

ترکیب شیمیایی ذرات TSP گرد و غبار به عنوان شاخصی در منشایابی ژئوشیمیایی رسوبات

حسام احمدی بیرگانی^{۱*}؛ سادات فیض نیا^۲؛ حسن میرنژاد^۳؛ کن مک کوئین^۴؛ سعید ابراهیمیان^۵؛ محمدعلی
تابع الحجه^۵؛ شاکر ابراهیمی^۵؛ اسکندر سالمی مجرد^۵؛ عبدالرضا خلیفه زاده^۵ و جواد بدری^۵

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشیار دانشکده زمین شناسی دانشگاه تهران

۴- استاد دانشکده علوم کاربردی دانشگاه کانبرا استرالیا

۵- کارشناس اداره هواشناسی آبادان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۲/۲۰)

چکیده

پژوهش پیش رو ماهیت عنصری تشکیل دهنده ذرات گرد و غبار شامل عناصر اصلی و کمیاب در دو شهر آبادان و ارومیه را در زمان رخداد گرد و غبار و شرایط عادی جوی بررسی نموده است. نتایج حاصله در زمان های رخداد گرد و غبار در شهرهای آبادان و ارومیه حاکی از افزایش چشمگیر میزان عناصر اصلی شامل Ca، Al، Mg و عناصر کمیاب P و U نسبت به شرایط عادی جوی می باشد. در شرایط عادی جوی و عاری از گرد و غبار در ایستگاه های مذکور عناصر ستمی شامل Li، Cr، Ni، Cu، Zn، As، Se، Sr، Nb، Cd، Sb، Pb و Th به دلیل تجمع بیشتر آلاینده ها در جو و احتراق حاصل از سوخت های فسیلی نسبت به شرایط رخداد های گرد و غبار افزایش زیادی نشان می دهند. مقایسه میزان کمی عناصر Na، K، Si، Mg، Al، Ca، V، As و Se در ایستگاه آبادان در مقایسه با ایستگاه ارومیه به میزان ۲-۳ برابر بوده و غلظت عناصر P، Ti، Mn، Ni، Pb، Cu، Cd و Co در هر دو ایستگاه تقریباً یکسان می باشند. مقادیر عناصر Cr، Zn و Sn نیز به میزان قابل توجهی در ایستگاه ارومیه بیش از ایستگاه آبادان است.

کلید واژگان: رخداد گرد و غبار، ذرات TSP گرد و غبار، ترکیب شیمیایی ذرات گرد و غبار، آبادان، ارومیه

۱- مقدمه

بعضی از گرد و غبارهای جوئی دستخوش تغییرات شیمیایی می‌شوند. به عنوان مثال اکسایش مواد گازی مانند SO_x و NO_x بر سطح ذرات گرد و غبار معدنی روی می‌دهد (Deterner *et al.*, 1996). همچنین این ذرات می‌توانند از داخل با آلاینده‌های سولفاته و انسان-زاد در طول فرآیند انعقاد با انواع ذرات هواویز بالا مخلوط شوند (Wurzler *et al.*, 2000). از این‌رو شناخت ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی این ذرات به منظور درک رفتارشان و اثرات آن‌ها لازم بوده و کمی-سازی و ارزیابی اثرات اقلیمی ذرات گرد و غبار جوئی معدنی نیازمند شناخت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها است.

هدف از بررسی خصوصیات عناصر شیمیایی و تحلیل شیمیایی ذرات گرد و غبار و هواویزها، تعیین سطوح عناصر کمیاب مضر همچون سرب، آرسنیک و دیگر فلزات می‌باشد. به علاوه، اطلاعات ناشی از گرد و غبار برای ارزیابی اثر ضرر بالقوه بر سلامتی انسان‌ها کارایی دارد. آلودگی‌های جوئی یکی از منابع اصلی آلودگی‌های فلزات سنگین می‌باشند. میزان عنصری ذرات معلق در جو می‌توانند اطلاعات مهمی بر درجه آلودگی جو و ارزیابی بیشتری از خطر بالقوه سلامتی بر جمعیت را فراهم نمایند. ترکیب شیمیایی ذرات معلق موجود در جو به دلیل اثراشان بر چرخه‌های زمین‌شیمی زیستی^۱ و سلامتی انسان‌ها بسیار مهم می‌باشد (Kocak *et al.*, 2009). بررسی عناصر اصلی و شیمی یون ذرات گرد و غبار نیز برآورد ترکیبات معدنی (کوارتز، رس‌ها، هماتیت و ...) را فراهم می‌آورد که خودشان ممکن است

به‌طور کلی ذرات تشکیل دهنده گرد و غبار اندازه‌های از ۱۰۰ میکرون تا کمتر از ۰/۰۰۱ میکرون را شامل می‌شوند. این ذرات بسیار ریز توسط رخدادهای گرد و غبار که پدیده‌ای فیزیکی هستند و به همراه شرایط آب و هوایی مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک روی می‌دهند به آسانی جابه‌جا می‌شوند. این رخدادهای زمانی تولید می‌شود که یک جبهه تندباد از روی این نواحی می‌گذرد و یا سرعت باد از حد آستانه فراتر رود که ذرات ریز و ماسه از سطوح خشک سطح خاک جدا شده و به هوا می‌روند (Cao *et al.*, 2003. Goudie., 2009). پیدایش پدیده گرد و غبار رخدادهای طبیعی را تحت تاثیر قرار داده که ممکن است بر تعادل تابشی جهانی و منطقه‌ای، تغییر ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرها، ایجاد فعالیت طوفان‌های گرمسیری، به هم ریختن گرما و ثبات جوئی، اثر بر میزان فتوشیمیایی، شیمی ازن، اکوسیستم‌ها، محیط‌های دریایی، فیتوپلانکتون‌ها و سلامت انسان‌ها اثر بگذارد (Kaskaoutis *et al.*, 2008) که توجه خاص اقلیم-شناسان و محیط‌زیست‌شناسان را به خود جلب کرده است. علاوه بر این، ذرات معلق در جو به‌طور چشمگیری بر چندین فرآیند جوئی اثر می‌گذارند. به عنوان مثال، تشکیل ابرها و تغییرات در انتقال تابشی خورشید را باعث می‌شوند (Aydin *et al.*, 2011). ذرات گرد و غبار به‌طور متناوب به صورت سطوحی که بر روی آن‌ها گونه‌های گازی واکنش می‌دهند رفتار می‌نمایند (Badarinath *et al.*, 2010. Querol *et al.*, 2009). همچنین در طول انتقال گرد و غبار،

¹- Biogeochemical Cycles

انتخاب این دو شهر مقایسه میزان آلودگی هوا از منظر ترکیبات شیمیایی عناصر آن با توجه به زیاد بودن رخدادهای گرد و غبار در آبادان و به میزان کمتر آن در ارومیه می‌باشد. هدف کلی این پژوهش نیز فراهم کردن اطلاعاتی بر ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های TSP گرد و غبار و هواویز جمع‌شده در ۲ ایستگاه آبادان و ارومیه در زمان رخدادهای گرد و غبار و در شرایط عادی جو می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

نمونه‌های گرد و غبار جمع‌آوری شده در این مطالعه در زمان رخداد گرد و غبار و نیز شرایط عادی جو عاری از گرد و غبار در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ارومیه (عرض جغرافیایی $37^{\circ} 53'$ شمالی و طول جغرافیایی 45° شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۳۲ متر، میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۶ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۱۱/۸ درجه و اقلیم معتدل و سرد) در شمال-غرب ایران در مرز با ترکیه و ایستگاه هواشناسی سینوپتیک آبادان (عرض جغرافیایی $30^{\circ} 27'$ شمالی و طول جغرافیایی $48^{\circ} 17'$ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۳ متر، میانگین بارندگی سالیانه ۱۴۶ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۲۶ درجه و اقلیم گرم و بیابانی) در جنوب‌غرب ایران و در کنار خلیج فارس جمع‌آوری گردیدند. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی آبادان و ارومیه به همراه نمونه‌ای از دستگاه جمع‌کننده ذرات گرد و غبار نشان داده شده است.

خطرناک تا سالم باشند یا بتوانند دیگر مواد سمی را حمل نمایند. گرچه به کمک میکروسکوپ الکترونی مجهز به سنجنده پاشنده انرژی (SEM-EDX) به تحلیل ترکیب شیمیایی ذرات ریز خاص مربوط به فهم کانی‌شناسی و پوشش‌های سطحی، رشد همزمان و دیگر اشکال ذرات گرد و غبار پرداخته می‌شود و این روشی مقرون به صرفه برای ذرات خاص نمونه‌ها جهت تحلیل اندازه ذرات و ترکیب شیمیایی آن‌ها می‌باشد (Ahmady-Birgani *et al.*, 2015)، ولی ارزیابی نمونه‌های گرد و غبار و تعیین ترکیب شیمیایی آن‌ها به روش حجمی جهت تعیین تمامی عناصر موجود در آن‌ها نیز از اهمیت فراوانی برخوردار است. تاکنون اندازه-گیری‌ها و بررسی‌های ناچیزی از غلظت جرمی ذرات معلق در جو و هواویزها، توزیع اندازه ذرات، ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های بصری آن‌ها در ایران در طول رخدادهای گرد و غبار انجام شده است. اگرچه Ahmady-Birgani و همکاران (۲۰۱۵)، Zarasvandi و همکاران (۲۰۱۱) و Shahsavani و همکاران (۲۰۱۲) تعدادی از ویژگی‌های ذرات گرد و غبار را در طول رخدادهای گرد و غبار ایران گزارش و تحقیق نموده‌اند.

در این پژوهش ترکیب شیمیایی عناصر ذرات TSP گرد و غبار در طول نمونه‌های گرد و غبار جمع‌آوری شده در شمال‌غرب و جنوب‌غرب ایران (شهرهای ارومیه و آبادان) بررسی شده‌اند. چرا که این دو شهر در مسیر ورود ذرات معلق خارج از مرزهای کشور بوده و به خوبی غرب ایران را پوشش می‌دهند. به علاوه هدف اصلی از



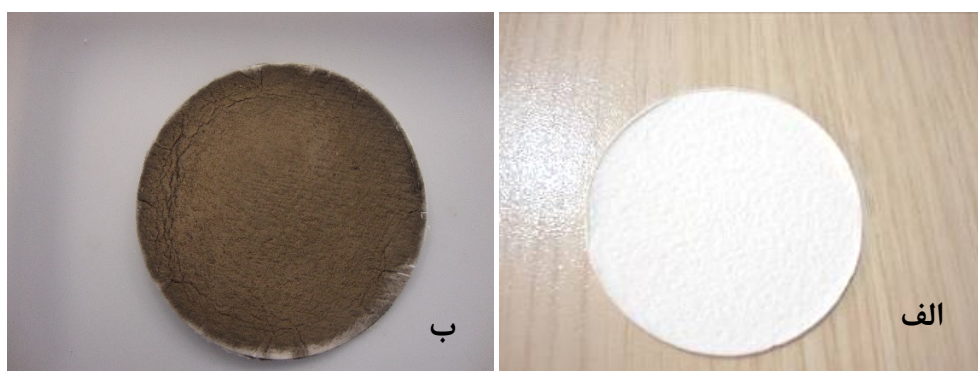
شکل ۱) موقعیت کشور ایران در منطقه خاورمیانه و ایستگاه‌های مورد مطالعه ارومیه و آبادان با علامت دایره سیاه‌رنگ مشخص شده‌اند (الف). نمونه‌ای از دستگاه جمع‌آوری‌کننده گرد و غبار حجم پایین Micro PNS به همراه نمونه‌گیر آن (ب)

ذرات معلق در نزدیکی سطح زمین نتوانند وارد مکنده دستگاه شوند. جهت جمع‌آوری نمونه‌های گرد و غبار مکش شده توسط دستگاه، از فیلترهای کوارتز با قطر ۴۷ میلیمتر و مملو از الیاف درهم‌تنیده کوارتز بی‌شکل که بتوانند علاوه بر عبور هوای صاف و نیز به دام انداختن ذرات گرد و غبار، توانایی لازم جهت سالم ماندن به علت مکش شدید هوا توسط دستگاه را داشته باشند استفاده گردید. در شکل ۲ نمونه‌ای از فیلتر کوارتز خالی و فیلتر دارای ذرات گرد و غبار دیده می‌شود.

۲-۲- جمع‌آوری نمونه‌های TSP گرد و

غبار

نمونه‌های گرد و غبار و ذرات معلق در هوا به کمک دستگاه‌های جمع‌آوری‌کننده گرد و غبار نوع حجم کم، جمع‌آوری گردیدند. هر نمونه به مدت ۱۶۸ ساعت (یک هفته) با قدرت مکش ۳۸ لیتر بر دقیقه (۲/۳ متر مکعب در ساعت) جمع‌آوری گردید و نمونه‌های گرد و غبار شامل مجموع ذرات معلق در هوا از هر ایستگاه برداشت شد. دستگاه‌های مذکور در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین قرار داده شدند تا با وزش بادهای شدید خاک‌ها و



شکل ۲) فیلتر کوارتز قبل از نمونه برداری (الف) و بعد از نمونه برداری (ب)

۳-۲- اندازه گیری میزان و ترکیب شیمیایی ذرات TSP گرد و غبار جمع آوری شده

غلظت عناصر موجود در نمونه های جمع آوری شده توسط دستگاه پلاسمای زوج شده القایی- طیفسنج جرمی در آزمایشگاه شیمی اکولوژی دانشکده علوم کاربردی دانشگاه کانبرا کشور استرالیا انجام پذیرفته است. جهت آماده سازی نمونه ها، لازم است تا قبل از هضم اسیدی از دقت و صحت بالای نمونه ها به شرح زیر اطمینان حاصل شود.

۱) تعیین وزن نمونه های گرد و غبار با ترازوی حساس.

۲) قرار دادن نمونه های وزن شده در تنور خلا (بدون حرارت) جهت خروج میزان رطوبت نمونه ها.

۳) تعیین وزن نمونه های گرد و غبار با ترازوی حساس و تعیین اختلاف وزن برای بدست آوردن میزان رطوبت نمونه ها.

نمونه های گرد و غبار بلافاصله در درون پلاستیک های مخصوص جهت جلوگیری از آلودگی های محیطی بسته بندی شده و پس از ثبت مشخصات مربوط به تاریخ، زمان، ایستگاه نمونه گیری و موارد مرتبط با حجم هوای مکش شده توسط دستگاه، در داخل یخچال با دمای ۴- درجه سانتیگراد نگهداری شدند تا از رشد باکتری ها، قارچ ها و ویروس ها و تغییرات شیمیایی عناصر و کانی های موجود در آن جلوگیری گردد.

لازم به ذکر است که در ۵ نمونه گرد و غبار بررسی شده در این پژوهش، تنها نمونه های تاریخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۳-۱۳۹۳/۱۲/۰۶ و ۱۳۹۴/۰۲/۳۰-۱۳۹۴/۰۳/۰۶ مربوط به رخداد گرد و غبار بوده و مابقی نمونه ها در تاریخ های دیگر برداشت مربوط به نمونه های جمع آوری شده در شرایط عادی جوّی و عاری از رخداد های گرد و غبار می باشند که مقایسه و بررسی عناصر و ترکیبات شیمیایی در رخداد های گرد و غبار و شرایط بدون رخداد گرد و غبار را میسر ساخته است.

نمونه مخلوط اسیدی و همچنین ۲ نمونه خاک معیار، مازاد بر نمونه‌های موجود گرد و غبار، کمی‌سازی و تعیین عنصر شدند تا در زمان لازم جهت تصحیح داده‌ها و نتایج مورد استفاده قرار گیرند. پس از اتمام آزمایش، مقادیر بدست‌آمده هر عنصر به واحد میکروگرم بر لیتر کمی‌سازی شدند.

۳- نتایج

فراوانی عناصر اصلی و کمیاب در نمونه‌های TSP گرد و غبار جمع‌آوری شده، به تعداد ۲۳ عنصر مهم و اثرگذار بر سلامتی انسان‌ها و محیط‌زیست در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ و جدول‌های ۱، ۲ و ۳ مشخص شده است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت مقادیر عناصر اصلی (Si, Al, Ca, Mg, Na, K, Fe, P, Mn, Ti) در مقایسه با دیگر عناصر به میزان بسیار فراوان‌تری دیده می‌شوند؛ هرچند عناصر کمیاب و نادر خاکی (Li, B, Rb, Sr, Zr, Nb, Sb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy و سمی (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, Ag, Sn, V, Zn, Al, As, P, Se) نیز در نمونه‌های جمع‌آوری شده به وفور دیده می‌شوند و مقادیری هم عناصر رادیواکتیو (Th, U) مشاهده گردیده است.

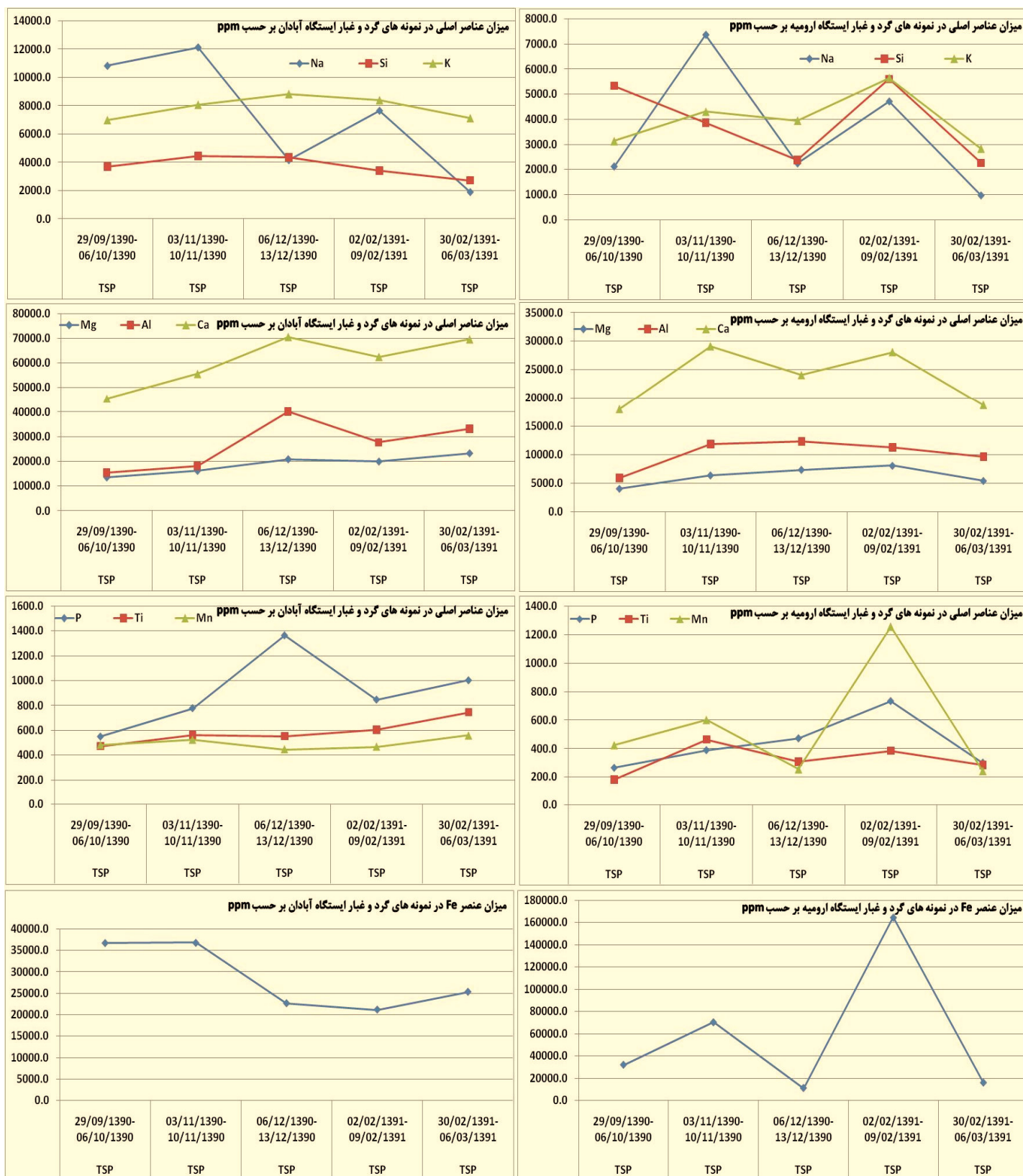
بر پایه وجود یا نبود رخداد گرد و غبار، مکان جمع‌آوری نمونه‌های گرد و غبار و فصل نمونه‌برداری، تعدادی از عناصر اعم از اصلی و کمیاب و سمی تفاوت محسوسی بین رخدادهای گرد و غبار و شرایط عادی جوّی در هر دو ایستگاه آبادان و ارومیه دارا می‌باشند. با شروع گرد و غبار رفتار عناصر اصلی در هر دو ایستگاه آبادان و ارومیه تقریباً یکسان است و میزان عناصر اصلی

برای انحلال نمونه‌ها از ظروف تفلون پلاستیکی مقاوم در برابر حرارت و اسید استفاده شد. این ظروف شماره‌گذاری و وزن شدند و نصف نمونه‌های گرد و غبار به همراه فیلتر آن با دقت بریده شده و داخل این ظروف قرار گرفتند و وزن این ظروف به همراه نصف نمونه گرد و غبار موجود بر روی فیلتر ثبت گردید. مقدار ۷۵۰ میکرولیتر HNO_3 و مقدار ۲۵۰ میکرولیتر HCl به هر ظرف اضافه گردید و به مدت یک روز نیاز شد تا آن‌ها با هم واکنش دهند. جهت انحلال و تسریع واکنش بیشتر نمونه‌ها از دستگاه شیکر استفاده گردید. در مرحله بعد نمونه‌ها در ظروف تفلونی در بسته گذاشته شده و به مدت ۴۵ دقیقه در تنور قرار داده شدند تا واکنش سریع‌تر و کامل‌تری بین اسید و نمونه صورت گیرد. پس از آن نمونه‌ها جهت انتقال به لوله‌های ساتریفیوژ آماده شدند و میزان ۹ میلی‌گرم آب مقطر فوق‌العاده خالص نیز به آن‌ها اضافه گردید تا حجم کل لوله‌های ساتریفیوژ نمونه‌های گرد و غبار به ۱۰ میلی‌گرم برسد. سپس به کمک دستگاه لرزاننده این لوله‌های ساتریفیوژ به دفعات تکان داده شدند و امولسیون مورد نظر داخل دستگاه ساتریفیوژ قرار گرفت و با سرعت ۷۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه جهت جداسازی محلول و ته‌نشست اقدام گردید. محلول به-جامانده به لوله‌های دیگر ساتریفیوژ منتقل شده و در دستگاه رقیق‌ساز جهت کار با ICP-MS قرار داده شدند. نمونه‌های رقیق شده به دستگاه ICP-MS منتقل و تمامی عناصر مورد نیاز اندازه‌گیری شدند. البته جهت کالیبره کردن دستگاه و افزایش صحت و دقت داده‌ها، تعداد ۲ نمونه فیلتر دست‌نخورده^۱، ۲

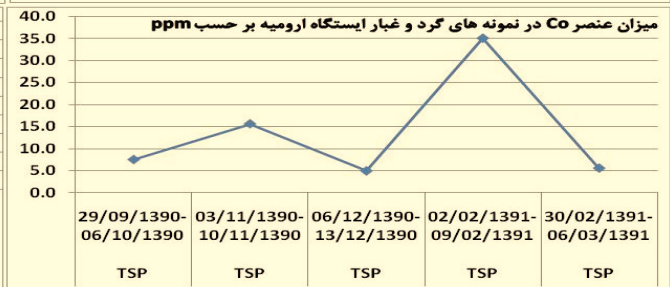
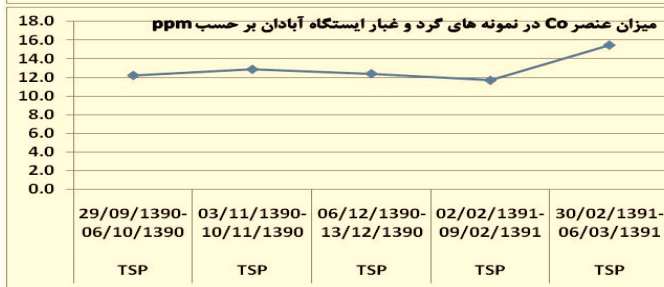
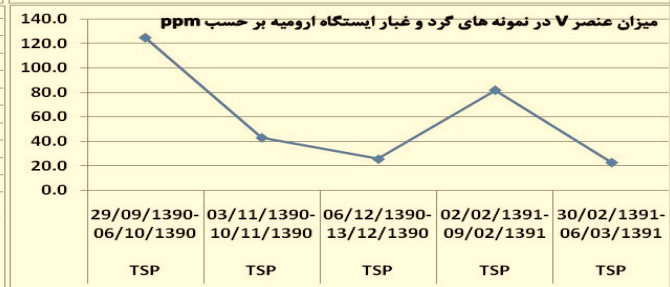
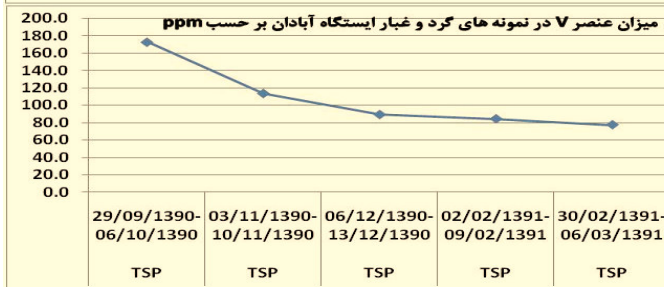
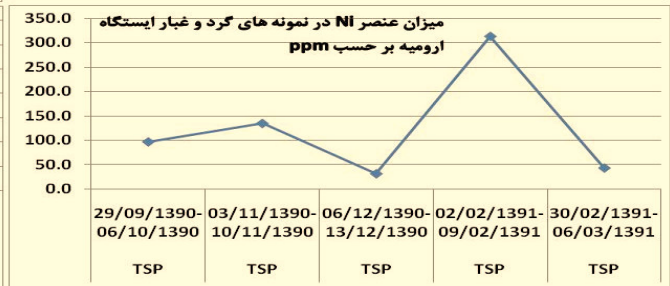
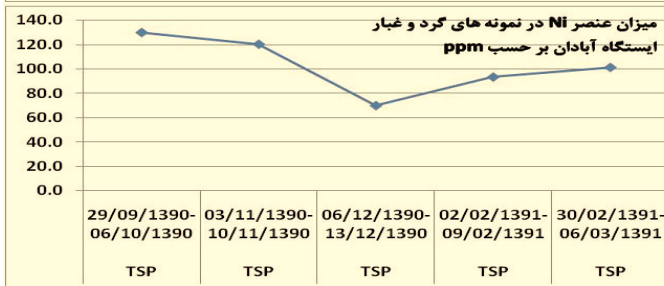
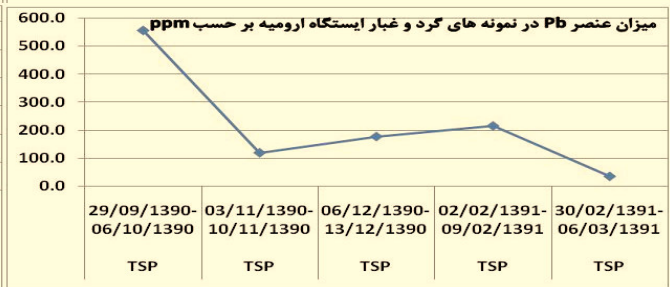
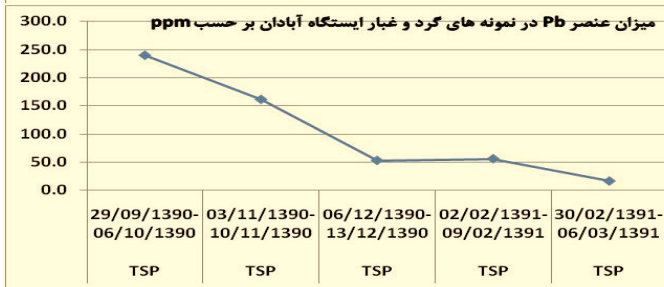
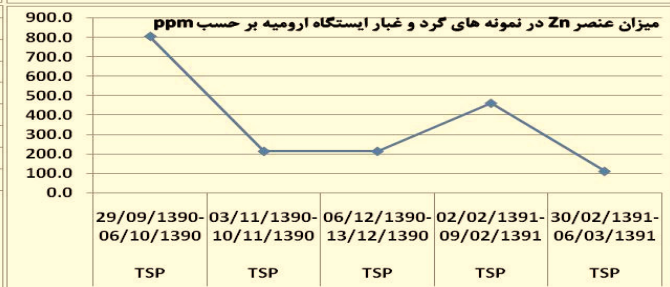
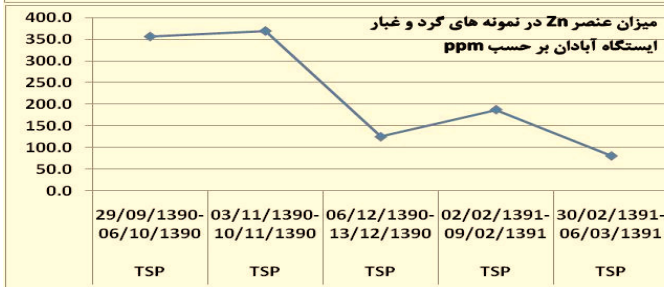
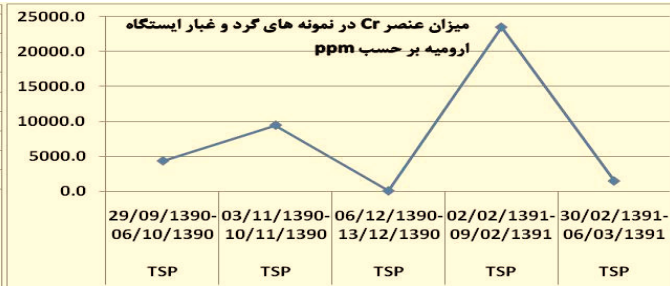
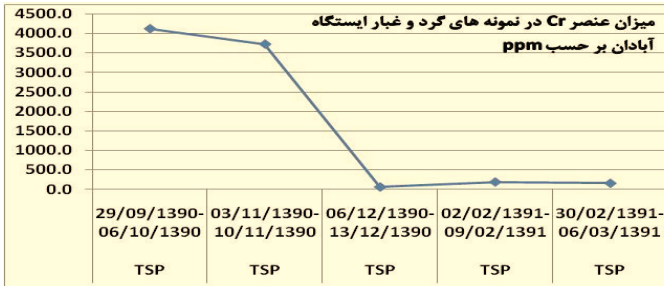
^۱- Blank Filter

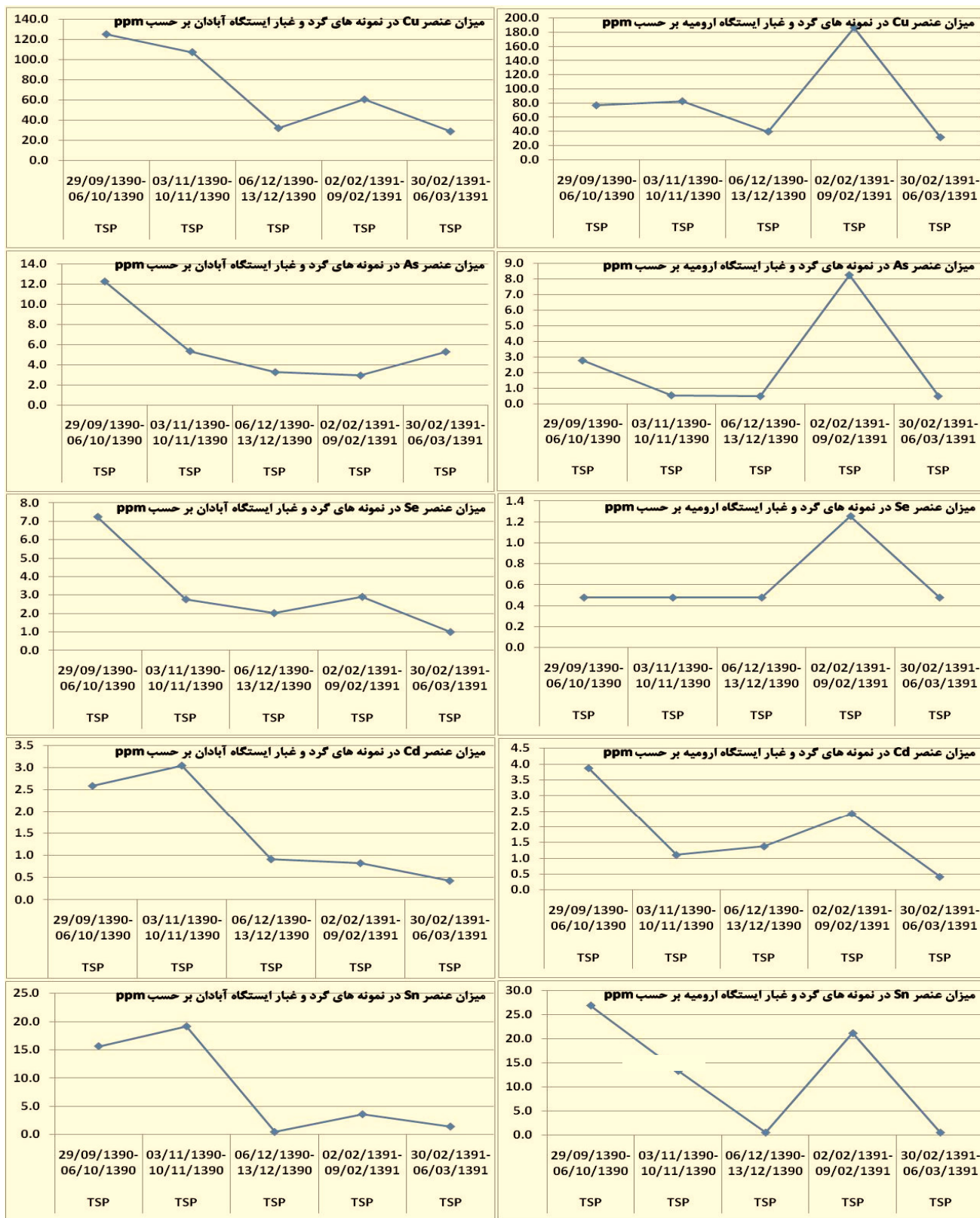
بسیار بالاتری را در ایستگاه ارومیه نسبت به ایستگاه آبادان نشان می‌دهد (شکل ۳، جدول ۱).
 شکل‌های ۳، ۴ و جدول ۲ گویای این نکته است که رفتار عناصر سمی در زمان گرد و غبار و شرایط عادی جوّی بسیار متفاوت است. همان‌گونه که مشخص است، میزان عناصر Al و P در زمان گرد و غبار افزایش می‌یابد، ولی این افزایش شامل تمامی عناصر سمی نبوده و میزان عناصری نظیر Cr، Zn، Pb، Cu، Se، V، As، Cd و Sn در زمان گرد و غبار کاهش می‌یابند. عناصر Mn، Co و Ni روندی ثابت داشته و تفاوتی بین شرایط عادی و شرایط گرد و غباری در آن‌ها وجود ندارد. تغییرات کمی مقادیر و غلظت عناصر سمی بر حسب ppm در هر دو ایستگاه نیز مورد توجه قرار گرفته است و نتایج نشان می‌دهد که به جز مقادیر Ni، Pb، Cu، Cd و Co که در هر دو ایستگاه یکسان است، مقادیر عناصر V، As و Se در ایستگاه آبادان به میزان ۲-۳ برابر ایستگاه ارومیه می‌باشد. مقادیر عناصر Cr، Zn و Sn نیز به میزان قابل توجهی در ایستگاه ارومیه بیش از ایستگاه آبادان است.

بسته به نوع آن از روند خاصی تبعیت دارد. به عنوان مثال با شروع گرد و غبار میزان عناصر Na و Fe کمتر شده و مقدار این عناصر در شرایط عادی جوّی بیشتر می‌باشد. در مقابل مقدار عناصر K، Mg، Al، Ca، P و Ti در زمان گرد و غبار افزایش نشان می‌دهد. عناصری نظیر Si و Mn نیز روند ثابتی داشته و میزان آن تغییر نمی‌کند. هر چند این افزایش و کاهش عناصر در دو ایستگاه متفاوت بوده و مقدار عناصر گاهی بسیار شدید و گاهی بسیار آرام در تغییر بوده و این افزایش و کاهش میزان عناصر نشانه مقادیر ناگهانی بسیار زیاد و کم نمی‌باشد (شکل ۳، جدول ۱). فراوانی عناصر اصلی به رخداد گرد و غبار و افزایش آلاینده‌های جوّی بستگی دارند و با تغییر شرایط جوّی از حالت طبیعی به شرایط غیر طبیعی تغییر می‌یابند. همان‌طوری که در شکل ۳ مشخص است، فراوانی عناصر K، Si، Mg، Al و Na در ایستگاه آبادان در مقایسه با ایستگاه ارومیه به میزان ۲ برابر است؛ در حالی که غلظت P، Ti و Mn در هر دو ایستگاه تقریباً یکسان می‌باشند. عنصر Fe غلظت



شکل ۳) تغییرات غلظت عناصر اصلی (Na, K, Si, Mg, Al, Ca, Fe, P, Ti, Mn) در نمونه‌های گرد و غبار آبادان و ارومیه بر حسب ppm



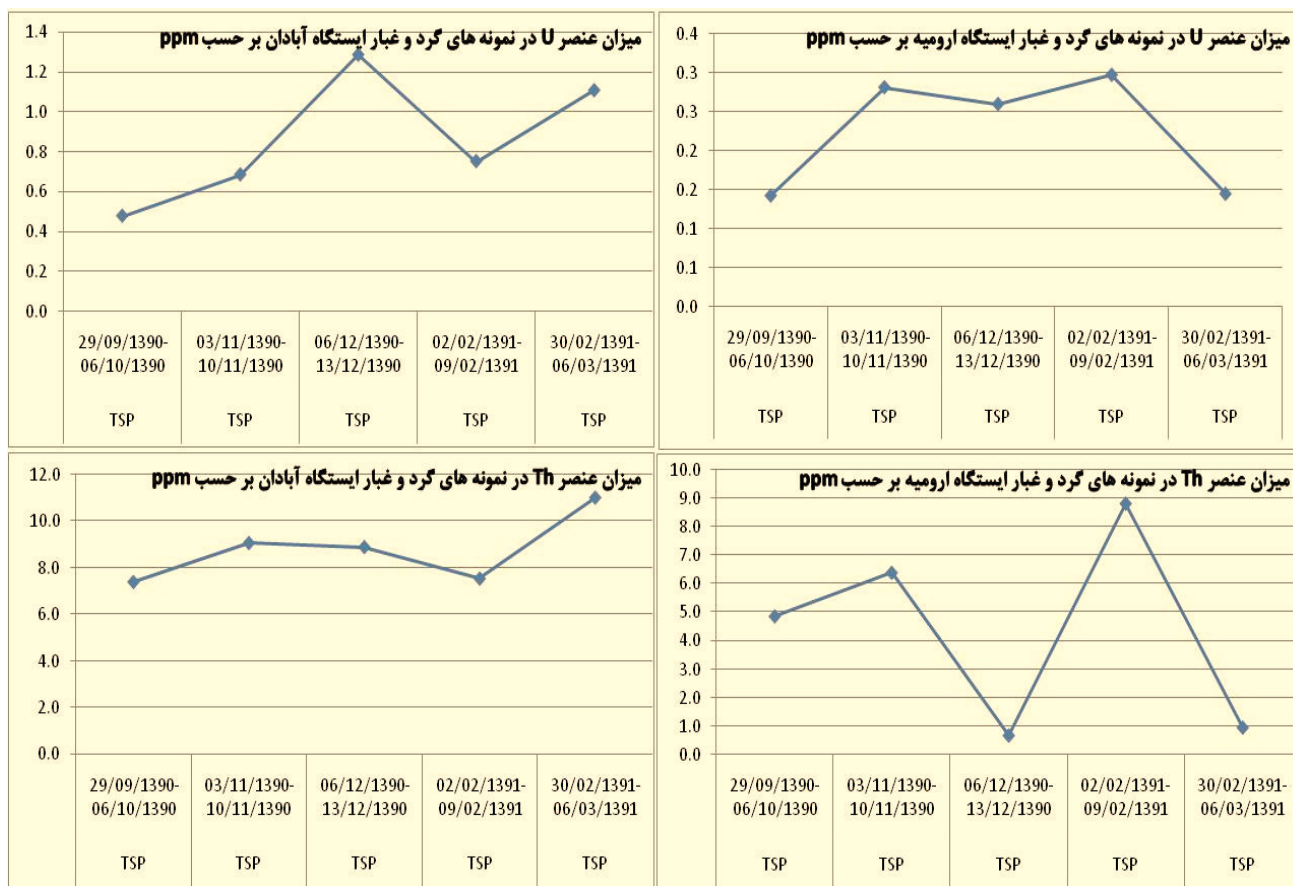


شکل ۴ تغییرات غلظت عناصر سمّی (Sn, Cd, Se, As, Cu, Co, V, Ni, Pb, Zn, Cr) در نمونه‌های گرد و غبار آبادان و ارومیه بر حسب ppm

های رخداد گرد و غبار و شرایط عادی وجود ندارد. گرچه غلظت عناصر U و Th در نمونه‌های گرد و غبار ایستگاه آبادان ۲ برابر ایستگاه ارومیه می‌باشد، ولی همین مقادیر نیز نمی‌توانند خطرناک بوده و مشکلاتی را ایجاد نمایند (شکل ۵، جدول ۳).

بهار و رخداد‌های گرد و غبار مقادیر آن‌ها کاهش می‌یابد. البته این امر در مورد نمونه‌های گرد و غبار ایستگاه ارومیه چندان صادق نبوده و روند خاصی را نشان نمی‌دهند.

عناصر رادیواکتیو U و Th نیز در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. همان‌گونه که از شکل ۵ و جدول ۳ مشخص است در ایستگاه آبادان با شروع گرد و غبار، میزان عناصر رادیواکتیو U و Th افزایش می‌یابد و این افزایش تطابق بسیار خوبی را با رخداد گرد و غبار نشان می‌دهد. در ایستگاه ارومیه تفاوت چندانی بین نمونه‌ها- عناصر موجود در نمونه‌های جمع‌آوری شده گرد و غبار از نظر فصل (زمستان و بهار) نیز مورد بررسی قرار گرفتند. به عنوان مثال مقادیر عناصر Cu، As، Se، Fe و Sn، Cr، V، Pb، Zn، Cd در ایستگاه آبادان و در فصل زمستان به میزان بیشتری بوده و با شروع فصل



شکل ۵) تغییرات غلظت عناصر رادیواکتیو (U و Th) در نمونه‌های گرد و غبار ایستگاه آبادان و ارومیه بر حسب ppm

ایستگاه آبادان در شرایط گرد و غبار و شرایط عادی جوی و همچنین مقایسه بین نمونه‌های جمع‌آوری شده ایستگاه‌های آبادان و ارومیه در رخداد گرد و غبار نیز تفاوت معنی‌داری بین نتایج وجود دارد ($P < 0.05$). گرچه در مقایسه بین نمونه‌های جمع‌آوری شده ایستگاه ارومیه در شرایط گرد و غبار و شرایط عادی جوی تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های جمع‌آوری شده دیده نشد (جدول ۴) (Ahmady-Birgani *et al.*, 2017).

به دلیل اینکه شرایط جوی در زمان عادی و زمان رخداد گرد و غبار دو پدیده مستقل از هم هستند و ارتباطی بین آن‌ها وجود ندارد، لذا برای مقایسه بین تغییرات غلظت در نمونه‌های گرد و غبار جمع‌آوری شده در شرایط مختلف جوی و در شهرهای آبادان و ارومیه، از روش آماری آزمون تی مستقل استفاده گردید که برای مقایسه میانگین‌های دو نمونه مستقل از داده‌های کمی به کار می‌رود. نتایج بررسی‌های آماری به کمک آزمون تی مستقل نشان داد که بین غلظت نمونه‌های گرد و غبار جمع‌آوری شده در زمان رخداد گرد و غبار و شرایط عادی جوی در هر دو ایستگاه مطالعاتی آبادان و ارومیه تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.01$). در مقایسه بین نمونه‌های جمع‌آوری شده

جدول ۱) میزان کمی عناصر اصلی موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار به تفکیک در هر ایستگاه به ppm

میزان غلظت عناصر اصلی موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار در ایستگاه آبادان به ppm											
نوع نمونه‌گیر	تاریخ	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Fe	Mn
TSP	۲۹/۰۹/۱۳۹۳- ۰۶/۱۰/۱۳۹۳	۱۰۸۲۶	۱۳۴۶۵	۱۵۳۷۹	۳۷۰۵	۵۴۸	۶۹۹۹	۴۵۵۶۳	۴۷۲	۳۶۷۷۵	۴۸۱
TSP	۰۳/۱۱/۱۳۹۳- ۱۰/۱۱/۱۳۹۳	۱۲۱۳۰	۱۶۱۱۲	۱۸۱۱۴	۴۴۴۲	۷۷۸	۸۰۷۴	۵۵۶۵۸	۵۶۲	۳۶۸۲۵	۵۲۴
TSP	۰۶/۱۲/۱۳۹۳- ۱۳/۱۲/۱۳۹۳	۴۱۷۰	۲۰۸۱۲	۴۰۱۹۸	۴۳۴۶	۱۳۶۶	۸۸۳۰	۷۰۵۵۴	۵۵۳	۲۲۶۳۳	۴۴۶
TSP	۰۲/۰۲/۱۳۹۴- ۰۹/۰۲/۱۳۹۴	۷۶۵۵	۱۹۸۹۰	۲۷۶۶۳	۳۳۹۶	۸۴۷	۸۳۹۴	۶۲۵۲۰	۶۰۴	۲۱۱۴۰	۴۶۷
TSP	۳۰/۰۲/۱۳۹۴- ۰۶/۰۳/۱۳۹۴	۱۹۱۳	۲۳۲۲۲	۳۳۱۷۰	۲۷۲۲	۱۰۰۳	۷۱۳۳	۶۹۵۸۶	۷۴۶	۲۵۳۲۷	۵۵۸
میزان غلظت عناصر اصلی موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار در ایستگاه ارومیه به ppm											
نوع نمونه‌گیر	تاریخ	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Fe	Mn
TSP	۲۹/۰۹/۱۳۹۳- ۰۶/۱۰/۱۳۹۳	۲۱۱۶	۳۹۸۰	۵۹۳۱	۵۳۳۳	۲۶۴	۳۱۳۵	۱۷۹۹۱	۱۸۱	۳۲۰۰۶	۴۲۴
TSP	۰۳/۱۱/۱۳۹۳- ۱۰/۱۱/۱۳۹۳	۷۳۶۸	۶۳۶۴	۱۱۸۶۴	۳۸۶۲	۳۸۸	۴۳۰۲	۲۹۱۳۴	۴۶۴	۷۰۲۷۸	۶۰۱
TSP	۰۶/۱۲/۱۳۹۳- ۱۳/۱۲/۱۳۹۳	۲۲۴۱	۷۳۵۵	۱۲۳۲۶	۲۳۸۰	۴۷۲	۳۹۴۶	۲۴۰۴۴	۳۰۹	۱۱۱۰۹	۲۵۶
TSP	۰۲/۰۲/۱۳۹۴- ۰۹/۰۲/۱۳۹۴	۴۷۱۱	۸۰۷۶	۱۱۲۵۵	۵۶۰۱	۷۳۴	۵۶۳۶	۲۸۱۰۰	۳۸۵	۱۶۴۵۴۲	۱۲۵۴
TSP	۳۰/۰۲/۱۳۹۴- ۰۶/۰۳/۱۳۹۴	۹۶۷	۵۳۸۲	۹۶۰۷	۲۲۶۰	۳۰۱	۲۸۳۶	۱۸۷۲۷	۲۸۴	۱۵۹۰۴	۲۴۴

جدول ۲) میزان کمی عناصر سمی موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار به تفکیک در هر ایستگاه به ppm

میزان غلظت عناصر سمی موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار در ایستگاه آبادان به ppm															
نوع نمونه‌گیر	تاریخ	Al	P	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb	Sn
TSP	۲۹/۰۹/۱۳۹۳- ۰۶/۱۰/۱۳۹۳	۱۵۳۷۹	۵۴۸	۱۷۳	۴۱۲۷	۴۸۱	۱۲	۱۳۰	۱۲۵	۳۵۶	۱۲	۷/۲	۲/۶	۲۴۰/۱	۱۶
TSP	۰۳/۱۱/۱۳۹۳- ۱۰/۱۱/۱۳۹۳	۱۸۱۱۴	۷۷۸	۱۱۴	۳۷۳۲	۵۲۴	۱۳	۱۲۱	۱۰۸	۳۶۸	۵	۲/۸	۳	۱۶۱/۶	۱۹/۱
TSP	۰۶/۱۲/۱۳۹۳- ۱۳/۱۲/۱۳۹۳	۴۰۱۹۸	۱۳۶۶	۸۹	۶۷	۴۴۶	۱۲	۷۰	۳۳	۱۲۵	۳	۲	۰/۹	۵۲/۹	۰/۵
TSP	۰۲/۰۲/۱۳۹۴- ۰۹/۰۲/۱۳۹۴	۲۷۶۶۳	۸۴۷	۸۴	۱۹۵	۴۶۷	۱۲	۹۴	۶۱	۱۸۷	۳	۲/۹	۰/۸	۵۵/۹	۳/۶
TSP	۳۰/۰۲/۱۳۹۴- ۰۶/۰۳/۱۳۹۴	۳۳۱۷۰	۱۰۰۳	۷۷	۱۶۳	۵۵۸	۱۶	۱۰۲	۲	۸۱	۵	۱	۰/۴	۱۶/۲	۱/۵
میزان غلظت عناصر سمی موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار در ایستگاه ارومیه به ppm															
نوع نمونه‌گیر	تاریخ	Al	P	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Pb	Sn
TSP	۲۹/۰۹/۱۳۹۳- ۰۶/۱۰/۱۳۹۳	۵۹۳۱	۲۶۴	۱۲۵	۴۳۱۶	۴۲۴	۸	۹۷	۷۷	۸۰۷	۳	۰/۵	۳/۹	۵۶۶/۶	۲۷
TSP	۰۳/۱۱/۱۳۹۳- ۱۰/۱۱/۱۳۹۳	۱۱۸۶۴	۳۸۸	۴۳	۹۴۲۹	۶۰۱	۱۶	۱۳۵	۸۳	۲۱۴	۰/۵	۰/۵	۱/۱	۱۱۹/۱	۱۳/۳
TSP	۰۶/۱۲/۱۳۹۳- ۱۳/۱۲/۱۳۹۳	۱۲۳۲۶	۴۷۲	۲۶	۱۷	۲۵۶	۵	۳۱	۴۰	۲۱۵	۰/۵	۰/۵	۱/۴	۱۷۷	۰/۵
TSP	۰۲/۰۲/۱۳۹۴- ۰۹/۰۲/۱۳۹۴	۱۱۲۵۵	۷۳۴	۸۲	۲۳۴۵۹	۱۲۵۴	۳۵	۳۱۳	۱۸	۴۶۲	۸/۳	۱/۳	۲/۴	۲۱۵/۲	۲۱/۱
TSP	۳۰/۰۲/۱۳۹۴- ۰۶/۰۳/۱۳۹۴	۹۶۰۷	۳۰۱	۲۳	۱۴۲۹	۲۴۴	۶	۴۳	۳۲	۱۱۱	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۳۴/۷	۰/۵

جدول ۳) میزان کمی عناصر رادیواکتیو موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار به تفکیک در هر ایستگاه به ppm

میزان غلظت عناصر رادیواکتیو موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار در ایستگاه آبادان به ppm			
نوع نمونه‌گیر	تاریخ	Th	U
TSP	۲۹/۰۹/۱۳۹۳- ۰۶/۱۰/۱۳۹۳	۷/۴	۰/۵
TSP	۰۳/۱۱/۱۳۹۳- ۱۰/۱۱/۱۳۹۳	۹/۱	۰/۷
TSP	۰۶/۱۲/۱۳۹۳- ۱۳/۱۲/۱۳۹۳	۸/۹	۱/۳
TSP	۰۲/۰۲/۱۳۹۴- ۰۹/۰۲/۱۳۹۴	۷/۵	۰/۸
TSP	۳۰/۰۲/۱۳۹۴- ۰۶/۰۳/۱۳۹۴	۱۱	۱/۱
میزان غلظت عناصر رادیواکتیو موجود در نمونه‌های TSP گرد و غبار در ایستگاه ارومیه به ppm			
نوع نمونه‌گیر	تاریخ	Th	U
TSP	۲۹/۰۹/۱۳۹۳- ۰۶/۱۰/۱۳۹۳	۴/۸	۰/۱
TSP	۰۳/۱۱/۱۳۹۳- ۱۰/۱۱/۱۳۹۳	۶/۴	۰/۳
TSP	۰۶/۱۲/۱۳۹۳- ۱۳/۱۲/۱۳۹۳	۰/۷	۰/۳
TSP	۰۲/۰۲/۱۳۹۴- ۰۹/۰۲/۱۳۹۴	۸/۸	۰/۳
TSP	۳۰/۰۲/۱۳۹۴- ۰۶/۰۳/۱۳۹۴	۰/۹	۰/۱

جدول ۴) مقایسه آماری بین نمونه‌های رخدادهای گرد و غبار و شرایط عادی جوی شهرهای آبادان و ارومیه به روش آزمون تی مستقل (Ahmady-Birgani et al., 2017)

سطح معناداری	میزان معناداری (Sig. (2-Tailed))	آزمون تی مستقل
در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است	۰/۰۰۱	مقایسه بین غلظت نمونه‌های گرد و غبار شهرهای آبادان و ارومیه در زمان گرد و غبار و شرایط عادی جوی
در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است	۰/۰۳۸	مقایسه بین غلظت نمونه‌های جمع‌آوری شده شهر آبادان در شرایط گرد و غبار و شرایط عادی جوی
معنی‌دار نیست	۰/۵۹۸	مقایسه بین غلظت نمونه‌های جمع‌آوری شده شهر ارومیه در شرایط گرد و غبار و شرایط عادی جوی
در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است	۰/۰۳۲	مقایسه بین غلظت نمونه‌های جمع‌آوری شده شهرهای آبادان و ارومیه در رخداد گرد و غبار
معنی‌دار نیست	۰/۳۲۸	مقایسه بین غلظت نمونه‌های جمع‌آوری شده شهرهای آبادان و ارومیه در شرایط عادی جوی

۴- بحث و نتیجه‌گیری

ریزش گرد و غبار و یا وجود رخداد گرد و غبار استفاده نمود. Zhang و همکاران (۲۰۱۰) نیز با مطالعه ترکیب شیمیایی و نوع عناصر موجود در نمونه‌های گرد و غبار شهر پکن عناصر Si, Fe, Ti و Ni را به عنوان شاخص ریزش گرد و غبار به حساب آوردند.

در این پژوهش در شرایط عادی جوی و عاری از گرد و غبار، عناصر Sr, Se, As, Zn, Cu, Ni, Cr, Li, Pb, Cd, Sb, Th از منشا انسان‌زاد می‌باشند که این خود می‌تواند به دلیل تجمع بیشتر آلاینده‌ها در جو و احتراق حاصل از سوخت‌های فسیلی و زباله‌های شهری به دلیل ثبات جوی و انتشار جوی ضعیف در شرایط عادی هوا باشد. هر چند لازم است دانسته شود که فلزات سنگین در ذرات گرد و غبار معمولاً با کانی‌های رسی آلومینوسیلیکات و تا حدودی با اندازه‌های ذرات خاص همراه می‌شوند. Kocak و همکاران (۲۰۰۹) نیز مقادیر عناصر کمیاب ناشی از دخالت‌های بشر را در نمونه‌های گرد و غبار منطقه مطالعاتی خود ۱/۱ تا ۴/۱ برابر در مقایسه با زمان‌های غیر از گرد و غباری می‌دانند و غلظت عناصر Al, Fe, Ca و Mn را در نمونه‌های گرد و غبار شرق دریای مدیترانه ۴ برابر بیشتر از نمونه‌های زمان غیر گرد و غبار می‌دانند. از

هدف کلی این پژوهش بررسی ترکیبات و نوع عناصر شیمیایی نمونه‌های TSP است که در طول دوره‌های رخداد گرد و غبار و شرایط عادی جوی جمع‌آوری شده‌اند. این مهم کمک نمود تا ماهیت شیمیایی این ذرات به خصوص در سطح عناصر کمیاب سمی و رادیواکتیو به خوبی مشخص شود. نتایج این پژوهش به فهم این تصور اشتباه که بیان می‌کند در زمان رخداد گرد و غبار تمامی عناصر اصلی و کمیاب افزایش شدیدی دارند و مقادیر بسیار بالایی را نشان می‌دهند کمک فراوانی نموده است. لذا تعداد ۲۳ عنصر اعم از اصلی و کمیاب (شامل عناصر نادر خاکی، رادیواکتیو و سمی) از نمونه‌های جوی چه در زمان رخدادهای گرد و غبار و چه در زمان‌های شرایط عادی جوی تجزیه و تحلیل گردید.

با نتایج کسب شده از نمونه‌های گرد و غبار توسط دستگاه ICP-MS، از آنجا که تقریباً عناصری نظیر Ca, Mg, P, Al و U بسته به محل نمونه‌برداری تنها در رخدادهای گرد و غبار به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابند، لذا از این عناصر می‌توان به عنوان شاخص

محدودی تغییر نماید. همچنین افزایش مقادیر عناصر به خصوص عناصر اصلی مانند Al, Mg و Ca می‌تواند حاکی از جابه‌جایی ذرات درشت گرد و غبار و یا نزدیکی منبع تغذیه و منشا را نیز نشان دهد. گرچه وجود ژئیس در نمونه‌های ذرات گرد و غبار می‌تواند ناشی از غنی‌شدگی عنصر S و جذب و اکسید گازهای کمیاب همچون SO₂ بر روی سطوح ذرات گرد و غبار کلسیم و تشکیل کانی گچ باشد و نشان‌دهنده منطقه منشا خود نباشد. لذا اطلاع از نوع و میزان آلودگی در شهرها کمک زیادی به تفسیر نتایج بدست آمده از پژوهش‌های گرد و غبار خواهد نمود. به طور کلی اگر عناصر سمی و فلزات کمیاب چه در رخداد گرد و غبار و چه در رخدادهای عادی جوئی همگی به میزان کمی زیادی وجود داشتند، تا حدود زیادی منبع یکسان و نزدیک به هم این عناصر را نشان می‌دهند.

وجود عناصری نظیر Se در نمونه‌های گرد و غبار این پژوهش ممکن است مرتبط با وجود ناخالصی‌های موجود در زغال‌سنگ و احتراق این سوخت فسیلی در نیروگاه‌ها و صنایع وابسته مثل ذوب‌آهن و فولاد باشد. غلظت بالای عنصر Cu نیز می‌تواند مربوط به تولید و استفاده بسیار سریع وسایل نقلیه در محدوده‌های شهری ایستگاه‌های اندازه‌گیری آبادان و ارومیه باشد. هر چند با جایگزینی سوخت‌های بنزینی و دیزلی به جای سوخت‌های فسیلی نظیر ذغال سنگ دلیل دیگری جهت افزایش عنصر Cu می‌تواند باشد (Zhang و همکاران ۲۰۱۰). وجود فلزات سمی همچون Zn و Pb در نمونه‌های گرد و غبار جمع‌آوری شده می‌تواند به همراه دیگر فلزات همراه، از بخار تغلیظ شده خروجی فرآیندهایی همچون کوره ذوب سرب-روی تولید شوند.

طرفی Zarasvandi و همکاران (۲۰۱۱) گرد و غبار موجود در خوزستان را از نظر ژئوشیمیایی در مقایسه با دیگر نقاط جهان یکسان در نظر گرفته و Al و Si را دو عنصر فراوان موجود در نمونه‌های گرد و غبار استان خوزستان می‌دانند.

یکی از مهم‌ترین عواملی که بر ترکیب و غلظت شیمیایی ذرات گرد و غبار اثر می‌گذارد، کانی‌شناسی مواد منبع گرد و غبار می‌باشد. البته ارتباط بین عناصر موجود در نمونه‌های بررسی شده و ترکیبات شیمیایی و کانی‌شناسی این ذرات گرد و غبار در مطالعات Ahmady-Birgani و همکاران (۲۰۱۷) به خوبی بیان شده است. به عنوان مثال وجود میزان بالای Al در نمونه‌های گرد و غبار، مرتبط با جزء اصلی کانی‌های-رسی و دیگر سیلیکات‌ها و غلظت بالای Si به دلیل وجود میزان زیادی کوارتز می‌باشد. Hojati و همکاران (۲۰۱۲) نیز مقادیر بالای عناصر Ca, Si و Al را در نمونه‌های زمان‌های گرد و غبار ایران مرکزی و رشته کوه‌های زاگرس تشخیص داده و علت آن را مقدار بالای کلسیت، کوارتز و کانی‌های رسی می‌دانند. برخلاف نظر Zarasvandi و همکاران (۲۰۱۱) که منابع گرد و غبار ایران را یکسان و از یک منبع لحاظ کرده‌اند، نوسان عناصر در زمان‌های گوناگون نمونه‌برداری و در شرایط مختلف جوئی، نشان‌دهنده تنوع منبع و محل برخاست متنوع گرد و غبار می‌باشد. این افزایش یا کاهش ناگهانی میزان عناصر می‌تواند به خوبی نشان دهد که مناطق منشا گرد و غبار بسیار متنوع بوده و از منشا یکسان تولید نمی‌شوند. لذا در غیر این صورت مقادیر عناصر شیمیایی و به خصوص عناصر سمی روند ثابتی داشته و تنها می‌بایست مقدار غلظت آن‌ها در میزان

فلزات به محل نمونه برداری نیز می‌تواند در افزایش این عنصر نقش بسیار مهمی را ایفا نماید.

بررسی‌های آماری انجام شده نیز حاکی از آن است که غلظت بین نمونه‌های گرد و غبار جمع‌آوری شده در شرایط عادی جوی و رخداد گرد و غبار و چه در مقایسه بین دو ایستگاه مطالعاتی در زمان گرد و غبار دارای تفاوت بوده و این تفاوت علاوه بر نوع عناصر شیمیایی در میزان آن‌ها نیز خود را نشان می‌دهد.

به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد عناصر کمیاب و سمی در زمان رخداد های گرد و غبار کاهش چشمگیری داشته و در مقابل عناصر اصلی در ذرات گرد و غبار افزایش نشان می‌دهند. گرچه ذکر این نکته نیز مهم است که اندازه ذرات در اندازه‌های PM_{10} و $PM_{2.5}$ بسیار مهم بوده و عناصر گوناگون رفتارهای مختلفی از خود در دامنه اندازه‌های پایین‌تر ذرات از خود نشان می‌دهند. لذا انتظار می‌رود تا عناصر سمی و فلزات سنگین بیشتر در این دو دامنه ذرات وجود داشته و مقادیر بیشتری را از خود نشان دهند. بنابراین صرف وجود رخداد گرد و غبار نمی‌توان انتظار افزایش تمامی عناصر آلاینده را داشت و تنها با وجود میزان رخداد های بیشتر گرد و غبار در شهر آبادان نسبت به شهر ارومیه تصور افزایش ترکیبات شیمیایی به خصوص از نوع سمی و رادیواکتیو آن تصوری اشتباه است. به‌طور کلی آن چیزی که باعث افزایش میزان آلاینده‌ها در منطقه‌ای نسبت به منطقه دیگر می‌شود مناطق منبع و منشایی هستند که دارای ترکیبات شیمیایی، عنصری و کانی‌شناختی متنوع و خطرناکی می‌باشند و نگاه صرفاً بر پایه افزایش غلظت به بیش از حد استاندارد نگاه

اگرچه Pb می‌تواند به عنوان یک افزودنی در بنزین و گازوئیل سرب‌دار یافت شوند که با احتراق سوخت و خروج از آگزوز به داخل هوا انتشار می‌یابد. وجود مناطق جنگی وسیع در کشورهای همسایه غرب ایران و استفاده بیش از حد از مهمات منفجره نیز می‌تواند به انتشار فلزات سنگین در هوا کمک شایانی نماید. EngelBrecht و همکاران (۲۰۰۹) نیز جرم و غلظت شیمیایی عناصر در مناطق شهری را نسبت به مناطق روستایی به جز عناصر Ni، Na و Rb بیشتر بدست آوردند. ایشان همچنین تطابق کمی را بین فراوانی غلظت بالای گرد و غبار و عنصر Pb بدست آوردند که آن را ناشی از دو منبع متفاوت ولی مشخص می‌داند. اگرچه به مانند این پژوهش افزایش غلظت عناصر اصلی در طول رخداد های گرد و غبار را تایید نمودند. وجود Na به عنوان نمک از آب دریای تبخیری مانند خلیج فارس و دریای مکران، نواحی شور و نمکی بیابان‌ها و مناطق رسوبی سبنا ممکن است که نشات گرفته باشد که در نتایج تجزیه و تحلیل شیمیایی نمونه‌های مورد نظر خود را نشان داده است.

وجود عناصر Ca، Al، Mg، Si، K، Na در ایستگاه آبادان در مقایسه با ایستگاه ارومیه به میزان ۲ برابر می‌تواند به دلیل نزدیکی منابع تغذیه کننده گرد و غبار به ایستگاه آبادان و نزدیکی به رسوبات تبخیری، اراضی شور، رسوبات ریزدانه حاشیه تالاب‌های منتهی به رودخانه‌های دجله و فرات و فراوانی سازندهای آهکی و دولومیتی در منطقه باشد. میزان بالای عنصر Fe در ایستگاه ارومیه می‌تواند به نزدیکی احتمالی سازندهای حاوی کانی‌های آهن‌دار به محل نمونه برداری مرتبط شود. هرچند نزدیکی کارگاه‌های آهن‌فروشی و جوش

مالی از طرح پژوهشی با عنوان "کانی‌شناسی، ژئوشیمی، ترکیب شیمیایی و منشایابی ذرات گرد و غبار وارده از غرب ایران" با کد ۹۴/م/۱۳/۰ شماره ۱۰/۲۰۳۰ مورخ ۱۳۹۴/۱۱/۲۸ کمال تشکر و قدردانی را دارند.

درستی نبوده و نمی‌تواند منطقه‌ای را نسبت به منطقه دیگر آلوده‌تر و یا خطرناک‌تر نشان دهد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان این مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه به سبب حمایت

REFERENCES

- Ahmady-Birgani, H., Feiznia, S., Mirnejad, H., McQueen, K., Ghorbanpour, M. 2017. Characterizing the dust Particulates and dust events entering Western Iran. Range and Watershed Management Journal, under publication (in Farsi).
- Ahmady-Birgani H., Mirnejad H., Feiznia S., McQueen K. 2015. Mineralogy and Geochemistry of Atmospheric Particulates in Western Iran. Atmospheric Environment 119, 262-272.
- Aydin, F., Aydin, I., Erdogan, S., Akba, O., Isik, B., and Hamamei, C. 2011. Chemical characteristics of settled particles during a dust storm. Poland Journal of Environmental Studies Vol. 21, 533-537.
- Badarinath, K.V.S., Kharol, S.K., Kaskaoutis, D.G., Sharma, A.R., Ramaswamy, V., and Kambezidis, H.D. 2010. Long-range transport of dust aerosols over the Arabian Sea and Indian region, a case study using satellite data and ground-based measurements. Global Planet Change
- Cao, J., Lee, S., Zheng, X., Ho, K., Zhang, X., Guo, H., Chowj, c., and Wang, H. 2003. Characterization of dust storm on Hong Kong in April 1998. Water, Air and Soil Pollution
- Dentener, F.J., Carmichael, G.R., Zhang, Y., Lelieveld, J., and Crutzen, P.J. 1996. Role of Mineral Aerosol as a Reactive Surface in the Global Troposphere. Journal of Geophysical Research 22869-22889.
- Engelbrecht, J. P., McDonald, E. V., Gillies, J. A., Jayanty, R. K. M., Casuccio, G., and Gertler, A.W. 2009a. Characterizing mineral dusts and other aerosols from the Middle East - Part 1: Ambient sampling. Inhalation Toxicology 296-325.
- Goudie, A.S. 2009. Dust storms: recent developments. Journal of Environment Management
- Hojati, S., Khademi, H., Cano, A. F., and Landi, A. 2012. Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. Catena 88, 27-36.
- Kaskaoutis, D.G., Kambezidis, H. D., Nastos, P.T., and Kosmopoulos, P.G. 2008. Study on an intense dust storm over Greece. Atmospheric Environment
- Kocak, M., Mihalopoulos, N., and Kubilay, N. 2009. Origin and source regions of PM₁₀ in Eastern Mediterranean atmosphere. Atmospheric Research
- Querol, X., Pey, J., Pandolfi, M., Alastuey, A., Cusack, M., Perez, N., Moreno, T., Viana, M., Mihalopoulos, N., Kallos, G., and Kleanthous, S. 2009. African dust contributions to mean ambient PM₁₀ mass levels across the Mediterranean basin. Atmospheric Environment
- Shahsavani, A., Naddafi, K., Jafarzade Haghhighifard, N., Mesdaghinia, A., Yunesian, M., Nabizadeh, R., Arahmi, M., Sowlat, M.H., Yarahmadi, M., Saki, H., Alimohamadi, M., Nazmara, S., Motevalian, S.A., and Goudarzi, G. 2012. The evaluation of PM₁₀, PM_{2.5}, and PM₁ concentrations during the Middle Eastern Dust (MED) events in Ahvaz, Iran,

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵ صفحه ۳۰۰

from april through September 2010. Journal of Arid Environments 77, 72-83.

Wurzler, S., Reisin, T.G., and Levin, Z. 2000. Modification of Mineral Dust Particles by Cloud Processing and Subsequent Effects on Drop Size Distributions. Journal of Geophysical Research 4501-4512.

Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F., and Rastmanesh, F. 2011. Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern

Iran). Journal of Geochemical Exploration 111, 138-151.

Zhang, R., Shen, Z., Cheng, T. Meigen Zhang, M., and Liu, Y. 2010. The Elemental Composition of Atmospheric Particles at Beijing during Asian Dust Events in Spring 2004. Aerosol and Air Quality Research

Chemical Composition of TSP Dust-Sized as an Indicator in Geochemical Fingerprinting of Sediments

Hesam Ahmady-Birgani ^{1*}, Sadat Feiznia², Hassan Mirnejad ³, Ken .G. McQueen ⁴, Saeed Ebrahimian ⁵, Mohammad Ali Tabe Al-Hojat ⁵, Shaker Ebrahimi ⁵, Eskandar Salemi Mojarad ⁵, Abdol Reza Khalifeh Zadeh ⁵, Javad Badri ⁵

- 1- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
- 2- Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
- 3- Associate Professor, School of Geology, college of Science, University of Tehran, Tehran, Iran.
- 4- Professor, Faculty of Education, Science, Technology and Mathematics, University of Canberra, Canberra, ACT 2601, Australia.
- 5- Expert, Abadan Meteorological Organization, Iran.

Received: 24-Nov.-2016 Accepted: 9-May-2016

Abstract

In this research, elemental and chemical characteristics of atmospheric dust particulates including major and trace elements in two synoptic meteorological stations (Abadan and Urmia cities) during dust events and ambient periods have been evaluated. Results showed that during dust events to ambient periods in both stations, major elements including Ca, Mg, Al and trace elements comprised P and U significantly increased. During non-dusty days, toxic elements including Li, Cr, Cu, Zn, As, Se, Sr, Nb, Cd, Sb, Pb and Th due to accumulation of contaminants and combustion of fossil fuels and civic wastes in both stations increased. Comparison of elemental amounts in Abadan and Urmia shows that some elements such as Na, K, Si, Mg Al and Ca in Abadan station are as much twice as Urmia city. Elements of P, Ti and Mn are at the same amount. But Fe element has the highest concentration in Urmia city than Abadan. Also quantitative amounts of Ni, Pb, Cu, Cd and Co elements in both stations are same and some of which including V, As and Se in Abadan station are as 2-3 much as Urmia city. But some elements such as Cr, Zn and Sn at Urmia are in significant amount to Abadan station.

Keywords: Dust Event, Dust Particulates, Chemical Composition of Dust Particulates, Abadan, Urmia.

* Corresponding Author: Phone: +98-910-187-2774 E-mail: h.ahmadybirgani@urmia.ac.ir