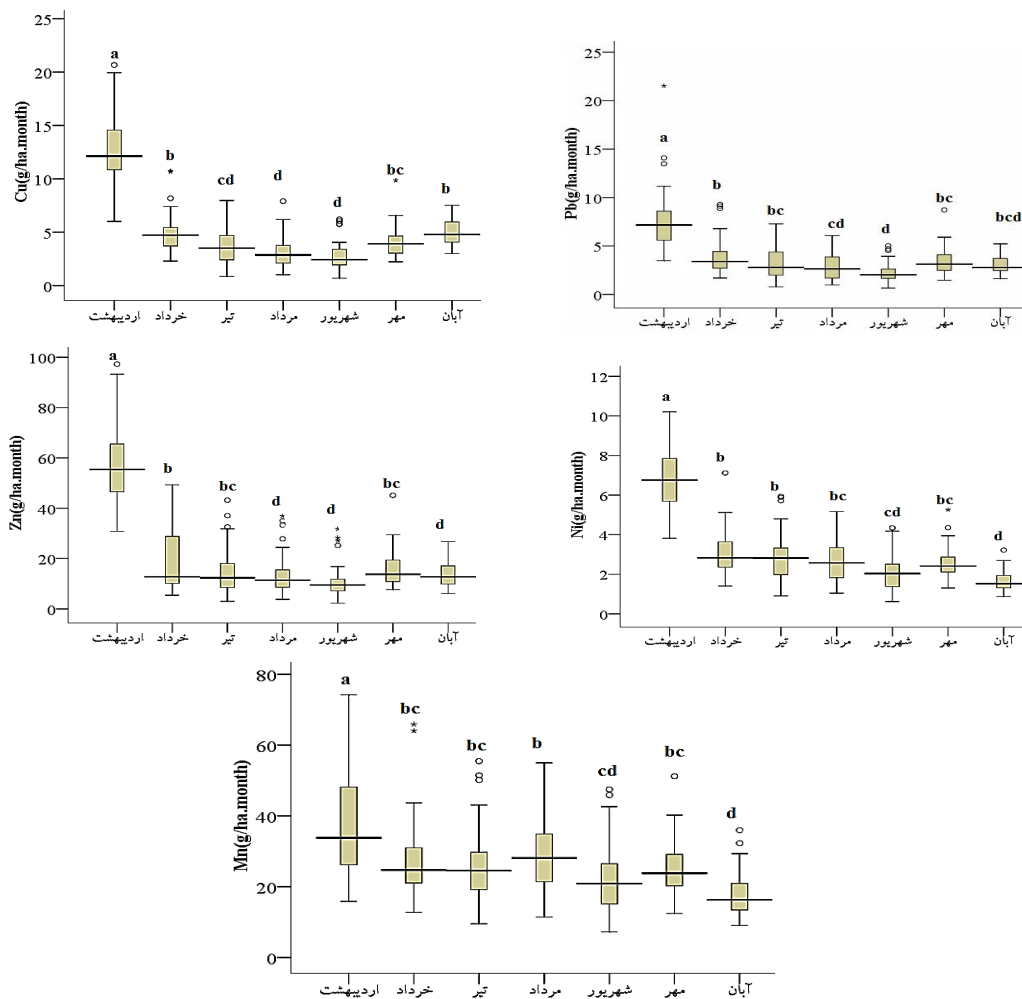
جدول ۲. ضریب همبستگی پیرسون بین متوسط ۷ ماه غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری

عنصر	مس	سرب	روی	منگنز	نیکل
مس	۱				
سرب	۰/۵۱*	۱			
روی	۰/۵۸***	۰/۳۷*	۱		
منگنز	۰/۴۸**	۰/۱۶ n.s	n.s. ۰/۱۱	۱	
نیکل	۰/۵۶***	۰/۳۱ n.s	۰/۳۲ n.s	۰/۸***	۱

n.s., **, *** به ترتیب همبستگی غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد را نشان می‌دهند.

ویژگی‌های هواشناسی، شرایط جغرافیایی و منابع تولید ذرات مانند منابع صنعتی، ترافیک، فعالیت‌های کشاورزی و منابع طبیعی تولید گرد و غبار است. با در نظر گرفتن غلظت فلزات سنگین، همچنین توزین گرد و غبار، میزان نرخ فرونشست عناصر مورد مطالعه طی ۷ ماه نمونه‌برداری محاسبه شد (شکل ۳).

شاه و همکاران (Shah, et al., 2008) نیز در پاکستان بیشترین غلظت سدیم، پتاسیم، روی، مس، سرب، قلع، کبالت و کادمیوم را در زمستان و کمترین غلظت را در تابستان گزارش کردند. این در حالی است که آن‌ها بیشترین غلظت کلسیم، آهن، منیزیم و منگنز را طی بهار اعلام کردند. ورما و همکاران (Verma, et al., 2010) طی تحقیقی در هند بیان کردند غلظت گرد و غبار تحت تأثیر



شکل ۳. نمودار جعبه‌ای تغییرات نرخ فرونشست عناصر سنگین مورد مطالعه طی ۷ ماه نمونه‌برداری (گرم بر هکتار در ماه)، (میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند)

مقایسه غلظت عناصر در گرد و غبار اتمسفری با خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۳ نشان می‌دهد میزان غلظت در نمونه گرد و غبار اتمسفری بیش از مقادیر خاکی به‌دست‌آمده است. می‌توان نتیجه گرفت احتمالاً علاوه بر عوامل طبیعی، عوامل انسانی نیز غلظت این فلزات را در گرد و غبار اتمسفری کرمان تحت تأثیر قرار داده است. البته باید این موضوع را نیز در نظر داشت که معمولاً اندازه ذرات در خاک از شن تا رس است، اما در گرد و غبار ذرات غالباً سیلت و رس را شامل می‌شوند. به عبارت دیگر، عناصر سنگین در بخش ریز تجمع یافته‌اند.

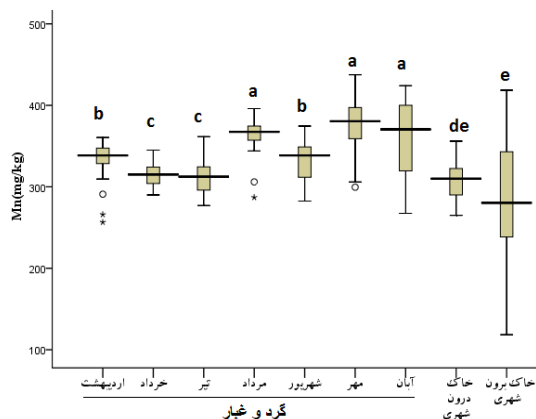
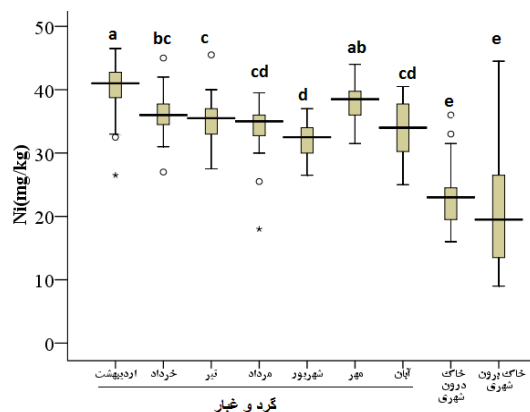
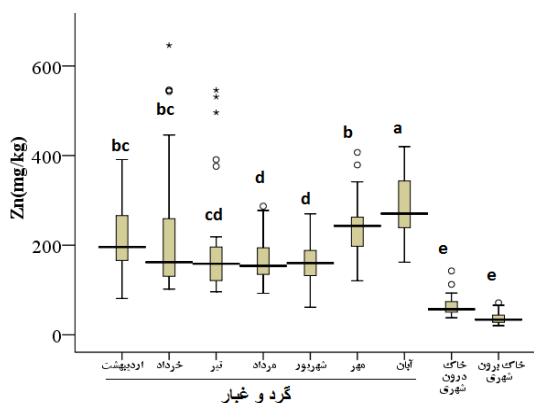
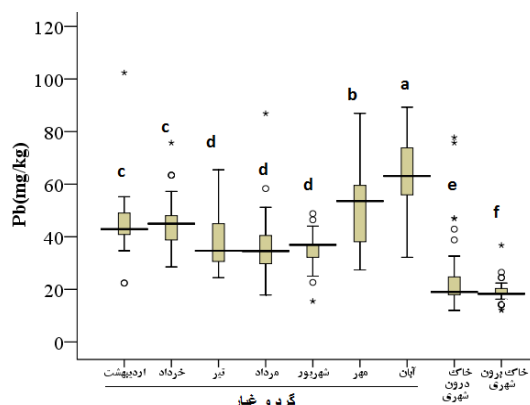
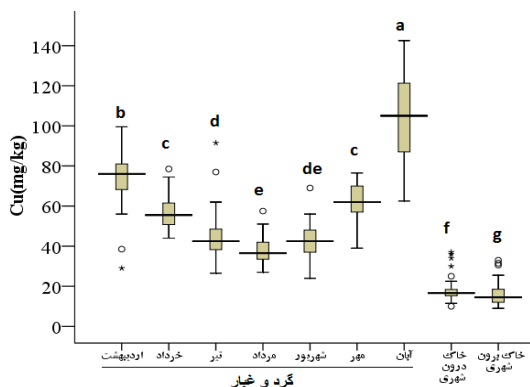
روند تغییرات غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های گرد و غبار و خاک (شکل ۴)، نشان داد که بالاترین غلظت فلزات را گرد و غبار اتمسفری دارد که با نمونه‌های خاک درون و برون‌شهری تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد. با توجه به اینکه ذرات گرد و غبار عموماً از ذرات ریز در اندازه‌های سیلت و رس تشکیل شده‌اند (Keramat, et al., 2011) و ذرات ریز به نسبت سطح ویژه بالایی دارند، به همین علت مقادیر بالاتری از فلزات سنگین را دربر می‌گیرند (Ashokkumar, et al., 2009). بنابراین، با توجه به اندازه ذرات گرد و غبار و فعالیت‌های انسانی در محیط‌های شهری، بالاتر بودن غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری نسبت به خاک‌های منطقه دور از انتظار نیست.

نتایج نشان می‌دهد بالاترین نرخ فرورانشست عناصر مربوط به اردیبهشت است و این میزان در مهر بیشتر از شهریور است که این افزایش نشانگر فعالیت جدید منابع آلاینده یا تغییر شرایط جوی است. در این شکل سه عنصر مس (به استثنای آبان)، سرب و روی و دو عنصر نیکل و منگنز از روند مشابهی پیروی می‌کنند. بنابراین، احتمال می‌رود که تحت تأثیر دو منشأ متفاوت کنترل شوند. در منابع سه عامل اصلی شامل ترافیک، صنعت و به خصوص گرد و غبار منازل و خیابان‌ها برای فلزات سنگین در گرد و غبار آورده شده است (Arslan, 2002). فلزات سنگینی همچون سرب، روی، مس و کادمیوم شاخص‌های خوبی برای شناسایی آلاینده‌های گرد و غبار شهری به شمار می‌روند، زیرا این عناصر در صنایع، بنزین، اجزای ماشین، روغن‌های روان‌کننده و مواد حاصل از سوزاندن زباله‌ها وجود دارند (Sezgin, et al., 2003).

مقادیر غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های خاک مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده که نشان می‌دهد مقادیر عناصر سنگین در خاک درون‌شهری بیشتر از برون‌شهری است. در مطالعات بیان‌شده منابع متعدد آلاینده شهری از جمله بخش حمل و نقل، صنایع ساختمان‌سازی و استفاده از مواد سوختنی مانند زغال‌سنگ سبب انتقال عناصر سنگین به اتمسفر و متعاقباً به وسیله فرورانشست وارد خاک‌های مناطق شهری می‌شوند (Chen, et al., 2005). گرد و غبار اتمسفری به‌منزله بزرگ‌ترین منبع ورود برخی فلزات به خاک محسوب می‌شود (Nicholson, et al., 2003).

جدول ۳. توصیف آماری غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های خاک مورد مطالعه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

فلز	نمونه خاک	حداقل	حداکثر	میانگین	چولگی	کشیدگی	واریانس
مس	درون شهری	۱۰	۱۴۷	۲۴/۷	۳/۸	۱۴/۹	۷۲۴/۹
	برون شهری	۹	۳۳	۱۵/۷	۱/۳	۱/۷	۲۹/۸
سرب	درون شهری	۱۲	۷۷/۷	۲۵/۴	۲/۳	۵/۳	۲۴۳/۹
	برون شهری	۱۲/۱	۳۶/۷	۱۹/۲	۱/۸	۸/۵	۱۲/۹
روی	درون شهری	۳۸	۱۴۲/۵	۶۴/۵	۱/۹	۴/۵	۴۴۹/۴
	برون شهری	۲۰/۵	۷۱/۵	۳۶/۹	۰/۸	۰/۱	۱۵۱/۵
نیکل	درون شهری	۱۶	۳۶	۲۲/۶	۰/۸	۱	۲۲/۸
	برون شهری	۹	۴۴/۵	۲۰/۳	۰/۸	۰/۳	۷۳/۶
منگنز	درون شهری	۲۵۰	۳۵۳	۲۹۶/۲	۰/۵	۰/۰	۵۴۰/۲
	برون شهری	۱۱۸/۵	۴۱۸/۵	۲۸۷/۶	۰/۰	-۰/۵	۴۲۱۵/۵



شکل ۴. نمودار جعبه‌ای تغییرات غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های گرد و غبار و خاک (میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند).

۷. پراکنش مکانی

تغییرات مکانی غلظت سه عنصر مس، روی و سرب و دو عنصر نیکل و منگنز از الگوی مشابهی پیروی می‌کنند. بنابراین، این نتیجه که منشأ این دو گروه از فلزات سنگین متفاوت است را بیشتر تأیید می‌کند. همچنین، می‌توان نتیجه گرفت که عمدتاً تجمع غلظت فلزات سنگین در نیمه

تعیین توزیع مکانی غلظت فلزات سنگین، کمک مفیدی برای مطالعه، ارزیابی و شناسایی مناطق آلوده به فلزات سنگین است. الگوی پراکنش عناصر مورد مطالعه در منطقه شهری کرمان در شکل ۵ نشان داده شده است.

شامل اصفهان (حداکثر غلظت مس و نیکل) و منطقه شهری با ترافیک کم شامل فلاورجان و خمینی شهر (حداکثر غلظت سرب، روی و کادمیوم) تفکیک کرد.

سلمانزاده و همکاران (۱۳۹۱) طی تحقیقی روی آلودگی فلزات سنگین در ۴۹ نمونه گرد و غبار شهری در تهران، به این نتیجه رسیدند که غلظت فلزات کادمیوم، سرب، مس، روی، آهن، کروم و نیکل در گرد و غبار نسبت به میانگین غلظت این فلزات در پوسته زمین بیشتر است و بیان کردند که این آلودگی می‌تواند ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی از جمله ترافیک سنگین خودروها، احتراق سوخت‌های فسیلی، مواد افزودنی به سوخت خودروها، خوردگی سطوح فلزی اتومبیل‌ها و مصالح ساختمانی باشد.

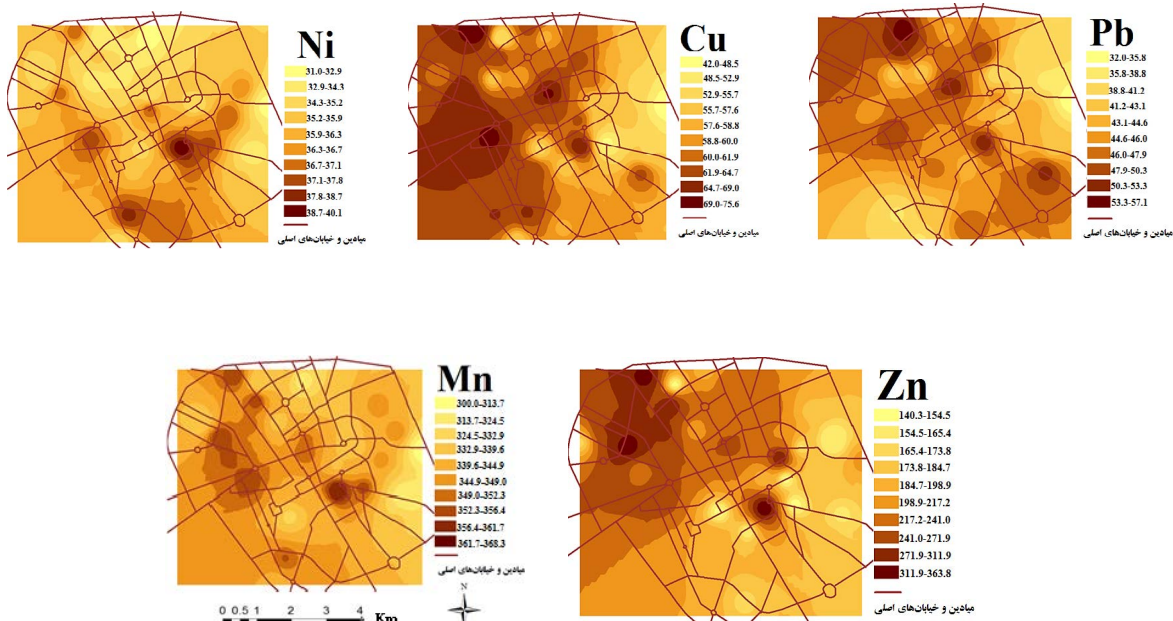
در جدول ۴، میزان غلظت و نرخ فرونشست سالیانه فلزات سنگین کرمان با سایر مطالعات انجام شده در ایران و جهان مقایسه شده است. برای محاسبه نرخ سالیانه فلزات در این مطالعه میزان متوسط نرخ فرونشست گرد و غبار و غلظت فلزات سنگین در ۷ ماه نمونه برداری تقریباً مشابه مابقی ایام سال فرض و با سایر مطالعات مقایسه شده است. نتایج حاکی از آن است که میزان غلظت فلزات گرد و غبار کرمان در مقایسه با عربستان و از نظر نرخ فرونشست سالیانه فلزات، از ویرجینیا (امریکا)، اروپا و انگلیس بیشتر بوده است. احتمالاً به این علت است که میزان فرونشست جوی فلزات با توجه به غلظت عناصر در اتمسفر، فاکتورهای اقلیمی و فاصله از منبع تغییر می‌کند (امینی، ۱۳۸۳) و در مقایسه نرخ فرونشست سالیانه فلزات سنگین کرمان نسبت به اصفهان و زنجان، که مناطق صنعتی کشور به شمار می‌روند، از آلودگی کمتری برخوردار است. در صورت بی‌توجهی به این منطقه با در نظر داشتن این نکته که نرخ فرونشست اتمسفری کرمان به‌منزله شهر کویری بسیار زیاد است با افزایش آلودگی، شرایط این شهر وخیم و بحرانی‌تر از سایر نقاط دیگر می‌شود.

غربی کرمان است که مربوط به مناطق کوهستانی در اطراف شهر به جز قسمت‌های شمال و جنوب‌غربی و فعالیت بیشتر معادن و کارخانه‌های صنعتی در نیمه غربی است.

کوه‌های واقع در غرب و جنوب کرمان موجب کانالیزه شدن باد می‌شوند و در نتیجه آلاینده‌های ناشی از فعالیت کارخانه‌ها از طریق باد به راحتی داخل شهر راه می‌یابند. در نتیجه می‌توان احتمال داد که مس، سرب و روی عمدتاً از منابع صنعتی و ترافیک مشتق می‌شوند و نیکل و منگنز از منابع طبیعی سرچشمه گرفته‌اند. هرچند مطالعات متعددی (Kumarpathak, et al., 2013; Wei, et al., 2009) افزایش غلظت نیکل در گرد و غبار شهری را نیز به منابع انسانی نسبت داده‌اند. آلودگی حاصل از فعالیت‌های صنعتی و معادن بسیار گسترده و خطرناک است. غبار اتمسفری ذوب‌کننده‌ها و معادن سهم زیادی در آلودگی عناصر سنگین در گرد و غبار دارند (Rodriguez, et al., 2009). وی و همکاران (Wei, et al., 2009) در تحقیقی روی توزیع مکانی ۱۶۹ نمونه گرد و غبار شهری در چین گزارش کردند الگوی توزیع مکانی مس، سرب، کروم و روی مشابه است و جاده‌های اصلی با تراکم ترافیک بالا، غلظت بالایی دارند. نیکل و منگنز نیز توزیع مکانی مشابهی دارند که به علت وجود مناطق صنعتی است.

بیگدلی (۱۳۸۰) طی تحقیقی با عنوان «تأثیر اقلیم و آلودگی هوای تهران در بیماری سکتة قلبی» به این نتیجه رسید که بیشترین مراجعه‌کنندگان به سبب سکتة قلبی به بیمارستان‌ها در زمستان است، زیرا بیشتر کارخانه‌های تهران در غرب و جهت باد در زمستان، اغلب باد غربی است.

محمودی (۱۳۹۰) طی پژوهشی برای انجام توزیع مکانی فلزات سنگین در ۱۴۴ نمونه گرد و غبار اتمسفری در اصفهان، منطقه مورد مطالعه را به سه بخش شامل، منطقه شهری صنعتی شامل زرین‌شهر و مبارکه (حداکثر غلظت آهن و منگنز)، منطقه شهری با ترافیک سنگین



شکل ۵. نقشه‌های پراکنش متوسط غلظت فلزات سنگین در فرونشست اتمسفری (میلی گرم بر کیلوگرم) طی ۷ ماه نمونه‌برداری در سطح کرمان بر اساس وزن دهی عکس فاصله

جدول ۴. مقایسه میزان فرونشست و غلظت فلزات سنگین در مطالعه حاضر با سایر مطالعات انجام شده در ایران و جهان

منبع	Mn	Ni	Zn	Pb	Cu	واحد	منطقه
۱	ND	ND	۲۹۹/۳	۱۰۴۳/۹	ND	$g\ ha^{-1}\ yr^{-1}$	زنجان
۲	۵۲۰/۶	۷۹/۸	۴۵۳/۸	۲۲۰/۳	۶۷/۱	$g\ ha^{-1}\ yr^{-1}$	اصفهان
۳	ND	۱۶	۲۲۱	۵۴	۵۷	$g\ ha^{-1}\ yr^{-1}$	انگلیس
۴	ND	۱۰	۲۲۷	۳۸	۳۴	$g\ ha^{-1}\ yr^{-1}$	میانگین اروپا
۵	۲۰	۲/۴	۴۱	۴/۴	۷	$g\ ha^{-1}\ yr^{-1}$	ویرجینیا (امریکا)
مطالعه حاضر	۲۲۳/۵	۳۶/۸	۳۵۶	۴۷	۶۲/۴	$g\ ha^{-1}\ yr^{-1}$	کرمان
	۳۴۱/۸	۳۵/۵	۲۱۴/۴	۴۵	۶۰/۴	$mg\ kg^{-1}$	
۶	۳۱۸/۹	۲۶	۱۴۱/۸	۶۶/۸	۳۶/۴	$mg\ kg^{-1}$	عربستان
۷	۵۴۰	۸۲/۲	۴۷۰/۳	۲۲۳/۵	۷۱	$mg\ kg^{-1}$	اصفهان
۸	۱۳۸۴	۷۸/۴	۷۰۶/۶	۵۴/۷	۲۱۵/۵	$mg\ kg^{-1}$	هند (منطقه صنعتی)
۹	۲۹/۵	۴۰	۴۴۴۳/۳	۵۷۶/۹	۵۲۱/۶	$mg\ kg^{-1}$	لهستان

ND: غیر قابل تشخیص

۱. (فرهمندکیا، ۱۳۸۸)، ۲. (محمودی، ۱۳۹۰)، ۳ و ۴. (Nicholson, et al., 2003)، ۵. (Conko, et al., 2004)

۶. (Modaihish, 1997)، ۷. (محمودی، ۱۳۹۰)، ۸. (Kumar Pathak, et al., 2013)، ۹. (Krolak, 2000)

بیشتر است (شکل ۵). به طوری که تقریباً تمام نیمه غربی کرمان را با غلظت‌های بالا تحت تأثیر قرار داده است. احتمالاً بالای بودن غلظت مس در نیمه غربی با صنایع وابسته از قبیل معدن مس سرچشمه در جنوب غربی کرمان مرتبط است. همچنین، فلزات نیکل و منگنز کمترین میزان آلودگی را در محدوده شهر داشته‌اند و در بیشتر محدوده مورد مطالعه غلظت این فلزات در کمترین میزان بوده است.

به طور کلی غلظت فلزات سنگین در نیمه غربی کرمان نسبت به نیمه شرقی بیشتر است. با توجه به موقعیت کوه‌های اطراف کرمان مشاهده می‌شود که اطراف شهر را به جز شمال و جنوب غربی، مناطق کوهستانی تشکیل داده است. با توجه به اینکه بیشتر معادن و کارخانه‌های صنعتی اطراف کرمان در نیمه غربی آن قرار گرفته‌اند، نتیجه گرفته می‌شود که کوه‌های واقع در غرب و جنوب کرمان موجب کانالیزه شدن باد و در نتیجه آلاینده‌های ناشی از فعالیت کارخانه‌ها به راحتی از طریق باد به داخل شهر منتقل می‌شوند.

مقایسه میزان غلظت و نرخ فرونشست سالیانه فلزات سنگین کرمان با کشورهای اروپایی نشان داد غلظت آلاینده‌ها در ایران نسبت به کشورهای اروپایی بسیار بیشتر است. با توجه به آنچه گفته شد به خوبی می‌توان به نقش کیفیت سامانه حمل و نقل و تجهیزات کارخانه‌های صنعتی در زمینه کاهش آلودگی هوا پی برد. البته به این نکته باید توجه داشت که نرخ فرونشست فلزات با توجه به غلظت عناصر در اتمسفر، فاکتورهای اقلیمی و فاصله از منبع تغییر می‌کند. بنابراین، به منظور کاهش غلظت آلاینده‌ها و در نتیجه کاهش آلودگی هوا، باید به این نکته توجه کرد که هرچه کارخانه‌های صنعتی و تولیدی در فاصله دورتری از مراکز شهری احداث شوند با مشکلات ناشی از آلودگی هوا کمتر مواجه خواهیم بود.

۸. نتیجه گیری

این مطالعه با هدف بررسی پراکنش زمانی و مکانی فلزات سنگین در گرد و غبار منطقه شهری کرمان صورت پذیرفت. نتایج به دست آمده از توزیع زمانی فلزات سنگین در ماه‌های مورد مطالعه حاکی از این بود که به طور کلی بین غلظت فلزات سنگین و دما رابطه عکس وجود دارد. غلظت فلزات سنگین در تابستان، که گرم‌ترین فصل سال است، کمترین میزان را دارد و با آغاز پاییز روند صعودی داشته است. البته ذکر این نکته ضروری است که در تغییر غلظت فلزات سنگین، عوامل مختلفی اعم از شرایط جوی مانند دما، رطوبت و باد، عوامل انسانی از قبیل منابع صنعتی، ترافیک، فعالیت‌های کشاورزی و فاصله از منبع نیز مؤثر است. اختلاف بسیار زیاد غلظت فلزات سنگین در اردیبهشت نسبت به سایر ماه‌های مورد مطالعه این موضوع را تأیید می‌کند. بدین صورت که عوامل مختلف با تقویت آثار یکدیگر سبب افزایش غلظت فلزات شده‌اند. البته نقش عوامل انسانی در وقوع آن بسیار چشمگیر است. افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک‌های محدوده درون شهری نسبت به مناطق برون شهری نقش فعالیت‌های انسانی را در افزایش غلظت به خوبی نشان می‌دهد. منابع متعدد آلاینده شهری از جمله بخش حمل و نقل، صنایع ساختمان‌سازی و استفاده از مواد سوختنی مانند زغال سنگ سبب انتقال عناصر سنگین به اتمسفر و متعاقباً به وسیله فرونشست وارد خاک‌های مناطق شهری می‌شوند (Chen et al., 2005).

نتایج این تحقیق نشان داد که منشأ ۳ فلز مس، سرب و روی متفاوت از منشأ ۲ فلز نیکل و منگنز است. همبستگی بسیار بالا بین فلزات مس، سرب و روی و فلزات منگنز و نیکل، همچنین شبیه بودن پراکنش زمانی و مکانی این دو گروه فلز، متفاوت بودن منشأ آن‌ها را تأیید می‌کند.

بررسی پراکنش مکانی فلزات سنگین نشان داد که غلظت مس در کرمان نسبت به سایر فلزات سنگین بسیار

منابع

- امینی، م. ۱۳۸۳. مدل‌سازی روند تجمع عناصر سنگین در اکوسیستم‌های زراعی و ارزیابی عدم فعالیت آن در منطقه اصفهان، رساله دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- بیگدلی، آ. ۱۳۸۰. تأثیر اقلیم و آلودگی هوای تهران بر بیماری سکنه قلبی (دوره ۵ ساله ۱۹۹۰-۱۹۹۴)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۲، صص ۱۲۶-۱۴۰.
- حیثی، ه.، حسینی، م.، شتابی، ش. و محمدی، ج. ۱۳۸۵. ارزیابی دقت و صحت روش‌های درون‌یابی در تخمین ازت کل خاک با استفاده از GIS، سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی، سازمان نقشه‌برداری کشور، منطقه آزاد قشم.
- سلیمان‌زاده، م.، سعیدی، م. و نبی‌بیدهندی، غ. ۱۳۹۱. آلودگی فلزات سنگین در غبارهای ته‌نشین‌شده خیابانی تهران و ارزیابی ریسک اکولوژیکی آن‌ها، محیط‌شناسی، شماره ۶۱، صص ۹-۱۸.
- فرهمندکیا، ز.، مهراسبی، م.، سخاوت‌جو، م.، ص.، حسنعلی‌زاده مظهر، ا. ش. و رمضان‌زاده، ز. ۱۳۸۸. بررسی فلزات سنگین در ذرات راسب‌شونده از هوای شهر زنجان، سلامت و محیط ایران، شماره ۲، صص ۲۴۰-۲۴۹.
- گلاب‌زاده، م. ع. ۱۳۸۳. کرمان، چاپ دوم، سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان کرمان.
- محمودی، ز. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی گرد و غبار اتمسفری اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- هویدی، ح. ۱۳۹۰. شناخت، پیشگیری و کنترل آلودگی‌های محیط‌زیست، انتشارات خانیران، تهران.
- Ahmed, F. and Ishiga, H. 2006. Trace metal concentrations in street dusts of Dhaka city, Bangladesh. *Atmos. Environ.* 40(21): 3835-3844.
- Arslan, H. 2001. Heavy metals in street dust in Bursa, Turkey. *J. Trace Microprobe Tech.* 19 (3): 439-445.
- Ashokkumar, S., Mayavu, A., Manivasagam, P. and Rajaram, G. 2009. Seasonal distribution of heavy metals in the Mullipallam Creek of Muthupettai Mangroves. *American- Eurasian J. Sci. Res.* 4(4): 308-312.
- Chen, T. B., Zheng, Y. M., Lei, M., Huang, Z. C., Wu, H. T., Chen, H., Fan, K. K., Yu, K., Wu, X. and Tian, Q. Z. 2005. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban park in Beijing, China. *Chemosphere.* 60(4): 542-551.
- Conko, K. M., Rice, K. C. and Kennedy, M. M. 2004. Atmospheric wet deposition of trace elements to a suburban environment, Reston, Virginia, USA. *Atmos. Environ.* 38: 4025-4033.
- Duzgoren- Aydin, N. S., Wong, C. S. C., Song, Z. G., Aydin, A., Li, X. D. and You, M. 2006. Fate of heavy metal contaminants in road and gully sediments in Guangzhou, SE China: A chemical and mineralogical assessment. *Hum Ecol Risk Assess.* 12(2):374-389.
- Hojati, S., Khademi, H., Cano, A. F. and Landi, A. 2012. Characteristics of dust deposited along a transect between Central Iran and Zagros mountains. *Catena.* 88(1): 27-36.
- Juvanovic, S., Carrot, F., Deschamps, N. and Vukotic, P. 1995. A study of the air pollution in the surroundings of an aluminum smelter using Epiphytic and Lithophytic Lichens. *J. Trace Microprobe Tech.* 13: 463-471.
- Kathuria, V. 2002. Vehicular pollution control in Delhi, India. *Transport Res D-Tre.* 7: 373-387.
- Keramat, A., Marivani, B. and Samsam, M. 2011. Climatic change, drought and dust crisis in Iran. *World Academy of Science, Engineering and Technology.* 57:10-13.
- Krolak, E. 2002. Heavy metals in falling dust in eastern Mazowieckie province. *Pol J. Environ. Stud.* 9(6): 517-522.
- Kumar Pathak, A., Yadav, S., Kumar, P. and Kumar, R. 2013. Source apportionment and spatial-temporal variations in the metal content of source dust collected from an industrial area adjoining Delhi, India. *Sci. Total Environ.* 443: 662-672.

- Melaku, S., Morris, V., Raghavan, D. and Hosten, C. 2008. Seasonal variation of heavy metals in ambient air and precipitation at a single site in Washington DC. *Environ. Pollut.* 155: 88-98.
- Merrington, G., Oliver, I., Smernik, R. J. and McLaughlin, M. J. 2003. The influence of sewage sludge properties on sludge-borne metal availability. *Adv. Environ. Res.* 8: 21-36.
- Meza- Figueroa, D., O-Villanueva, M. D. and Parra, M. L. D. 2007. Heavy metal distribution in dust from elementary schools in Hermosillo, Sonora, Mexico. *Atmos. Environ.* 41: 276-288.
- Modaihsh, A. S. 1997. Characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh city, Saudi Arabia. *J. Arid Environ.* 36: 211-223.
- Mukai, H. and Suzuki, M. 1996. Using air trajectories to analyze the seasonal variation of aerosols transported to the Oki islands. *Atmos. Environ.* 30: 3917-3934.
- Nicholson, F. A., Smith, S. R., Alloway, B. J., Carlton-Smith, C. and Chambers, B. J. 2003. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Sci. Total Environ.* 311: 205-219.
- Nriagu, J. O., 1988. A silent epidemic of environmental metal poisoning?. *Environ. Pollut.* 50(1-2): 139-61.
- Rodriguez Martin, L., Ruiz, E., Alonso-Azcarate, J. and Rincon, J. 2009. Heavy metal distribution and chemical speciation in tailings and soils around a Pb-Zn mine in Spain. *J. Environ Manage.* 90(2): 1106-1116.
- Sezgin, N., Ozcan, H. K., Demir, G., Nemlioglu, S. and Bayat, C. 2003. Determination of heavy metal concentrations in street dust in Istanbul E-5 highway. *Environ. Int.* 29: 979-985.
- Shah, M. H. and Shaheen, N. 2008. Annual and seasonal variations of trace metals in atmospheric suspended particulate matter in Islamabad, Pakistan. *Water, Air, Soil Pollut.* 190: 13-25.
- Tong, S. T. Y. and Lam, K. C. 2000. Home sweet home? A case study of household dust contamination in Hong Kong. *Sci. Total Environ.* 256(2-3): 115-23.
- Var, F., Narita, Y. and Tanaka, S. 2000. The concentration, trend and seasonal variation of metals in the atmospheric in 16 Japanese cities shown by the results of National Air Surveillance Network (NASN) from 1974 to 1996. *Atmos. Environ.* 34: 2755-2770.
- Verma, S. K., Deb, M. K., Suzuki, Y. and Tsai, Y. I. 2010. Ion chemistry and source identification of coarse and fine aerosols in an urban area of eastern central India. *Atmos. Res.* 95: 65-76.
- Wei, B., Jiang, F., Li, X. and Mu, S. 2009. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in urban road dusts from Urumqi, NW China. *Microchem. J.* 93: 147-152.