

تعیین غلظت فلزات سنگین در هوای نواحی شهری (مطالعه موردی: شهرری)

لیلا حسین سعیدی^{۱*}، مصطفی حاجی هادی^۲، محمد رستگاری^۳

^۱نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، کارشناس اداره امور آزمایشگاه ها، اداره کل حفاظت محیط زیست استان تهران

Leila_hosseinsaedi@yahoo.com

^۲مصطفی حاجی هادی، کارشناسی ارشد شیمی آلی، رئیس اداره امور آزمایشگاه ها، اداره کل حفاظت محیط زیست استان تهران

Mahajhadi@gmail.com

^۳محمد رستگاری، کارشناسی ارشد زراعت، معاون نظارت و پایش اداره کل حفاظت محیط زیست استان تهران

Mohammad_rastgari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۱۱

چکیده

رشد سریع اقتصادی و افزایش فعالیت‌های انسانی در بسیاری از کشورهای درحال توسعه و در نتیجه افزایش انتشار آلاینده‌های هوا، بر لزوم توجه به انتشار فلزات سنگین به عنوان بخشی از آلاینده‌های سمی و خطرناک هوا می‌افزاید. هدف از این تحقیق، سنجش غلظت تعدادی از فلزات سنگین از جمله کروم، مس، روی، کادمیوم، آلومینیوم، نیکل، جیوه، آهن و سرب، در هوای منطقه ۲۰ شهر تهران (محدوده شهرری) بوده است. بدین منظور، با تعیین تعداد ۶ ایستگاه، نمونه‌برداری از این فلزات با استفاده از دستگاه پرتابل نمونه‌برداری با حجم بالا در فصول مختلف سال انجام شد و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها به روش هضم اسیدی، میزان غلظت این فلزات به وسیله دستگاه جذب‌اتمی تعیین گردید. نتایج حاکی از آن است که میانگین سالانه غلظت فلزات کروم، نیکل و کادمیوم در تمامی ایستگاه‌ها و فلز سرب، در ایستگاه‌های صنعتی، بالاتر از حد استاندارد ملاک عمل بوده است ولی این ایستگاه‌ها، نسبت به انتشار سالانه فلزات مس و جیوه در شرایط مطلوبی قرار داشته‌اند، از طرفی، باتوجه به عدم وجود استاندارد سالانه برای فلزات آلومینیوم، روی و آهن، امکان حصول نتیجه قطعی وجود نداشته است. همچنین، غلظت فلزات پسته‌ای زمین از جمله، آهن و آلومینیوم، در فصول بارانی کاهش داشته درحالیکه غلظت فلزات غیرپسته‌ای، به‌ویژه در ایستگاه‌های صنعتی، در فصول سرد و بارانی، افزایش داشته است.

واژه‌های کلیدی

کیفیت هوا، فلزات سنگین، جذب اتمی، نمونه برداری، استاندارد.

۱- مقدمه

مشکلاتی را برای شهروندان ایجاد خواهند کرد. از اساسی‌ترین مسائل در خصوص فلزات سنگین، متابولیزه نشدن آن‌ها در بدن است. در واقع فلزات سنگین به دلیل پایدار بودن (میانگین نیمه عمر ۱۵ سال)، پس از ورود به بدن، دفع نمی‌شوند و در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌شوند که همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن همچون اختلال در سیستم‌های کلیوی، گوارشی، قلبی-عروقی، اختلالات عصبی و ... می‌شود. از طرفی خاصیت

آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین هر ساله رو به افزایش است و در نهایت به بروز خطرهای جدی برای سلامت انسان، جانوران و گیاهان منجر خواهد شد. فلزات سنگین از قبیل آرسنیک، آهن، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و نیکل، با تمامی آثار مخربشان از اصلی‌ترین آلاینده‌ها در هوای شهرهای بزرگ هستند. فلزات سنگین از طریق فرایندهای مختلف و همچنین منابع طبیعی و انسانی به داخل اتمسفر منتشر شده و از طریق استنشاق هوای آلوده، وارد سیستم بدن انسان می‌شوند و

شهرستان ری)، مسکونی- صنعتی (دهیاری امین آباد و دهیاری غنی آباد) و صنعتی (پالایشگاه شهید تندگویان و شهرک صنعتی شمس آباد) می‌باشند.

جهت نمونه برداری از ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM₁₀) از دستگاه پرتابل نمونه برداری با حجم بالا^{۱۰}، مدل TCR TECORA استفاده شد.

پراب نمونه برداری، در ارتفاع ۵ تا ۱۰ متری از سطح زمین در نظر گرفته شد.

طبق اهداف مطالعه، پارامترهای کروم (Cr)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، آهن (Fe)، مس (Cu)، روی (Zn)، آلومینیوم (Al) و جیوه (Hg) جهت سنجش انتخاب شدند.

برحسب استانداردهای بین المللی EPA و WHO^{۱۱}، نمونه برداری در مدت زمان ۲۴ ساعت و در دو دوره، فصل تابستان (مرداد ماه) و فصل زمستان (دی ماه) در سال ۱۳۹۴ انجام پذیرفت.

به منظور آنالیز و تعیین غلظت فلزات سنگین جمع‌آوری شده، از دستگاه جذب اتمی مدل Varian 220 استفاده شد.

• روش نمونه برداری و آنالیز آزمایشگاهی

نمونه برداری از ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM₁₀) با استفاده از فیلتر فایبرگلاس و دستگاه High Volume مدل TCR TECORA انجام گردید. در ابتدا، فیلتر فایبرگلاس در آزمایشگاه خشک و رطوبت آن حذف شده و سپس، توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم، توزین شد و در نهایت با تعبیه نمودن در دستگاه نمونه بردار ذرات معلق (High Volume)، به محل ایستگاه‌های تعیین شده انتقال یافت و ضمن انجام تنظیمات لازم، به مدت ۲۴ ساعت، جهت جمع‌آوری ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون، مورد بهره برداری قرار گرفت. با اتمام زمان نمونه برداری، ذرات جمع‌آوری شده بر روی فیلتر فایبرگلاس، با استفاده از ظروف شیشه‌ای به آزمایشگاه منتقل و پس از هضم شیمیایی توسط اسید، جهت سنجش میزان فلزات سنگین در دستگاه جذب اتمی مدل ۲۲۰ Varian، مورد استفاده قرار گرفت (Koenig et al., 1999). مطابق با استاندارد متد 3.1-IO-Compendium Method، در ابتدا هریک از فیلترهای حاوی ذرات معلق، توسط ترازوی دیجیتال به منظور تعیین وزن ثانویه، توزین و سپس فرآیند هضم فیلتر توسط حجم معینی از اسید نیتریک و اسید کلریدریک به مدت دو ساعت انجام شد. محلول هضم‌شده،

سمی و قابلیت تجمع زیستی فلزات سنگین در گیاهان و جانوران و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی، خطرهای ناشی از آن‌ها را دو چندان کرده است و تأثیرات اکولوژیکی زیادی به وجود می‌آورد. محدوده منطقه ۲۰ تهران، با وسعتی حدود ۱۷۶ کیلومتر مربع (مساحت منطقه با حریم) و جمعیتی بالغ بر ۳۷۰ هزار نفر به علت استقرار صنایع آلاینده از جمله کارخانه سیمان، پالایشگاه، مجموعه نفتی شامل خطوط لوله و غیره، از آلوده‌ترین مناطق کلان‌شهر تهران در زمینه آلودگی هوا به‌شمار می‌آید. لذا در این بررسی، سعی گردیده ضمن انتخاب محل‌های مناسب و منطبق بر استانداردهای آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا^۹ جهت نصب ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا، به بررسی غلظت فلزات سنگین آلومینیوم، کروم، نیکل، سرب، کادمیوم، مس، جیوه، روی و آهن در هوای محیط این منطقه پرداخته و ضمن مقایسه با استانداردهای جهانی انتشار، عوامل تاثیرگذار بر انتشار این آلاینده‌ها را مورد ارزیابی قرار دهد.

۲- روش انجام تحقیق

• معرفی شیوه های نمونه برداری و اندازه گیری
به منظور نمونه برداری و اندازه گیری غلظت گازها و ذرات معلق موجود در هوای محیط، روش‌های متعددی وجود دارد که از جمله این موارد می‌توان اشاره نمود به:

شیوه های سنجش گازهای موجود در هوای محیط شامل روش الکتروشیمیایی، استفاده از سیستم مبتنی بر شیوه رنگ‌سنجی، روش احتراق کاتالیزوری
چگونگی نمونه برداری و سنجش میزان ذرات معلق (PM) شامل روش اندازه‌گیری بر اساس تفرق نور (اثر تیندال)، نمونه برداری و سنجش میزان ذرات معلق (TSPM) به شیوه ثقل-سنجی

• نمونه برداری از فلزات سنگین موجود در هوای محیط شهرستان ری به روش ثقل سنجی

به منظور انجام نمونه برداری از منطقه ۲۰ شهرداری تهران و شهرستان ری موارد زیر مدنظر قرار گرفت:
ایستگاه‌های سنجش و پایش ذرات معلق با هماهنگی معاونت نظارت و پایش و اداره حفاظت محیط‌زیست شهرستان ری و منطبق با استانداردهای EPA تعیین گردید. ۶ مکان بعنوان ایستگاه سنجش ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون انتخاب گردید که شامل ایستگاه‌های ترافیکی (ساختمان فرمانداری شهرستان ری)، مسکونی (ساختمان اداره حفاظت محیط‌زیست

¹⁰. High volume sampler

¹¹. WHO: World Health Organization

⁹. EPA: Environmental Protection Agency

$$C = \left\{ \left(\frac{\mu\text{g metal}}{\text{mL}} \cdot \frac{\text{final extraction volume}}{\text{strip}} \right) * 9 - F_m \right\} / V_{std} \quad (2)$$

C: غلظت فلز در شرایط استاندارد بر حسب میکروگرم بر متر مکعب ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$\mu\text{g metal}/\text{mL}$: غلظت فلز بر حسب میکروگرم بر لیتر
final extraction volume/strip: حجم نهایی محلول استخراج شده بر حسب میلی لیتر

۹ = مساحت فیلتر قابل استفاده (20cm*23cm) یک قطعه از مساحت فیلتر در تماس (2.5 cm*20cm)

F_m : غلظت متوسط فیلتر بلانگ بر حسب میکروگرم
 V_{std} : حجم هوای نمونه برداری شده در شرایط استاندارد (۲۵ درجه سانتیگراد و ۷۶۰ میلی مترجیوه)

بدین ترتیب با توجه به فرمول‌های بالا، غلظت‌های اندازه‌گیری شده از دستگاه جذب اتمی به مقادیر غلظت در هوای محیط در شرایط استاندارد تبدیل شدند. جدول ۳، نتایج نمونه برداری و اندازه‌گیری فلزات سنگین مورد مطالعه را در ۶ ایستگاه تعیین شده در شهرستان ری بر حسب نانوگرم بر مترمکعب هوای استاندارد، نشان می‌دهد.

بدین ترتیب با توجه به فرمول‌های بالا، غلظت‌های اندازه‌گیری شده از دستگاه جذب اتمی به مقادیر غلظت در هوای محیط در شرایط استاندارد تبدیل شدند. جدول ۳، نتایج نمونه برداری و اندازه‌گیری فلزات سنگین مورد مطالعه را در ۶ ایستگاه تعیین شده در شهرستان ری بر حسب نانوگرم بر مترمکعب هوای استاندارد، نشان می‌دهد.

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری ذرات معلق (PM₁₀) جهت سنجش فلزات سنگین

ارتفاع	موقعیت جغرافیایی بر حسب UTM		نوع ایستگاه	نام ایستگاه
m	39 S			
1072	0646548	3939549	مسکونی	اداره حفاظت محیط زیست شهرستان ری
1099	0538702	3938912	ترافیکی	فرمانداری شهرستان ری
1070	0543894	3937582	مسکونی- صنعتی	دهیاری امین آباد
1101	0547267	3935884	مسکونی-	دهیاری غنی

سانتریفیوژ و با آب مقطر تا حجم ۱۵۰ میلی لیتر رقیق گردید. سپس جهت حذف ذرات کامل فیلتر، محلول حاصل با کاغذ صافی صاف گردید. (U.S. EPA Cincinnati, 1999, U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards, 2009)

با آماده شدن محلول، میزان غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه جذباتمی بر حسب میلی گرم بر لیتر قرائت شد. بدین ترتیب که درابتدا، غلظت‌های استاندارد عناصر مورد سنجش به دستگاه جذباتمی تزریق شده و پس از رسم منحنی کالیبراسیون، غلظت عناصر، تعیین و جهت انجام محاسبات آماده گردید.

• آنالیز و تحلیل نتایج نمونه برداری

نتایج نمونه‌برداری فلزات سنگین در محلول‌های استخراج شده بر حسب میلی گرم بر لیتر بوده است که در شرایط نسبتاً مرتفع شهرستان ری و در دمای محیطی و فشار هوای غیراستاندارد نمونه‌برداری شده است، ازاینرو، باید به غلظت آن بر حسب میکروگرم بر مترمکعب هوا، در شرایط دما و فشار استاندارد تبدیل شود. لذا مطابق با استاندارد متد Compendium EPA Method IO-3.1 و با استفاده از رابطه (۱)، حجم هوای مکش شده توسط دستگاه نمونه‌بردار، در شرایط استاندارد دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱ اتمسفر اصلاح می‌شود.

$$V_{std} = V_s(T_{std}/T_m)(P_{bar}/P_{std}) \quad (1)$$

V_{std} : حجم هوای نمونه برداری شده در شرایط استاندارد
 V_s : حجم هوای نمونه برداری شده از طریق دستگاه نمونه بردار

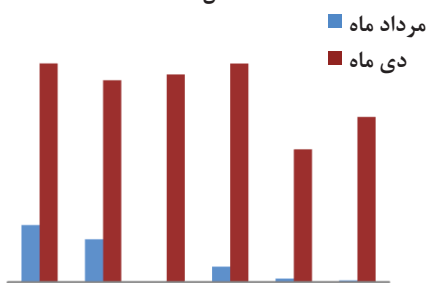
سپس غلظت فلز در هوای محیط با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

T_m : میانگین دمای هوای محیط بر حسب کلون
 T_{std} : دمای هوای محیط در شرایط استاندارد (۲۵ درجه سانتیگراد یا ۲۹۸ کلون)
 P_{bar} : فشار بارومتریک در طول موقعیت نمونه برداری بر حسب میلی متر جیوه (mmHg)
 P_{std} : فشار بارومتریک در شرایط استاندارد ۷۶۰ میلی متر جیوه (mmHg)

فرمانداری شهرری، دهیاری امین‌آباد و دهیاری غنی‌آباد که در موقعیت جغرافیایی نزدیکتری نسبت به هم قرار دارند و در بافت ترافیکی، مسکونی و نزدیک به برخی از واحدهای صنعتی بزرگ همچون کارخانه سیمان، بازیافت فلزات و معادن قرار گرفته‌اند، بالاتر و نسبتاً نزدیک به یکدیگر بوده‌است اما با فاصله‌گرفتن از این مناطق، غلظت در ایستگاه پالایشگاه شهید تندگویان کاهش یافته و مجدداً در ایستگاه واقع در شهرک صنعتی شمس‌آباد، این غلظت افزایش یافته است که این تغییرات، خود گویای نقش حمل و نقل (به دلیل خوردگی در کاتالیست کنورتور و وجود آزیست در لنت ترمز) و نیز صنعت، بویژه تولید سیمان در انتشار این آلاینده بوده است. همچنین افزایش شدیدی که در غلظت این ترکیب در نمودار (الف) و نتایج به‌دست‌آمده در فصل زمستان نسبت به فصل تابستان مشاهده می‌شود، بیانگر تاثیر چشمگیر پدیده وارونگی در این زمینه بوده است.

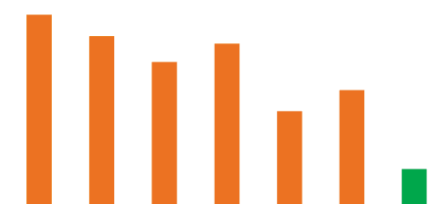
الف

میزان غلظت فلز کروم (Cr) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در مرداد و دی ماه سال ۱۳۹۴



ب

میانگین غلظت فلز کروم (Cr) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در سال ۱۳۹۴



نمودار ۱، الف- تغییرات غلظت فلز کروم در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب- مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز کروم در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

آباد	صنعتی	3933185	0537825	1041
پالایشگاه شهید تندگویان	صنعتی	3933185	0537825	1041
شهرک صنعتی شمس‌آباد	صنعتی	3912216	0521077	917

۳- نتایج

• وضعیت آلاینده کروم در هوای محیط شهرستان ری

کروم، فلزی سخت و خاکستری و عموماً یک عنصر فراوان در پوسته زمین است که درحالت‌های اکسیداسیون از Cr^{+2} تا Cr^{+6} یافت می‌شود. کروم سه ظرفیتی به طور طبیعی در محیط شکل می‌گیرد و از جمله مواد مغذی ضروری محسوب می‌شود اما، عنصر کروم و کروم شش ظرفیتی، عمدتاً در اثر فرایندهای صنعتی ایجاد می‌شود. کروم شش ظرفیتی در زمره آلاینده‌های سمی خطرناک و سرطانزا در ذرات معلق محیط قابل استنشاق است که غلظت آن درحال افزایش می‌باشد. براساس فهرست موجودی مواد سمی در ATSDR^{12} ، انتشار کروم در درجه اول ناشی از فرایندهای احتراقی، صنایع فلزی و تولید سیمان است. از دیگر منابع انتشار کروم، می‌توان به فرایندهای شیمیایی و تجهیزات زباله سوز، محل دفن زباله، گرد و غبار جاده‌ای ناشی از خوردگی کاتالیست کنورتور و آزیست در لنت ترمز، دباغی چرم، آبکاری کروم، تولید منسوجات، تولید چینی و سرامیک و ... اشاره نمود.

مصارف عمده ترکیبات کروم درزمینه تولید رنگدانه‌های کروم، فرایند دباغی چرم، ساخت مواد محافظ و نگهدارنده چوب و نیز مواد ضدخوردگی و نسوز در سیستم‌های پخت، دیگ‌های بخار و کوره‌ها می‌باشد. (U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards, 2009, Goyer et al., 2001, ATSDR, 2008, WHO Regional Office for Europe, 2000, Islam et al., 2015, U.S. EPA, 1984 همان‌طور که در جدول ۲ مشخص شده است، تنها در کشور آمریکا، استاندارد سالانه فلز کروم در هوای محیط، به میزان $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در نظرگرفته شده است لذا، داده‌های مندرج در جدول ۳ حاکی از آن است که میانگین سالانه غلظت این آلاینده در مقایسه با استاندارد ملاک عمل، میزان انتشار بالاتری را در کلیه ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. ازطرفی براساس نتایج ارائه شده در نمودار (الف، ب) مشاهده می‌شود که میانگین غلظت این آلاینده در ایستگاه‌های اداره حفاظت محیط زیست شهرری،

¹². ATSDR: Agency for Toxic Substances & Disease Registry

جدول ۱- میزان استاندارد فلزات سنگین در هوای محیط در کشورهای مختلف جهان

IRAN	WHO	TCEQ	EPA	Australia	India	Europe	UK	South Africa	Thiland	میانگین زمانی	فلزات سنگین
۳μg/m	۳μg/m	۳μg/m	۳μg/m	۳μg/m	۳μg/m	۳μg/m	۳μg/m	۳μg/m	۳μg/m		
۰/۵۰	-	-	-	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	-	-	سال	Pb
-	-	-	۰/۱۵	-	-	-	-	-	-	۳ ماهه	
-	-	-	-	-	-	-	-	۲/۵	۱/۵	۱ ماهه	
-	-	-	-	-	۱	-	-	-	-	۲۴ ساعت	
-	۰/۰۰۵	-	-	-	-	۰/۰۰۵	-	-	-	سال	Cd
-	۱	-	-	-	-	۱	-	-	-	۲۴ ساعت	V
-	۱	-	-	-	-	۱	-	-	-	سال	Hg
-	-	-	-	-	۰/۰۲	۰/۰۲	-	-	-	سال	Ni
-	-	-	-	-	-	۰/۱۵	-	-	-	سال	Mn
-	-	۰/۵۰	-	-	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	-	-	-	سال	As
-	-	۰/۰۱	-	-	-	-	-	-	-	سال	Cr
-	-	۱	-	-	-	-	-	-	-	سال	Cu

جدول ۳- میزان غلظت فلزات سنگین بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های نمونه برداری در مرداد ماه و دی ماه ۱۳۹۴

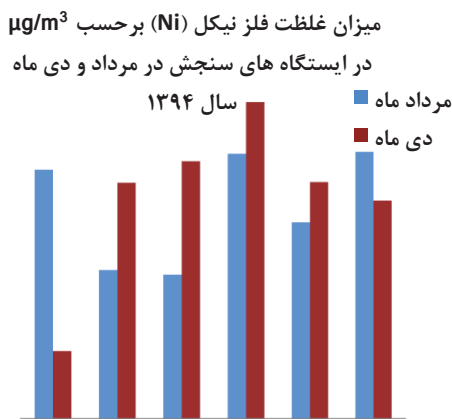
شهرک صنعتی شمس آباد		پالایشگاه شهید تندگویان		دهیاری غنی آباد		دهیاری امین آباد		فرمانداری شهرستان ری		اداره محیط زیست شهرستان ری		واحد	فلزات سنگین
صنعتی		صنعتی		مسکونی-صنعتی		مسکونی-صنعتی		ترافیکی		مسکونی			
دی	مرداد	دی	مرداد	دی	مرداد	دی	مرداد	دی	مرداد	دی	مرداد		
0.0619 1	0.0006 8	0.0498 5	0.0013 6	0.0818 4	0.0058 1	0.0777 4	ND	0.0755 8	0.0161	0.0818 7	0.0214 1	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cr
0.0543 9	0.0665 5	0.0590 1	0.0489 9	0.0789 4	0.0660 6	0.0641 9	0.0359 6	0.0588 5	0.0371	0.0169 6	0.0620 9	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ni
0.5670 6	4.1765 1	0.3151 2	1.3405 4	0.6733 1	0.5227 1	0.2473 4	1.8338 3	0.2654 1	0.1382 2	0.4386	0.2283 9	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Pb
0.0312 5	0.0122 2	0.0183 3	0.0068	0.0191 5	0.0145 2	0.0176 7	0.0071 9	0.0190 4	0.0036 4	0.0210 5	0.0057 1	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cd
3.3127	3.6583 5	3.4044 9	2.9505 5	5.9332 3	9.9263 7	4.5346 2	7.2065 8	4.4501 6	4.9713 9	4.8169 6	6.2285 1	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fe
0.0995 2	0.2152 8	0.1065 7	0.0639 6	0.2652 6	0.2163 4	0.1177 8	0.7824 3	0.1800 1	0.0785 6	0.1912 3	0.1313 2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cu
0.5876	0.9174 7	0.8031 1	0.4913	0.6451 6	1.3349 4	0.3840 9	1.8351 2	0.4858 1	0.2653	0.8076	0.3817 6	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Zn
3.7958 1	6.5873 4	3.7070 1	4.5387 8	4.8118 2	8.9949 4	4.6582 9	6.5082 8	4.2464 9	5.6159 1	4.4561 4	6.1806 9	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Al
0.0002 1	0.0142	0.0001 9	0.0139 6	0.0002	0.0146 4	0.0001 9	0.0138 5	0.0001 8	0.0138 1	0.0003 2	0.0141	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hg

• وضعیت آلاینده نیکل در هوای محیط شهرستان ری

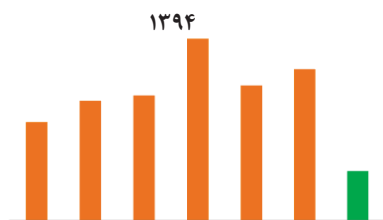
نیکل، ۲۴امین عنصر فراوان در پوسته زمین و عنصری با ظرفیت‌های ۰، ۱، ۲+ و ۳+ است. نیکل فلزی، نقره‌ای-سفید و سخت است که عموماً در طبیعت یافت نمی‌شود ولی بصورت معدنی، فراوان یافت می‌شود و تنفس آن در فرم معدنی، اثرات سوء بر سلامت افراد دارد. گردو غبار نیکل، به‌عنوان ماده سرطانزای انسانی کلاس A در EPA آمریکا طبقه‌بندی شده است. سیستم تنفسی انسان و حیوان، هدف اصلی در مسمومیت ناشی از استنشاق نیکل محسوب می‌شود، سیستم ایمنی و کلیوی بدن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مواجهه کوتاه‌مدت با نیکل (در محدوده غلظت ۲۰۰-۶۷۰۰ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ و بطور متناوب در محدوده زمانی ۱۲ روز تا ۱۳ هفته)، سبب تنفس سخت، ذات‌الریه، انحطاط سطوح مجرای هوایی بینی و آتروفی بافت گیرنده بوی بینی، کاهش قابل توجه وزن، التهاب مزمن ریه‌ها و مرگ می‌گردد. مواجهه طولانی مدت با نیکل نیز سبب آسم، برونشیت مزمن، آمفیوز، کاهش ظرفیت حیاتی و سرطان ریه و بینی می‌شود. نیکل در درجه اول به دلیل ویژگی‌های سخت-بودن، مقاوم نسبت به خوردگی، مقاومت حرارتی و استحکام، در ساخت فولاد زنگ نزن و سایر آلیاژها (از جمله آلیاژهای نیکل-مس و نیکل-کروم)، همچنین به عنوان کاتالیست در آبکاری، رنگدانه، ضرب سکه، باتری‌ها، الکترودها، اتصالات الکتریکی، شمع‌ها و قطعات ماشین‌آلات، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیکل موجود در هوا عموماً به شکل ذره معلق و در سایزهای ۰/۱ تا ۲ μm است. منابع طبیعی انتشار نیکل در هوا شامل گرد و غبار، آتش‌سوزی جنگل، ذرات آزاد شده از پوشش‌های گیاهی، نمک دریا و گرد و غبار شهاب سنگی می‌باشد. مقدار نیکل در نفت خام و ذغال‌سنگ غنی شده است لذا، از جمله منابع انسانی انتشار نیکل به فضا در درجه اول، احتراق سوخت‌های فسیلی (نفت و ذغال‌سنگ) و حمل و نقل جاده‌ای، عملیات استخراج و بازیافت فلزات در درجه حرارت بالا (بویژه در صنایع فلزی آهن و فولاد)، تولید اولیه نیکل، سوزاندن زباله‌های شهری و همچنین کوره‌های ذغال، تولید سیمان، استخراج/ فرز آزیست و برج‌های خنک‌کننده است. (Proorocu et al., 2014, WBK & Associates Inc., 2004, Islam et al., 2015, working group of As, Cd and Ni (compounds, 2000 همان‌طور که از جدول ۲ مشخص می‌گردد در سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، استاندارد برای فلز نیکل تعیین نشده است و برخی از کشورها مانند اتحادیه اروپا، کشور هندوستان و آمریکا، استاندارد سالانه این فلز را به میزان ۰/۰۲ میکروگرم بر مترمکعب ($20 \text{ ng}/\text{m}^3$) در نظر گرفته‌اند.

با توجه به نمودارهای (۲الف و ب) و در مقایسه با استاندارد ملاک عمل، میزان غلظت فلز نیکل به دلیل نزدیکی به منابع انتشار مختلفی همچون تولید سیمان، بازیافت فلزات و پالایشگاه که از جمله منابع انتشار نیکل در هوا محسوب می‌شوند، در کلیه ایستگاه‌ها بالاتر از حد استاندارد بوده و به‌تدریج، با دور شدن از این منابع و نزدیک شدن به بافت مسکونی، از غلظت این آلاینده کاسته می‌شود اما بیشترین میزان انتشار، در ایستگاه دهیاری غنی‌آباد، واقع در نزدیکی کارخانه سیمان مشاهده می‌شود لذا، تولید سیمان را می‌توان از عمده‌ترین منابع انتشار نیکل در این منطقه دانست و پس از آن، این آلاینده در ایستگاه‌های واقع در مجاورت شهرک صنعتی، پالایشگاه و سپس بازیافت فلزات، از غلظت بالایی برخوردار بوده است که این نتایج، با نتایج بدست آمده در مطالعات، مبنی بر بالا بودن غلظت فلز نیکل در ایستگاه‌های صنعتی (از جمله تولید سیمان) و ترافیکی با حجم بالای ترافیک، به‌دلیل احتراق سوخت‌های فسیلی مطابقت دارد. (Brown et al., 2014)

الف



میانگین غلظت فلز نیکل (Ni) بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در سال ۱۳۹۴



ب

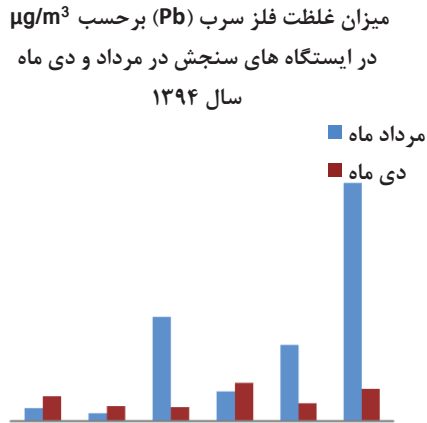
نمودار ۲، الف- تغییرات غلظت فلز نیکل در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب- مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز نیکل در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

• وضعیت آلاینده سرب در هوای محیط شهرستان ری

سرب یکی از عناصر کمیاب سمی است که حتی در غلظت‌های اندک نیز اثرات مخربی بر سلامت انسان دارد و به دلیل فراوانی نسبی چهار ایزوتوپ پایدار آن، بسته به منبع انتشار، می‌تواند به عنوان ردیاب آلودگی محیطی، مفید باشد. سرب با ورود به بدن، از طریق خون در تمام بدن توزیع شده و در استخوان‌ها تجمع می‌یابد و بسته به میزان مواجهه، اثرات سوء بر سیستم عصبی، عملکرد کلیه، سیستم ایمنی، دستگاه تولید مثل و رشد و نمو و سیستم قلبی-عروقی خواهد داشت. ظرفیت حمل اکسیژن را در خون تحت تاثیر قرار می‌دهد و اغلب سبب اثرات نوروپاتیکی در کودکان و اثرات قلبی-عروقی (همچون فشار خون بالا و بیماری‌های قلبی-عروقی) در بزرگسالان می‌شود. نوزادان و کودکان خردسال، به مقادیر کم سرب نیز حساس بوده و مواجهه با آن، سبب مشکلات رفتاری، اختلال در قدرت یادگیری و کاهش IQ، می‌گردد. مهمترین منابع انتشار سرب در هوا ناشی از فعالیت‌های انسانی است که عبارتند از سنگ‌معدن، فرایندهای فلزی، کارخانه‌های تولید فولاد، احتراق چوب و ذغال‌سنگ، زباله‌سوزها، تولید باتری و به طور کلی، فعالیت‌های تولیدی (شامل تولید رنگ، عوامل شیمیایی، جوش و ...). بیشترین غلظت سرب در هوا عموماً در مجاورت کارخانجات ذوب سرب وجود دارد. به‌علاوه، به‌دلیل استفاده از بنزین در خودروها و وجود مقادیر مختلف سرب در نفت‌خام، ترافیک خودروها نیز خود از منابع انتشار سرب در محیط محسوب می‌شوند. (Rajšič et al., 2004, Cruz et al., 2009)

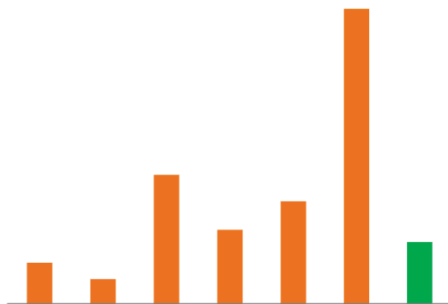
براساس نتایج ارائه شده در نمودار ۳، مقایسه میزان میانگین غلظت سرب با استاندارد سالانه این پارامتر ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)، مطابق با جدول ۲، حاکی از آن است غلظت این آلاینده در ایستگاه‌های مسکونی و ترافیکی، کمتر از حد استاندارد بوده که این نتیجه، با اجرای طرح توزیع بنزین بدون سرب در سال ۱۳۸۲، حاصل شده و لذا با نتایج تحقیقات مبنی بر حذف ترافیک خودروها از لیست منابع انتشار سرب تطابق داشته است اما، در ایستگاه‌های صنعتی، غلظت این آلاینده بالاتر از حد استاندارد بوده است که بیشترین میزان انتشار، در ایستگاه واقع در مجاورت شهرک صنعتی و پس از آن، به‌ترتیب، در مجاورت کارخانه بازیافت فلزات و باتری‌های سرب‌دار، در مجاورت پالایشگاه و سپس در نزدیکی کارخانه سیمان بوده است لذا، این نتایج، درجه آلودگی منابع مختلف انتشار را مطابق با تحقیقات، تایید می‌نماید.

الف



ب

میانگین غلظت فلز سرب (Pb) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در سال ۱۳۹۴



نمودار ۳، الف- تغییرات غلظت فلز سرب در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب- مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز سرب در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

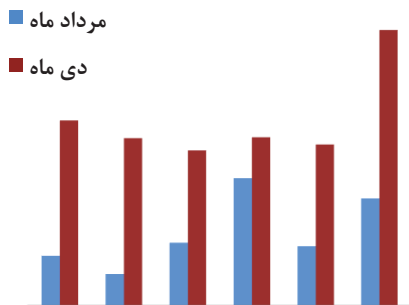
• وضعیت آلاینده کادمیوم در هوای محیط شهرستان ری

کادمیوم، فلزی نرم، انعطاف‌پذیر و سفید-نقره‌ای است که در طبیعت عموماً همراه با سنگ معدن روی و به طور کمتر، با سنگ معدن مس و سرب یافت می‌شود و با حرارت در هوا، به فرم اکسید کادمیوم قهوه‌ای رنگ خواهد بود. طول عمر کادمیوم در اتمسفر، در مقایسه با برخی از مواد همچون جیوه یا تعدادی از POPها، نسبتاً کوتاه است. کادمیوم موجود در اتمسفر، عموماً با سایز قابل استنشاق ذرات معلق در ارتباط می‌باشد و اغلب، به ذرات معلق ریز (با سایز کمتر از ۱ میکرون) متصل می‌شود. سایز ذرات معلق، به واسطه اثر متقابل ذرات با سایزهای مختلف و یا چگالش بخار آب و سایر گازها، افزایش می‌یابد. کادمیوم و

کارخانه سیمان، بیشترین میزان انتشار این آلاینده را به خود اختصاص داده است. از طرفی، مطابق با نمودار (الف، ۴)، مقایسه تغییرات این آلاینده در ماه‌های دی و مرداد، حاکی از افزایش چشمگیر غلظت آن در دی‌ماه و در فصل سرد سال بوده است که این امر، خود مؤید افزایش غلظت انتشار کادمیوم، با افزایش فرایندهای احتراقی دما بالا می‌باشد.

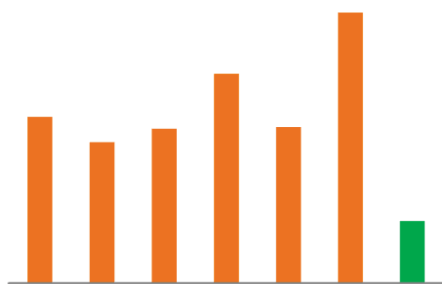
الف

میزان غلظت فلز کادمیوم (Cd) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در مرداد و دی ماه سال ۱۳۹۴



ب

میانگین غلظت فلز کادمیوم (Pb) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در سال ۱۳۹۴



نمودار ۴، الف- تغییرات غلظت فلز کادمیوم در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب-مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز کادمیوم در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

• وضعیت آلاینده آهن در هوای محیط شهرستان ری

تاکنون، اطلاعات اندکی در ارتباط با خواص فیزیکوشیمیایی ذرات حاوی آهن و نیز توزیع زمانی و مکانی آنها به دست آمده است. بیشترین بخش آهن موجود در هوا، در آئروسول‌های

بسیاری از ترکیبات آن، فشار بخار نسبتاً پایینی دارند و بطور خاص، فرار نمی‌باشند اما، فرایندهای دارای حرارت بالا می‌توانند کادمیوم را تبخیر نموده و بصورت بخار منتشر سازند. بخارات کادمیوم، به سرعت بر روی آئروسول‌های خروجی از دودکش چگالش یافته و وارد هوا می‌شوند از اینرو، اغلب کادمیوم موجود در هوا، به شکل ذره معلق، شامل ذرات بسیار ریز حاصل از فرایندهای احتراقی است. کلیه به‌ویژه دستگاه کلیوی، ارگان حیاتی مسمومیت ناشی از مواجهه با کادمیوم محسوب می‌شود و دفع آن آهسته است که افراد سیگاری یا دارای فقر آهن، بیشتر در معرض خطر می‌باشند. آسیب‌های اسکلتی، یکی دیگر از اثرات مهم مواجهه با کادمیوم محسوب می‌شود که ممکن است پاسخی ثانویه ناشی از آسیب‌های کلیوی بوده و یا بواسطه تاثیر مستقیم کادمیوم بر سلول‌های استخوان رخ دهد. عنصر کادمیوم در درجه اول به عنوان یک پوشش مقاوم به خوردگی، برای آبکاری آهن، فولاد، برنج، مس و آلومینیوم به‌ویژه در محیط‌های دریایی به کار می‌رود. پوشش‌های کادمیوم عنصری، ضریب اصطکاک پایین و هدایت الکتریکی خوبی دارند، به راحتی لایم می‌شوند و حجم محصولات خوردگی آنها پایین است و خوردگی گالوانیک بین فولاد و سایر فلزات، به ویژه آلومینیوم را کاهش می‌دهند. کادمیوم و ترکیبات کادمیوم عمدتاً در زمینه‌هایی همچون تولید باتری، پوشش و آبکاری، رنگدانه‌ها، پلاستیک‌ها و محصولات سنتزی (در درجه اول به عنوان تثبیت کننده)، و آلیاژها و سایر محصولات به مصرف می‌رسند که بیشترین سهم مصرف را تولید باتری و پس از آن، پوشش و آبکاری به خود اختصاص می‌دهند. انتشار کادمیوم در اتمسفر را عموماً می‌توان به دلیل منابع طبیعی، از جمله فعالیت‌های آتشفشانی، یا ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند تولید فلزات غیر آهنی (عملیات فراوری مواد معدنی) به عنوان اصلی‌ترین منبع انتشار و در مرتبه بعدی، احتراق سوخت‌های فسیلی، برخی از فرایندهای صنعتی همچون تولید آهن و فولاد، سیمان، زباله‌سوزی (به‌ویژه در مراکز غیراصولی دفن پسماند) و تولید باتری‌های نیکل- کادمیوم دانست. (Pinto et al., 2015, U.S. EPA Office of Air and Radiation Office of Air Quality Planning and Standards, 1993, World Bank Group, 1998, UNEP, 2010, Working Group on Arsenic, Cadmium and Nickel Compounds, 2000)

نمودار (۴، ب) نشان می‌دهد که میزان غلظت فلز کادمیوم در مقایسه با استاندارد WHO و اتحادیه اروپا، در کلیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری بالاتر از حد استاندارد بوده است. بالاترین میزان غلظت، در ایستگاه واقع در مجاورت شهرک صنعتی سنجش شده است و پس از آن، ایستگاه واقع در مجاورت

همان‌طور که از جدول ۲ مشخص شده است، هیچ استاندارد برای آهن موجود در هوای محیط، در هیچ یک از کشورها تعیین نشده است.

نمودارهای (۵،ب) نشان می‌دهد میانگین غلظت فلز آهن در ایستگاه‌های دهیاری امین‌آباد و دهیاری غنی‌آباد که در مجاورت کارخانجات سیمان و بازیافت فلزات قرار دارند، بالاتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد که ناشی از گرد و غبار ایجادشده از خاک-های آهکی (مواد اولیه) و غبارات کلینکر سیمان می‌باشد که این غبارات، در فصل تابستان، به دلیل کاهش بارندگی، بیش از فصل زمستان می‌باشد (باتوجه به نمودار (۵،الف)) که این نتایج، با نتایج ارائه شده در تحقیقات مطابقت دارد. (Alharbi et al., 2015)

• وضعیت آلاینده مس در هوای محیط شهرستان ری

مس و ترکیبات آن، به‌طور طبیعی در پوسته زمین وجود دارد. ازینرو، به‌واسطه پدیده‌های طبیعی همچون پخش ذرات معلق از طریق باد، آتش‌سوزی جنگل و یا فوران آتشفشان، به هوا منتشر می‌شوند. ازطرفی، مس از طریق فعالیت‌های انسانی همچون ذوب مس و تجهیزات فراوری سنگ معدن به عنوان اصلی‌ترین منابع، و نیز تولید فلزات غیرآهنی، تولید آهن و فولاد، احتراق ذغال‌سنگ و نفت و گازوئیل، تولید و یا فراوری مواد حاوی مس، زائدات معدنی، کشاورزی، لجن حاصل از تصفیه، تولید چوب، تولید کودهای فسفاته، مواد زائد جامد شهری و صنعتی و زباله سوزی در هوا منتشر می‌شود. (Geiger et al., 2010)

برطبق جدول ۲، استاندارد سالانه مس در کشور آمریکا (ایالت تگزاس)، به میزان $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در نظر گرفته شده است. نمودار (۶،ب) نشان می‌دهد، میانگین سالانه غلظت فلز مس در کلیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری، پایین‌تر از حد استاندارد ملاک عمل بوده‌است و بیشترین میزان میانگین غلظت، در ایستگاه دهیاری امین‌آباد و در مجاورت واحد صنعتی بازیافت فلزات، گزارش شده است. ازطرفی، مطابق با نمودار (۶،الف)، در اغلب ایستگاه‌ها، تغییرات ماهانه غلظت این آلاینده در دی‌ماه، بیشتر از مردادماه بوده است که این تغییرات را می‌توان به دلیل افزایش احتراق سوخت‌های فسیلی در فصل سرد سال دانست اما درحالت کلی، این منطقه از نظر انتشار محیطی فلز مس، در وضعیت مناسبی قرار دارد.

• وضعیت آلاینده فلز روی در هوای محیط شهرستان ری

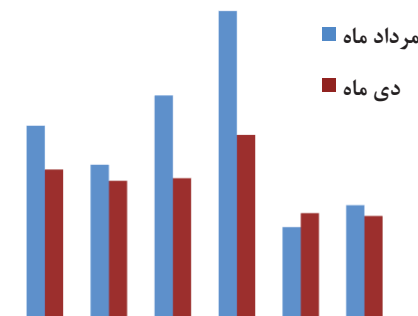
معدنی یافت می‌شود و سهم باقیمانده آن، به صنعت، سوخت-های زیستی و سوزاندن بیومس، اختصاص می‌یابد. آهن ممکن است به‌واسطه گرد و غبار خاک، مدیریت ضعیف حمل و نقل، ساخت و ساز و نیز واحدهای تولید آهن و فولاد، در هوا منتشر شود. فراوانترین طبقه‌بندی ذرات حاوی آهن، به خاکستر اکسید آهن، گرد و غبار معدنی، آگلومرهای حاوی نمک (به احتمال زیاد از نمک جاده)، آگلومرهای حاوی Ca-S (به احتمال زیاد از خاکستر، یک محصول جانبی تولید فولاد، یا سنگ گچ در نمک جاده) اختصاص دارد. (Alharbi et al., 2015, Mahowald et al., 2009, Islam et al., 2015, Ohio et al., 2012)

الف

میزان غلظت فلز آهن (Fe) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$

در ایستگاه‌های سنجش در مرداد و دی ماه

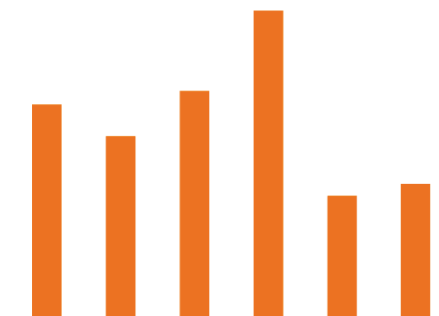
سال ۱۳۹۴



ب

میانگین غلظت فلز آهن (Fe) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$

در ایستگاه‌های سنجش در سال ۱۳۹۴

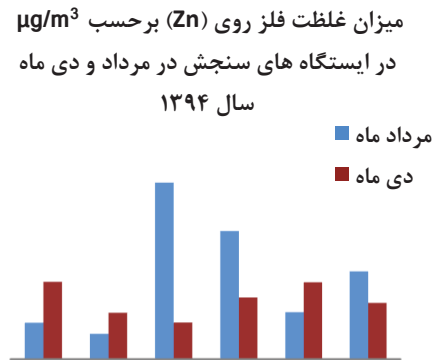


نمودار ۵، الف- تغییرات غلظت فلز آهن در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب- مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز آهن در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

محصولات حاوی روی شامل آبکاری، ذوب و پردازش سنگ معدن، زهکشی از استخراج معادن فعال و غیرفعال دانست. از دیگر منابع انتشار روی، می‌توان به زباله‌سوزی، احتراق سوخت-های فسیلی، کود فسفاته و تولید سیمان اشاره نمود. روی و ترکیبات آن، عموماً غیرسمی هستند ولی مواجهه طولانی مدت با غلظت‌های بالای آنها، می‌تواند تأثیرات مضرى همچون کم-خونی، کاهش کلسترول خوب، ایجاد ثورات پوستی، اختلال در جذب مس و آهن و اختلال در گیرنده‌های عصب بویایی داشته باشد. (Islam et al., 2015, Councell et al., 2004, Geiger et al., 2010)

بر طبق جدول ۲، برای فلز روی در هوای محیط نیز، استاندارد در نظر گرفته نشده است. براساس نتایج ارائه شده در نمودار (۷، ب)، میانگین غلظت فلز روی، در ایستگاه‌های صنعتی، بالاتر از ایستگاه‌های مسکونی و ترافیکی بوده است و بیشترین

الف



ب



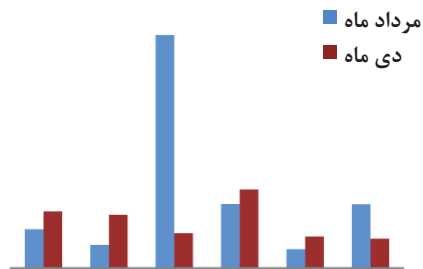
نمودار ۷، الف- تغییرات غلظت فلز روی در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب- مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز روی در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

میزان انتشار، در ایستگاه‌های دهیاری امین‌آباد و دهیاری غنی-آباد، در مجاورت کارخانجات سیمان و بازیافت فلزات سنجش

روی یکی از عناصر موجود در پوسته زمین است. روی خالص، فلزی براق به رنگ آبی مایل به سفید است. روی، مصارف تجاری متعددی دارد از جمله، پوشش برای جلوگیری از زنگ-زدگی، در باتری‌های سل خشک، مخلوط با دیگر فلزات برای ساخت آلیاژهایی چون برنج و برنز، ریخته‌گری فلز و سایر آلیاژها و نیز ساخت رنگ، لاستیک، مواد نگهدارنده چوب و پماد. روی، از هر دو نوع منبع طبیعی و انسانی به هوا منتشر می‌شود اما انتشار از منابع انسانی، به مراتب بیشتر از منابع طبیعی است.

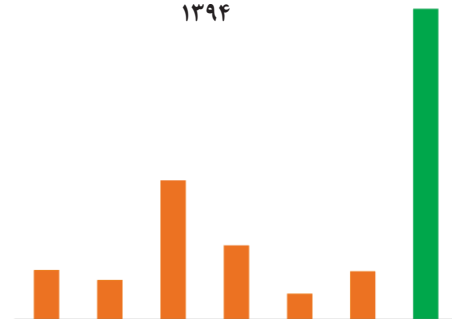
الف

میزان غلظت فلز مس (Cu) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در مرداد و دی ماه سال ۱۳۹۴



ب

میانگین غلظت فلز مس (Cu) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در سال ۱۳۹۴



نمودار ۸، الف- تغییرات غلظت فلز مس در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب- مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز مس در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

عمده‌ترین منابع انتشار انسانی روی را می‌توان فعالیت‌های معدنی و متالورژیکی مرتبط با تولید روی و نیز استفاده از

ب

میانگین غلظت فلز آلومینیوم (Al) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه های سنجش در سال ۱۳۹۴



نمودار ۸ الف- تغییرات غلظت فلز آلومینیوم در ایستگاه های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب- مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز آلومینیوم در ایستگاه های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

براساس نتایج ارائه شده در نمودار (الف)، می توان شاهد کاهش میزان انتشار این فلز در دی ماه نسبت به مردادماه بود. تحقیقات نشان داده است که از آنجائیکه فلز آلومینیوم، از جمله فلزات رایج موجود در پوسته زمین می باشد لذا، میزان انتشار آن در فصول سرد سال و با افزایش میزان بارندگی کاهش می یابد که این مطلب، با نتایج ارائه شده در نمودار (الف)، مطابقت دارد.

• وضعیت آلاینده جیوه در هوای محیط شهرستان ری

جیوه، بسته به دما و فشار، در حالات مختلف فیزیکی و شیمیایی وجود دارد. در طبیعت به سه فرم عنصر، آلی و معدنی یافت می شود که هرسه فرم آن، برای انسان سمی است از اینرو، درزمره آلاینده های خطرناک هوا قرار دارد. عنصر جیوه، به دلیل فراریت بالا، بصورت بخار و در دماسنج ها، فشارسنج ها، باتری ها، لامپ-ها، فرایندهای صنعتی، پالایش، روغن های روانکاری و آمالگام در دندانپزشکی کاربرد دارد. اما، اغلب مصارف جیوه معدنی از جمله در رنگ ها، ملین ها، کرم های روشن کننده پوست و صابون ها متوقف شده است. با این وجود، در آمریکا، از کلراید جیوه، همچنان در آفت کش ها و حشره کش ها استفاده می-شود. غلظت جیوه در محیط، به واسطه فعالیت های انسانی به ویژه سوزاندن سوخت های فسیلی در خانه ها و موتورهای احتراق داخلی، نیروگاه های سوخت ذغال سنگ، فرایندهای استخراج فلز، سوزاندن زباله های شهری، تبخیر از مراکز دفن پسماند، بازیافت و ذوب ضایعات حاوی جیوه، کوره ها، تولید سیمان، صنعت کلر آکالی و تولید صنعتی مواد شیمیایی معدنی، افزایش می یابد. تماس با جیوه می تواند علائم کوتاه مدت و برگشت پذیر همچون لرزش، اختلالات حسی، بی خوابی، اختلالات عصبی و عضلانی، سردرد و یا کاهش عملکرد در آزمون های

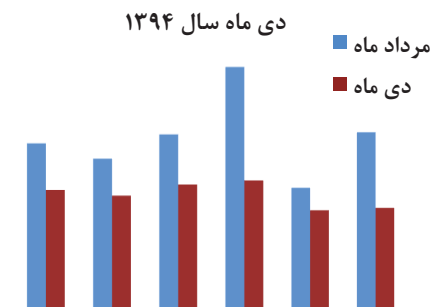
شده است. از طرفی، نمودار (الف)، حاکی از آن است که در اغلب ایستگاه های صنعتی که از میزان انتشار روی بالاتری برخوردار بوده اند، میزان انتشار در دی ماه، کمتر از مردادماه بوده است که این امر را می توان به دلیل بارش برف و باران در فصل سرد سال و لذا، حذف ذرات روی موجود در هوا دانست که این نتیجه، با مطالب ارائه شده در تحقیقات (Geiger et al., 2010)، مطابقت دارد.

• وضعیت آلاینده آلومینیوم در هوای محیط شهرستان ری

آلومینیوم، فراوان ترین فلز و سومین عنصر در پوسته زمین است. هرگز به تنهایی در طبیعت یافت نمی شود و در اغلب صخره ها بویژه صخره های آذرین بصورت ماده معدنی آلومینوسیلیکات وجود دارد. بصورت طبیعی، از طریق وزش باد بر روی صخره ها و معادن و نیز فعالیت های آتشفشانی، در هوا منتشر می شود. از طریق انسانی نیز، در درجه اول در هوا و از طریق فرایندهای صنعتی به ویژه تولید آلومینیوم، استخراج و پردازش سنگ معدن آلومینیوم به فلز، احتراق ذغال سنگ، ریخته گری آهن و فولاد، پالایش برنج و برنز، انتشار ناشی از موتور خودروها منتشر می-شود و از آنجائیکه در همه جا در محیط یافت می شود، لذا عموم افراد، از طریق تنفس و یا خوردن آب و غذا، در تماس با آن قرار می گیرند.

مطابق جدول ۲، استاندارد برای میزان انتشار فلز آلومینیوم در هوای محیط تعریف نشده است. نمودار (ب) نشان می دهد که میانگین غلظت فلز آلومینیوم در تمام ایستگاه ها، با تغییر اندکی نسبت به یکدیگر بوده است و بیشترین میزان انتشار، در ایستگاه دهیاری غنی آباد، در مجاورت کارخانه سیمان بوده است.

میزان غلظت فلز آلومینیوم (Al) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه های سنجش در مرداد و دی ماه سال ۱۳۹۴



الف

۴- نتیجه گیری

هدف اصلی این پروژه سنجش و پایش فلزات سنگین در هوای شهرستان ری بوده است لذا ایستگاه‌های نمونه برداری براساس تاثیر منابع خانگی و متحرک (خودروها) و همچنین منابع ثابت (مراکز صنعتی) تعریف گردیده است. نمونه برداری از ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM₁₀) و آنالیز ذرات جهت سنجش فلزات سنگین براساس روش‌های استاندارد و دستورالعمل‌های EPA انجام شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد سمی بودن فلزات سنگین به علت ترکیبات پیچیده‌ای است که با گروه‌های COOH، NH₂ و SH مولکول‌های پروتئین تشکیل می‌دهند. ساخته شدن این ترکیبات باعث بروز رفتارهای ناهنجار و در برخی موارد باعث مرگ سلول‌های بدن، مختل شدن فعالیت‌های آنزیمی، تشکیل ترکیبات رادیکال آزاد شیمیایی بسیار خطرناک و اکسید کردن مولکول‌های زیستی می‌شود. با مطالعه آنالیز داده‌های حاصل از سنجش فلزات سنگین در شهرستان ری، نتایج زیر حاصل شده است:

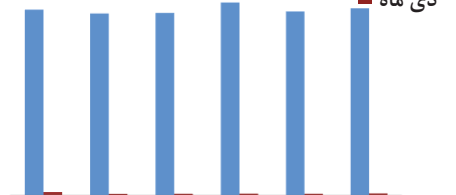
- میزان فلز کروم در هوای محیط، در تمامی ایستگاه‌های نمونه برداری بالاتر از استاندارد ملاک عمل بوده است. تغییرات غلظت این آلاینده در ایستگاه‌های مختلف، بیانگر نقش حمل و نقل (به دلیل خوردگی در کاتالیست کنورتور و وجود آزبست در لنت ترمز) و نیز صنعت، بویژه تولید سیمان در انتشار آن در هوای محیط بوده که این میزان انتشار، با وقوع پدیده وارونگی در فصل زمستان، بسیار بیشتر از فصل تابستان می‌باشد.
- میانگین غلظت فلز نیکل در هوا در سطح شهرستان ری، به دلیل نزدیکی به منابع انتشار مختلفی همچون تولید سیمان، بازیافت فلزات و پالایشگاه که از جمله منابع انتشار نیکل در هوا محسوب می‌شوند، در کلیه ایستگاه‌ها بالاتر از حد استاندارد بوده و به تدریج، با دور شدن از این منابع و نزدیک شدن به بافت مسکونی، از غلظت این آلاینده کاسته می‌شود.
- با عنایت به تولید و توزیع بنزین بدون سرب پس از سال ۱۳۸۲، میزان آلاینده‌ی هوا ناشی از فلز سرب در مناطق مسکونی و ترافیکی که بیشتر تحت تاثیر انتشار ناشی از تردد خودروهای سبک و سنگین هستند، پایین‌تر از استاندارد ملاک عمل است در صورتی که، میزان سرب در مجاورت شهرک صنعتی و پس از آن، به ترتیب، در مجاورت کارخانه بازیافت فلزات و باتری‌های سرب‌دار، پالایشگاه و سپس در نزدیکی کارخانه سیمان، بالاتر از حد استاندارد ملاک عمل بوده که این نتایج، درجه آلاینده‌ی منابع مختلف انتشار را مطابق با تحقیقات، تایید می‌نماید.

عملکرد شناختی را ایجاد نماید. به علاوه، به طور جدی‌تر، می‌تواند سبب آسیب‌های جدی و برگشت‌ناپذیری همچون نارسایی کلیه، نارسایی تنفسی و حتی مرگ شود. (Geiger et al., 2010, Pandey et al., 2011) همانطور که در جدول ۱ مشخص شده است، سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، استاندارد را برای فلز جیوه تعریف ننموده است اما سازمان بهداشت جهانی (WHO) و اتحادیه اروپا، استاندارد سالانه جیوه را به میزان ۱ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در نظر گرفته است.

نمودار (ب، ۹) نشان می‌دهد میانگین غلظت فلز جیوه در هوای محیط در کلیه ایستگاه‌های نمونه برداری بسیار پایین‌تر از استاندارد ملاک عمل بوده است از اینرو، می‌توان به فقدان و یا کمبود جیوه، در منابع انتشار موجود در این منطقه، پی‌برد. از طرفی، نمودار (الف، ۹)، نشان‌دهنده کاهش غلظت این آلاینده در تمامی ایستگاه‌های نمونه برداری، در دی‌ماه نسبت به مردادماه بوده است که این تغییرات، مؤید فراربت بالا و تبخیر بیشتر این ترکیب در دمای بالاتر مردادماه بوده است لذا، این نتیجه، با نتایج به دست آمده در تحقیقات، مطابقت دارد.

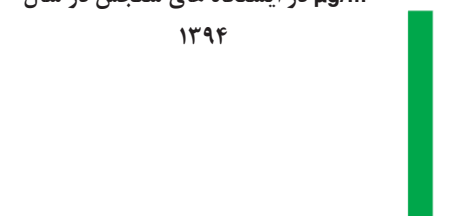
الف

میزان غلظت فلز جیوه (Hg) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در مرداد و دی ماه سال ۱۳۹۴



ب

میانگین غلظت فلز جیوه (Hg) برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ در ایستگاه‌های سنجش در سال ۱۳۹۴



نمودار ۹، الف- تغییرات غلظت فلز جیوه در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط در مرداد و دی ماه ۱۳۹۴، ب- مقایسه میانگین سالانه غلظت فلز جیوه در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای محیط نسبت به استاندارد سالانه در سال ۱۳۹۴

کمتر و بیشتر که می‌تواند محتوی خاکستر را تا بیش از ۴۰٪ کاهش دهد.

۴. انتخاب فن‌آوری و فرایند دارای کارایی بیشتر: همچون فن‌آوری‌های احتراق ذغال‌سنگ پیشرفته مانند گاززدایی ذغال‌سنگ و احتراق بستر سیال شده.

۵. به منظور کنترل موثر فلزات سنگین متصل به ذرات معلق، می‌توان آن‌ها را از طریق اقدامات ثانویه برای جداسازی ذرات مانند سیکلون‌ها، اسکرابرها، مرطوب، ته‌نشین‌کننده‌های الکترواستاتیک^۳ (ESP) و فیلترهای پارچه‌ای، جدا نمود به نحوی که ۹۹٪ از ذرات، از طریق ESPها و یا فیلترهای پارچه‌ای، قابل جداسازی می‌باشند و نیز نسبت به سایر تجهیزات، بسیار مقرون به صرفه می‌باشند. (Working Group On Arsenic, Cadmium And Nickel Compounds, 2000)

در این خصوص، تداوم پایش و اصلاح سیستم‌های فیلتراسیون واحدهای آلاینده در منطقه از مهم‌ترین اقدامات در رفع این آلودگی‌ها خواهد بود. با این وجود، کنترل انتشار بسیاری از فلزات سنگین، از جمله کادمیوم، سرب و جیوه که به‌عنوان عناصر کمیاب در سوخت وجود دارند، به‌عنوان مشکلی دشوار و تا حد زیادی حل نشده است.

• میانگین غلظت فلز کادمیوم در هوا در سطح شهرستان ری، در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری، بالاتر از حد استاندارد بوده که بیشترین میزان انتشار، در مجاورت شهرک صنعتی و سپس کارخانه سیمان به عنوان عمده‌ترین منابع انتشار سنجش شده است. از طرفی، مطابق با نتایج ارائه شده در تحقیقات، غلظت این آلاینده در فصل سرد سال و با افزایش فرایندهای احتراقی دما بالا، افزایش یافته است که برطبق تحقیقات انجام شده، با استفاده از کاهش مصرف مواد خام و/یا محصولات حاوی کادمیوم، جایگزین نمودن محصولات و یا فرایندهای حاوی کادمیوم با گزینه‌های فاقد کادمیوم، کنترل انتشار با استفاده از فن‌آوری‌های دارای انتشار اندک و مدیریت پسماندهای حاوی کادمیوم، می‌توان انتشار آن را کنترل نمود. (UNEP, 2010)

• در خصوص انتشار فلزات مس و جیوه در هوای محیط، میزان میانگین این دو فلز پایین‌تر از حد استانداردهای ملاک عمل بوده و لذا این منطقه، از لحاظ انتشار محیطی مس و جیوه، در وضعیت مناسبی قرار دارد.

• در خصوص فلزات سنگین روی، آهن و آلومینیوم استاندارد ملی و یا بین‌المللی انتشار در هوای محیط، تعیین نشده است و لذا نمی‌توان نسبت به میزان انتشار این فلزات قضاوت خاصی نمود. اما، عمده‌ترین منابع انتشار این فلزات در سطح شهرستان ری، گرد و غبار ایجاد شده از خاک‌های آهکی (مواد اولیه) و غبارات کلینکر سیمان و نیز کارخانجات بازیافت فلزات بوده است که این غبارات، در فصل تابستان، به دلیل کاهش بارندگی، بیش از فصل زمستان گزارش شده است.

انتشار ذرات معلق را می‌توان با استفاده از اقدامات پیشگیری از آلودگی و نیز کنترل انتشار، به حداقل رساند ولی باید تاکید نمود که پیشگیری از آلودگی، نسبت به کنترل آلودگی، بسیار مقرون به صرفه خواهد بود. از طرفی، باید به کاهش آلودگی در مناطقی که انتشار آلاینده‌های سمی مرتبط با ذرات معلق وجود دارد، توجه ویژه نمود. لذا برخی از اقدامات پیشنهادی به منظور پیشگیری از انتشار آلاینده‌ها و یا کنترل آنها، عبارتند از:

۱. مدیریت: اقداماتی مانند بهبود فرایند طراحی، عملیات، تعمیر و نگهداری و دیگر شیوه‌های مدیریت، بهبود راندمان احتراق، بهبود شرایط منطقه تزریق سوخت و احتراق همراه با مقدار مناسب هوای اضافه.

۲. انتخاب سوخت پاک: همچون استفاده از گاز طبیعی، فرایندهای مبتنی بر نفت سبک، سوخت‌های فسیلی کم‌خاکستر.

۳. پاکسازی سوخت: به منظور کاهش خاکستر و محتویات گوگرد و/یا سوزاندن همزمان ذغال‌سنگ با محتوی خاکستر

1. ESP: electrostatic precipitators

۵- منابع

- Koenig, N., and Fortmann, H., 1999, Probenvorbereitungs- Untersuchungs- und Elementbestimmungsmethoden des Umweltanalytik- Labors der Niedersachsische Forstlichen Versuchsanstalt, 1. Ergänzung: 1996-1998, Teil 2: Elementbestimmungsmethoden M-Z und Sammelanhänge, Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen. Reihe B, Bd. 59, 462 Seiten, DM 37,00.
- U.S. EPA Cincinnati, OH 45268, 1999. Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air, Compendium Method IO-3.1. Center for Environmental Research Information Office of Research and Development.
- U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards, 2009. Air Toxics Data Analysis Workbook.
- U.S. EPA, 1984. Health assessment document for chromium (Final report). No. EPA 600/8-83-014F.
- Islam, F., et al., 2015. Trace Metals Concentrations at the Atmosphere Particulate Matters in the Southeast Asian Mega City (Dhaka, Bangladesh). *Open Journal of Air Pollution*, 4: pp. 86-98.
- Goyer, R.A., Clarkson T.W., 2001, Casarret and Boulls Toxicology. *The Basic Science of Poisons*, pp. 826-830.
- Agency for toxic substances & Disease registry (ATSDR), 2008. Case Studies in Environmental Medicine (CSEM). Chromium Toxicity.
- WHO Regional Office for Europe, 2000. Air Quality Guidelines. Copenhagen, Denmark.
- WBK & Associates Inc., 2004. Assessment Report on Nickel for Developing Ambient Air Quality Objectives. Prepared for Alberta Environment, Edmonton, Alberta, Canada.
- Proorocu, M., Odagiu, A., Oroian, I.G., and Dan, V., 2014. Particulate Matter Status in Romanian Urban Areas: PM₁₀ Pollution Levels in Bucharest. *Environ. Eng. and Manag. J.*, 13(12): pp. 3115-3122.
- Working Group on Arsenic, Cadmium and Nickel Compounds, 2000. Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds. Position Paper. European Communities DG Environment.
- Brown, R.J.C., Van Aswegen S., Webb W.R., Goddard S.L., 2014. UK Concentrations of Cr and Cr(VI), Measured as Water Soluble Chromium in PM₁₀. *Atmos. Environ.*, 99:pp. 385-391.
- Cruz, M.T. de la, Laborda, F., Soledad Callen, M., Lopez, J. M., and Mastral, A.M., 2009. Study of Pb Sources by Pb Isotope Ratios in the Airborne PM₁₀ of Zaragoza. *Journal of Environmental Monitoring*.
- Rajšić, S., Mijić, Z., Tasić, M. and Radenković, M., 2004. First Assessment of the PM₁₀ and PM_{2.5} Particulate Level in the Ambient Air of Belgrade City. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 11(3): pp. 158-64.
- Pinto, E., Soares, C., Couto, C.M., Almeida, A., 2015. Trace Elements in Ambient Air at Porto Metropolitan Area-Checking for Compliance with New European Union (EU) Air Quality Standards, *J Toxicol. Environ. Health A.*, 78(13-14): pp. 848-59.
- World Bank Group, 1998. Cadmium. Pollution Prevention and Abatement Handbook.
- U.S. EPA Office of Air and Radiation Office of Air Quality Planning and Standards, 1993. Locating and Estimating Air Emissions From Sources of Cadmium and Cadmium Compounds. EPA.
- UNEP Chemicals Branch, DTIE, 2010. Final Review Of Scientific Information On Cadmium.
- Alharbi, B., Shareef, M.M., Husain, T., 2015. Study of Chemical Characteristics of Particulate Matter Concentrations in Riyadh, Saudi Arabia. *Atmospheric Pollution Research*. 6: pp. 88 -98.
- Mahowald et al., 2009. Atmospheric Iron Deposition: Global distribution, Variability and Human Perturbations. *Annual Review of Marine Science*.
- Ohio, Ault, A., Peters, T., Sawvel, E., Casuccio, G. and Grassian, V., 2012. Single Particulate SEM-EDX Analysis of Iron-Containing Coarse Particulate Matter in an Urban Environment: Sources and Distribution of Iron within Cleveland. *Environmental Science And Technology*. 46(8): pp. 4331-4339.
- Geiger, A., and Cooper, J., 2010. Overview of Airborne Metals Regulations, Exposure Limits, Health Effects, and Contemporary Research. Cooper Environmental Services LLC.
- Councell, T.B., Duckenfield, K.U., Landa E.R. And Callender, E., 2004. Tire-Wear Particles as a Source of Zinc to the Environment. *Environ. Sci. Technol.*, 38: pp. 4206 – 4214.
- Pandey, S.K., Kim, K.H., and Brown, R.J.C., 2011. Measurement Techniques for Mercury Species in Ambient Air. *Trends in Analytical Chemistry*. 30(6).