

ارزیابی غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  طی طوفان های گرد و غبار در شهر ایلام سال ۹۲-۹۱علی عمارلوئی<sup>۱</sup>، احمد جنیدی جعفری<sup>۲\*</sup>، حسن اصیلان مهابادی<sup>۳</sup>، خیراله اسدالهی<sup>۴</sup>

- (۱) گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس  
 (۲) گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران  
 (۳) گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس  
 (۴) گروه اپیدمیولوژی و آمار، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۱۹

## چکیده

**مقدمه:** طوفان های گرد و غبار یکی از مهم ترین منابع آلودگی هوا در خاور میانه محسوب می شوند که باعث افزایش نگرانی عمومی در خصوص ایجاد عوارض بهداشتی شده اند. این مطالعه با هدف ارزیابی کمی و هم چنین تاثیر پدیده گرد و غبار بر کیفیت هوای شهر ایلام، انجام شد.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  از اسفند ۱۳۹۱ به مدت یک سال اندازه گیری شد. سنجش هر شش روز یک بار و هم چنین در کل روزهای گرد و غباری با دستگاه گریم مدل ۱/۱۰۸ انجام شد. اطلاعات جوی از اداره کل هواشناسی به دست آمد. برای ردیابی طوفان های گرد و غبار از تصاویر ماهواره ای استفاده شد.

**یافته های پژوهش:** میانگین و انحراف معیار غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  در کل دوره نمونه برداری به ترتیب  $139/3 \pm 146/6$ ،  $29/7 \pm 25/3$  و  $10 \pm 5/7$  میکروگرم بر متر مکعب بود. میانگین نسبت مقادیر  $PM_{2.5}/PM_{10}$ ،  $PM_1/PM_{10}$  و  $PM_1/PM_{2.5}$  در دوره مطالعه به ترتیب  $0/231$ ،  $0/108$  و  $0/418$  و در روزهای گرد و غباری  $0/191$ ،  $0/052$  و  $0/269$  بود. غلظت  $PM_{10}$  در ۸۳ روز بیشتر از استاندارد هوای پاک بود. شاخص AQI در ۵ روز از سال شرایط خطرناک را نشان داد. بررسی های انجام شده، نشان داد که عراق و به خصوص استان های نینوا و الانبار این کشور منبع اصلی پدیده گرد و غبار در ایلام هستند.

**بحث و نتیجه گیری:** مطالعه حاضر نشان دهنده وضعیت وقایع گرد و غبار در شهر ایلام و تاثیر منفی آن بر کیفیت هوا است که می تواند اثرات مضر را بر سلامت داشته باشد. بنا بر این لازم است برای تعیین میزان تاثیر ریزگردها بر سلامت و روش های مقابله با آن مطالعات بیشتری انجام شود. هم چنین نتایج نشان داد که طوفان های گرد و غبار باعث افزایش ذرات  $PM_{2.5-10}$  و در نتیجه کاهش نسبت  $PM_{2.5-10}$  می شوند. نتایج حاصل می تواند توسط سیاست گزاران برای طراحی و اجرای اقدامات کنترلی موثر، مورد استفاده قرار گیرد. هر چند این امر نیاز به اقدامات بین المللی و منطقه ای دارد.

واژه های کلیدی: طوفان های گرد و غبار، ریزگرد، کیفیت هوا، AQI، ایلام

\*نویسنده مسئول: گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران

Email: ahmad\_jonidi@yahoo.com

## مقدمه

می اندازند، (۱۳). هم چنین عناصر فلزی می توانند به ذرات گرد و غبار متصل شده و در نتیجه عملکرد تنفسی را دچار اختلال کنند، (۹). وقایع گرد و غبار با افزایش میزان رسوب مواد رادیواکتیو ارتباط دارند، (۱۴). بنا بر این نباید اهمیت ذرات گرد و غبار معدنی نادیده گرفته شود.

بیشترین تاثیر طوفان های گرد و غبار بر سلامت مربوط به ذرات معلق PM<sub>10</sub> و PM<sub>2/5</sub> (به ترتیب ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کمتر یا مساوی ۱۰ و ۲/۵ میکرو متر) می باشد، (۱۰، ۱۵). افزایش غلظت این ذرات در طول مدت طوفان های گرد و غبار به دلیل نفوذ به عمق ریه، باعث افزایش طیف وسیعی از بیماری ها و مرگ و میر می گردد، (۶، ۱۰). ذرات PM<sub>2/5</sub> جدی ترین خطرات را برای عملکرد ریه و مشکلات قلبی-عروقی در بر دارند، (۱). مطالعات جدید گزارش کردند که سالانه ۳/۵ میلیون مرگ و میر به دلیل بیماری های قلبی-عروقی و ۲۲۰۰۰۰ مرگ نیز به دلیل سرطان ریه ناشی از ذرات PM<sub>2/5</sub> اتفاق می افتد. (۲)

صحرای آفریقا به عنوان بزرگ ترین منبع گرد و غبار معدنی در جهان محسوب می شود و تقریباً یک میلیارد تن گرد و غبار را در سال منتشر می کند، (۱۶). تصور می شود که غرب چین و بخش هایی از مغولستان دومین منبع بزرگ تولید گرد و غبار بیابانی باشند، (۱۷). که معمولاً گرد و غبار آسیایی نامیده می شوند. به دلیل اهمیت زیاد، این دو منبع به طور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته اند. به عنوان مثال مطالعات انجام شده در لیبی، (۱۸)، مغولستان، (۱۹)، کره جنوبی، (۲۰)، ژاپن، (۱۴)، تایوان، (۲۱)، و به ویژه در چین، (۲۲، ۲۳، ۲۴)، را می توان، نام برد. اعتقاد بر این است که سومین منبع گرد و غبار بیابانی، شبه جزیره عربستان است که به طور قابل توجهی در انتقال ذرات گرد و غبار در سراسر جهان دخالت دارد. با این حال اطلاعات و دانش موجود در خصوص این منبع، پراکنده و محدود است به مطالعات انجام شده توسط Leon و Legrand سال ۲۰۰۳، (۲۴)، و Draxler و همکاران، (۲۵)، که غلظت PM را بیشتر از ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ میکروگرم از متر مکعب را به ترتیب در کویت و عربستان سعودی گزارش نموده اند. هم چنین شامسونی و همکاران در سال ۱۳۸۹ مشخصات ترکیبات یونی کل ذرات معلق در هوا (TSP) و PM<sub>10</sub> را در طول مدت طوفان های گرد و غبار خاورمیانه (MED) در اهواز مورد مطالعه قرار داد.

در دهه های اخیر آلودگی هوا در بسیاری از مناطق جهان باعث افزایش نگرانی عمومی در خصوص ایجاد عوارض بهداشتی شده است، (۱). تخمین زده شده است که آلودگی هوا حدود ۱/۴ درصد کل مرگ و میرها در دنیا را به خود اختصاص داده است، (۲). علاوه بر منابع انسانی آلودگی هوا از جمله صنایع و حمل و نقل، منابع طبیعی نیز نقش به سزایی در ایجاد آلودگی هوا دارند، (۱). یکی از مهم ترین منابع طبیعی آلودگی هوا، طوفان های گرد و غبار می باشند که سالانه ۸۰۰ تریلیون گرم ذرات معلق معدنی توسط آن ها به قاره آسیا منتقل می شود. (۳)

وقایع گرد و غبار به عنوان یک پدیده طبیعی با غلظت های قابل توجه ذرات معلق (PM) تعریف می شوند که معمولاً در مناطق خشک، نیمه خشک و صحراها اتفاق می افتند، (۴). این وقایع در درجه اول ناشی از پوشش گیاهی کم و بادهای سطحی قوی هستند، (۵). اثرات بهداشتی وقایع گرد و غبار در کوتاه مدت و دراز مدت از دیر باز، توجه دانشمندان را به خود جلب کرده است. این توجه علمی باعث انجام بسیاری از مطالعات اپیدمیولوژیک، در مناطق در معرض گرد و غبار شده است. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده است که بیماری های تنفسی، بیماری های قلبی و عروقی، مرگ و میر ناشی از این بیماری ها، پنومونی، آسم، برونشیت، انسداد مزمن ریوی، التهاب ریه، بیماری ایسکمیک قلبی، بستری شدن در بیمارستان ها، ویزیت در اورژانس و درمانگاه و هم چنین کاهش عملکرد ریوی با طوفان های گرد و غبار مرتبط هستند. (۱۰-۱، ۶)

خطر دیگر ناشی از وقایع گرد و غبار این است که گرد و غبارهای معدنی به طور بالقوه می توانند عوامل عفونی مختلفی را با خود حمل کرده به فواصل دورتر منتقل نمایند. مطالعه Kellogy و Griffin در سال ۲۰۰۶ نشان داد که وقایع گرد و غبار در مقیاس وسیعی عوامل پاتوژن را منتقل کرده و در نتیجه بر جمعیت و اکوسیستم پائین دست تاثیر می گذارند، (۱۱). هم چنین Griffin در سال ۲۰۰۷ دریافت که میکروارگانیسم های پاتوژن می توانند توسط گرد و غبار بیابان منتقل شوند و باعث شیوع بیماری ها در مناطق پایین دست باد شوند، (۱۲). علاوه بر این مطرح شده است که معمولاً گرد و غبارهای بیابانی، مقادیر زیادی از مواد سمی را حمل و در نتیجه سلامت موجودات زنده و اکوسیستم ها را به مخاطره

نتایج نشان داد که غلظت ذرات گرد و غبار در روزهای طوفانی تا چهار برابر بیشتر از روزهای عادی بوده است. در سال های اخیر، اثرات بهداشتی طوفان های گرد و غبار به خصوص در خاورمیانه، یک نگرانی عمده محسوب می شود. (۲۶)

به طور خاص به نظر می رسد غرب و جنوب غرب کشور از جمله ایلام تا حد قابل توجهی تحت تاثیر گرد و غبار حمل شده توسط باد شمال که یک باد گرم شمال غربی است و غالباً در طول بهار می وزد و مقادیر زیادی گرد و غبار را از کشور عراق با خود حمل می کند، قرار می گیرد. این وقایع از ابعاد مختلف، به میزان قابل توجهی زندگی عادی مردم را تحت تاثیر قرار داده و مشکلات زیست محیطی و اقتصادی زیادی را ایجاد می کنند. در دهه اخیر شهر ایلام بارها تحت تاثیر این حوادث بزرگ گرد و غبار با منشا بیابانی، از منابع مذکور قرار گرفته است. علی رغم اهمیت این موضوع هنوز در خصوص این پدیده مطالعات چندانی انجام نشده و در خصوص بسیاری از جنبه های این پدیده سوالات زیادی مطرح است. بنا بر این این تحقیق با هدف ارزیابی غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  در روزهای همراه با گرد و غبار و بدون گرد و غبار در شهر ایلام در طول سال ۹۲-۱۳۹۱، طراحی و انجام شد. اهداف ویژه این مطالعه تعیین روند کلی غلظت ذرات معلق و مقایسه آن با استانداردهای موجود هوا، استخراج الگوی تغییرات شبانه روزی و فصلی ذرات معلق، تعیین روند تغییرات زمانی نسبت بین ذرات معلق، مشخصات آماری وقایع گرد و غبار، تعیین منابع غالب تولیدکننده وقایع گرد و غبار ورودی به ایلام و بررسی اثرات شرایط آب و هوایی بر وقوع وقایع گرد و غبار بود. امید است نتایج این مطالعه بتواند به سیاست گزاران برای طراحی مدیریت یکپارچه کیفیت هوا و برنامه ریزی جهت آمادگی لازم در مقابله با اثرات این پدیده طبیعی، کمک نماید.

### مواد و روش ها

با بررسی سوابق طوفان های گرد و غبار در سال های اخیر که غالباً نشان دهنده وقوع این پدیده از اوایل اسفندماه هر سال می باشد، سنجش غلظت ذرات معلق و جمع آوری اطلاعات در این مطالعه از ابتدای اسفند سال ۱۳۹۱ به مدت یک سال تا آخر بهمن ۱۳۹۲ انجام شد. شهر ایلام با جمعیت بالغ بر ۱۷۲۰۰۰ نفر در مرز غربی ایران با طول جغرافیائی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۳ درجه و ۳۸

دقیقه شمالی واقع شده است. ایلام هم مرز با کشور عراق و نزدیک به کشورهای عربستان و کویت می باشد که این کشورها منابع اصلی وقایع گرد و غبار در خاور میانه هستند. (۲۷-۲۵)

محل نمونه برداری در پشت بام یک ساختمان در منطقه نشان داده شده در شکل شماره ۱، در ارتفاع ۷ متری از سطح زمین و ارتفاع ۱/۵ متری از سطح پشت بام با رعایت تمام ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، (۳)، از جمله رعایت فاصله از موانع طبیعی و مصنوعی، معابر و منابع تولیدکننده آلودگی، انتخاب گردید. سنجش غلظت ذرات معلق هوا ( $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$ ) توسط سیستم لیزری Enviro check و با استفاده از دستگاه پرتابل Dust Monitor Check (Grimm) مدل ۱/۱۰۸ ساخت کشور آلمان انجام شد. (۲۸، ۲۹). این دستگاه قادر به اندازه گیری، قرائت مستقیم و هم زمان مقادیر  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  و شمارش ذرات می باشد. این سیستم به طور اتوماتیک مقادیر را در حافظه خود ذخیره کرده و می تواند میانگین دقیقه ای، ساعتی و روزانه را محاسبه می نماید. بنا بر این می توان غلظت ذرات معلق را در ساعات مختلف روزهای گرد و غباری و حداکثر آن را مشخص کرد. اعتبار اندازه گیری های انجام شده توسط این دستگاه در مطالعات متعددی ارزیابی شده است. این مطالعات همبستگی بالایی را بین خروجی این دستگاه و نتایج حاصل از روش استاندارد وزنی نشان داده اند. (۳۰، ۳۱). سنجش غلظت ذرات معلق با توجه به رهنمودهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، (۳۲)، و هم چنین امکانات موجود در روزهای عادی هر ۶ روز یک بار و در کل روزهای همراه با گرد و غبار (روزهای با غلظت  $PM_{10}$  بیشتر از  $150 \mu g/m^3$ )، با توجه به اطلاعات سازمان هواشناسی و پیش بینی این سازمان و هم چنین پایگاه های ماهواره ای با ورود پدیده گرد و غبار به غرب کشور تا پایان آن نمونه برداری انجام می شد. غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  در روزهای مذکور در طول مدت شبانه روز، سنجش و به صورت میانگین ۰/۵ ساعته ثبت می شد. اطلاعات هواشناسی از جمله سرعت باد، جهت باد، دما، حداقل، میانگین و حداکثر رطوبت نسبی و حداکثر دید افقی با هماهنگی اداره هواشناسی استان ایلام به دست آمد.

داده ها پس از استخراج با استفاده از نرم افزارهای

Excel 2010 و SPSS vol.16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقادیر  $P < 0.05$ ، به عنوان سطح معنی داری در نظر گرفته شد.

### یافته های پژوهش

در جدول شماره ۱ نتایج آماری غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در ماه های مختلف آمده است. حداکثر غلظت ساعتی PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> به ترتیب ۱۹۵۸/۹، ۳۲۵ و ۶۹/۸ در خرداد ماه و حداقل PM<sub>10</sub> در اواخر دی ماه ۲/۲ میکروگرم بر متر مکعب بود. حداقل ساعتی PM<sub>2/5</sub> در مهرماه برابر ۱/۱ میکروگرم بر متر مکعب بوده است. حداکثر میانگین روزانه PM<sub>10</sub> و PM<sub>2/5</sub> در دوره یک ساله مطالعه به ترتیب ۸۰۲ و ۱۵۱/۴ و حداقل آن به ترتیب ۱۰/۶ و ۲/۴ میکروگرم بر متر مکعب به ترتیب در فروردین و اواخر مهر افتاده است. میانگین و انحراف معیار غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در طول دوره نمونه برداری به ترتیب  $139/3 \pm 146/6$ ،  $25/3 \pm 29/7$  و  $10/7 \pm 1$ ، در روزهای گرد و غباری به ترتیب  $164/8 \pm 286$ ،  $3/3 \pm 4/4$  و  $5/5 \pm 6/4$  و در سنجش دوره ای (۶ روز یک بار) به ترتیب  $1/1 \pm 57/9$ ،  $10/5 \pm 17$  و  $4 \pm 8$  میکروگرم بر متر مکعب بود.

روند تغییرات میانگین و حداکثر روزانه غلظت ذرات PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> به ترتیب در نمودارهای شماره ۱ و ۲ آورده شده است. روند تغییرات میانگین و حداکثر غلظت ماهیانه ذرات PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است. بالاترین میانگین ماهیانه غلظت PM<sub>10</sub> و PM<sub>2/5</sub> در خردادماه ۱۳۹۲ به ترتیب با غلظت ۲۵۰/۳ و ۴۴/۶ میکروگرم بر متر مکعب و کمترین میانگین ماهیانه PM<sub>10</sub> مربوط به بهمن ۱۳۹۲ با غلظت ۳۲/۱ و کمترین میانگین ماهیانه PM<sub>2/5</sub> در مهرماه ۱۳۹۲ با غلظت ۱۰/۲ میکروگرم بر متر مکعب بود.

تغییرات ساعتی میانگین غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> و هم چنین تغییرات ساعتی میانگین حداکثر غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در شبانه روز، به ترتیب در نمودار شماره ۴ و ۵ آورده شده است. با توجه به نمودار شماره ۵، به طور میانگین ساعات ۲:۳۰، ۱۵-۱۳، ۱۴، ۲۱-۱۸، ۲۰، بیشترین غلظت گرد و غبار در ایلام وجود داشته است.

نتایج آماری مقادیر نسبت های میانگین ماهانه PM<sub>2/5</sub>/PM<sub>10</sub>، PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> و PM<sub>1</sub>/PM<sub>2/5</sub> در طول دوره نمونه برداری در جدول شماره ۲ آورده شده است.

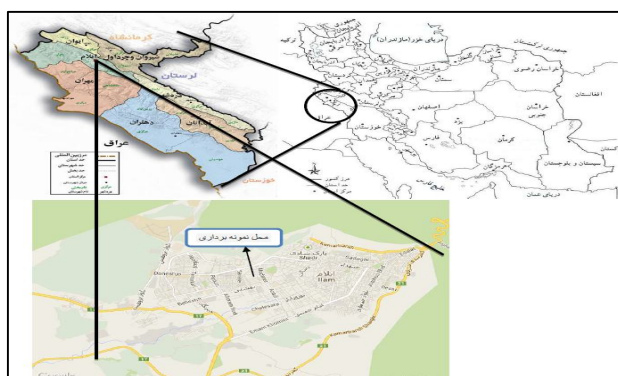
میانگین نسبت مقادیر PM<sub>2/5</sub>/PM<sub>10</sub>، PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> و PM<sub>1</sub>/PM<sub>2/5</sub> در کل دوره نمونه برداری به ترتیب ۰/۲۳۱، ۰/۱۰۸ و ۰/۴۱۸ و در روزهای گرد و غباری به ترتیب ۰/۱۹۱، ۰/۰۵۲ و ۰/۲۶۹ بود. روند تغییرات نسبت مقادیر PM<sub>2/5</sub>/PM<sub>10</sub>، PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> و PM<sub>1</sub>/PM<sub>2/5</sub> در غلظت های میانگین روزانه و هم چنین روند تغییرات میانگین نسبت PM<sub>2/5</sub>/PM<sub>10</sub>، PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> و PM<sub>1</sub>/PM<sub>2/5</sub> در ماه های مختلف سال به ترتیب در نمودارهای شماره ۶ و ۷ آمده است. فراوانی روزهای با ذرات معلق بیشتر از حد استاندارد هوای آزاد و استاندارد هوای پاک مصوبه سال ۱۳۸۸ در ماه های مختلف سال در طول دوره مطالعه در جدول شماره ۳ به تفکیک آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل از سنجش دوره ای میانگین سالیانه غلظت PM<sub>10</sub> حدود ۳/۸۵ برابر استاندارد سالانه هوای پاک مصوبه سال ۱۳۹۰ ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) بود و میانگین سالیانه غلظت PM<sub>2/5</sub>، ۱/۷ برابر استاندارد سالانه هوای پاک ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) بود.

وضعیت هوای شهر ایلام در دوره یک ساله مطالعه تحت تاثیر پدیده طوفان های گرد و غبار از نظر PM<sub>10</sub>، ۳۰ روز در وضعیت هشدار (۳۹۰-۱۵۰) و ۵ روز در وضعیت بحران ( $>470$ ) قرار داشت. در جدول شماره ۴ کیفیت هوای شهر ایلام در کل روزهای نمونه برداری بر اساس AQI از نظر PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و ذرات معلق هوا طبقه بندی شده است. نتایج آماری پارامترهای هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد در طول مدت مطالعه ۱۳۹۲ در جدول شماره ۵ آمده است. میانگین دما در این مدت ۱۸/۴۹، حداکثر میانگین روزانه ۳۱ و حداقل میانگین روزانه ۱- درجه سانتی گراد بود. حداکثر و حداقل دمای رخ داده در طول دوره مطالعه به ترتیب ۴۱ در تیر و ۵- در بهمن ۱۳۹۲ درجه سانتی گراد بود. میانگین، حداکثر و حداقل رطوبت نسبی در این مدت به ترتیب ۳۸/۶، ۹۸ و ۱۵/۵ درصد بود. هم چنین متوسط سرعت باد در شهر ایلام ۳/۲ متر بر ثانیه بوده است. روند تغییرات پارامترهای درجه حرارت، سرعت باد و رطوبت نسبی در طول دوره مطالعه در نمودار شماره ۸ نشان داده شده است. ارتباط بین میانگین غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> با عوامل جوی دما، رطوبت و سرعت باد در طول دوره نمونه برداری در جدول شماره ۶ آمده است.

در نمودار شماره ۹ به ترتیب گلباد جهت و کلاس سرعت کل باد وزیده شده (الف) و گلباد جهت و کلاس بادهای

با حداکثر سرعت روزانه (ب) در طول دوره نمونه برداری نشان داده شده است. بیشترین تعداد باد ثبت شده (۲۴/۸۹ درصد) از سمت زاویه ۲۵۸-۳۲۶ درجه به طرف ایلام وزیده است و ۴۷/۲۴ درصد بادهای با سرعت ۵/۷-۸/۸ متر بر ثانیه از همین جهت وزیده است. لازم به ذکر است که غالب توده های گرد و غبار از همین محدوده از جهت جغرافیائی وارد ایلام می شود. از ۸۳ توده گرد و غبار ضعیف و قوی ورودی به شهر ایلام ۳۹

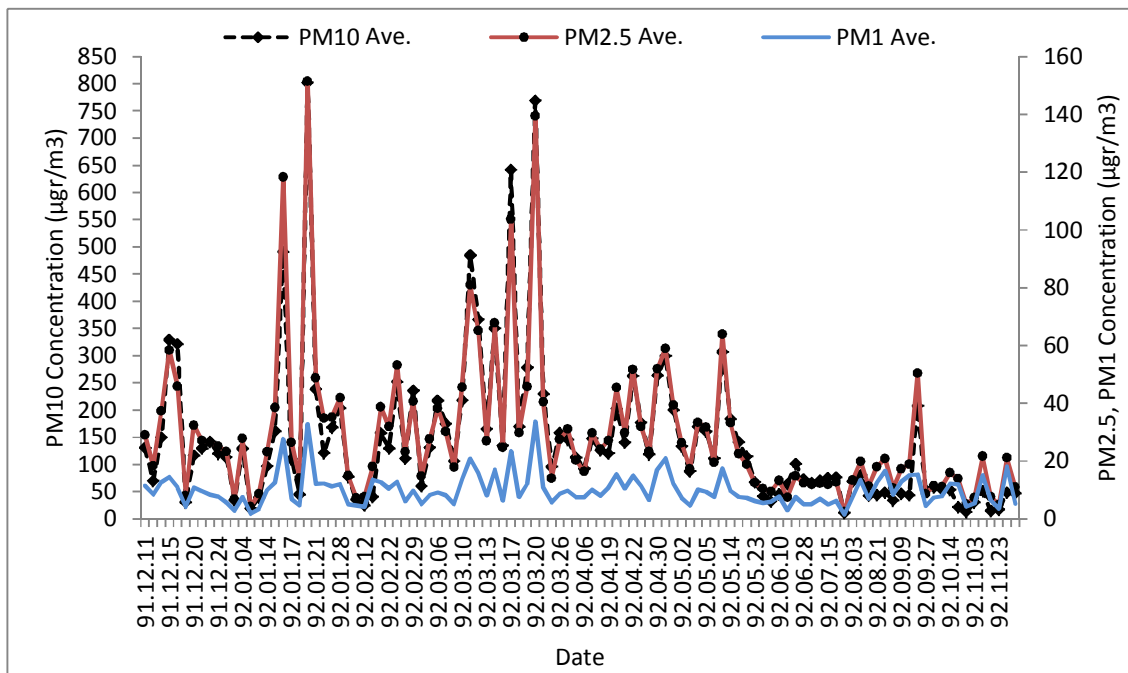
توده (۴۷ درصد) از حد فاصله جهت ۳۰۴-۳۲۶، ۳۰۴، ۲۰ بار (۲۳/۷ درصد) از حد فاصله زاویه ۲۸۱-۳۰۴، ۲۰ بار (۱/۲۴ درصد) از حد فاصله زاویه ۲۸۱-۲۵۹، ۱۶ بار (۶/۱۹ درصد) از حد فاصله زاویه ۲۵۹-۲۱۴ درجه، وارد ایلام شده اند. گلباد جهت ورود طوفان های گرد و غبار به شهر ایلام در طول دوره نمونه برداری در نمودار شماره ۱۰ دیده می شود.



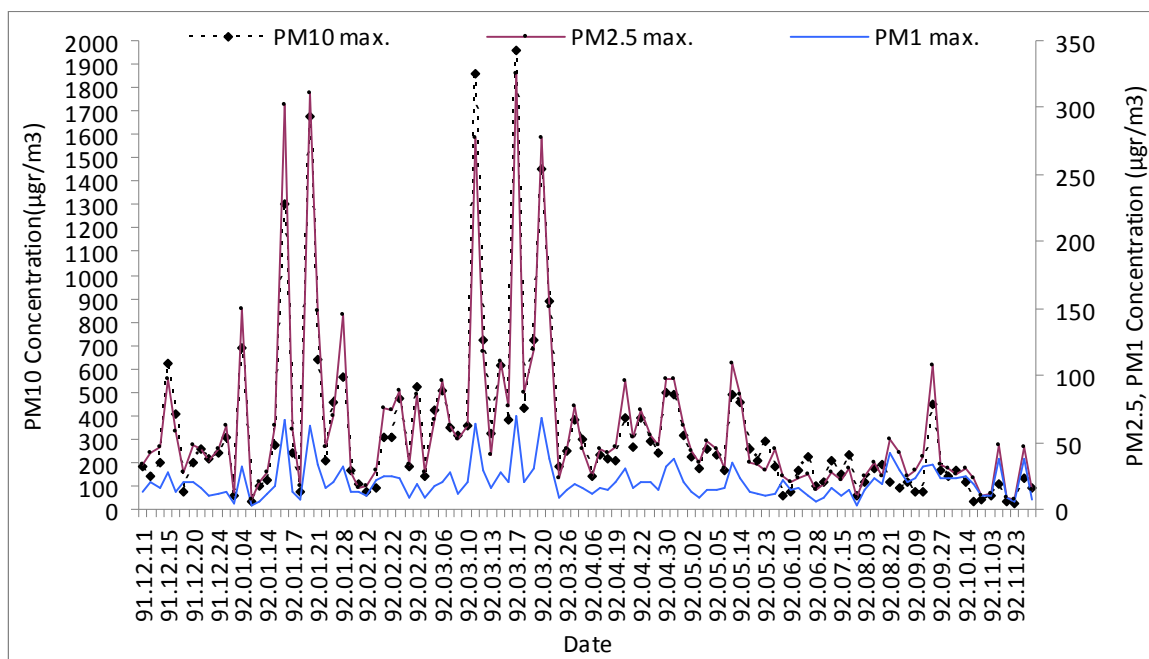
شکل شماره ۱. موقعیت شهر ایلام و محل نمونه برداری

جدول شماره ۱. نتایج آماری غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  در ماه های مختلف دوره نمونه برداری (سال ۹۲-۱۳۹۱) در شهر ایلام بر حسب میکروگرم در متر مکعب

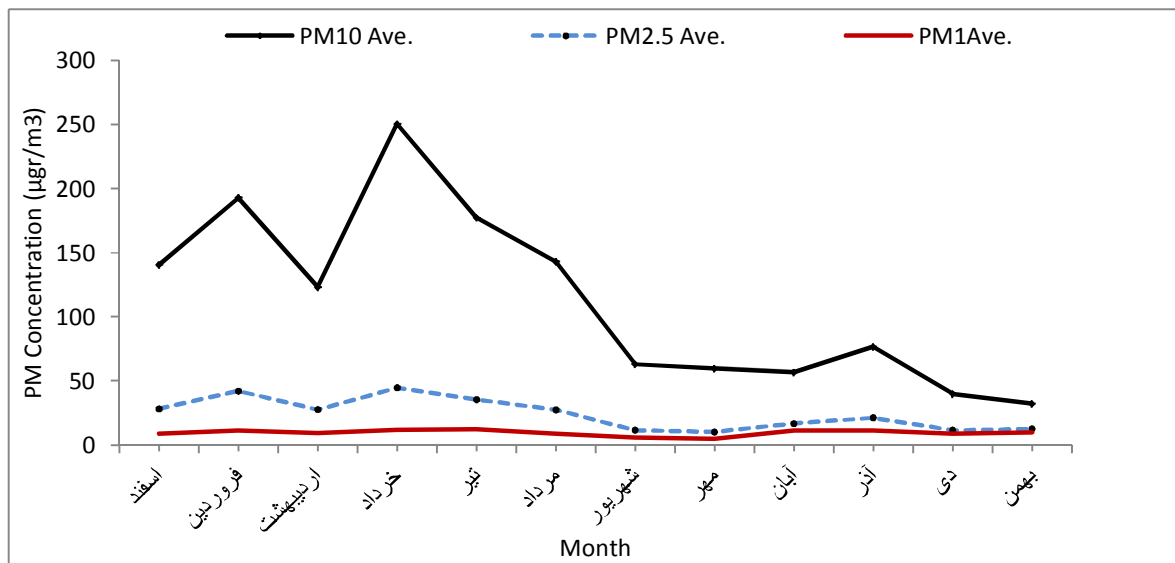
ماه ها	تعداد روزهای نمونه	میانگین			حداکثر			حدافل			میانه			انحراف معیار		
		$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_1$	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_1$	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_1$	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_1$	$PM_{10}$	$PM_{2.5}$	$PM_1$
اسفند	۱۲	۱۴۰/۴	۲۸/۲	۸/۹	۳۲۸/۷	۵۸/۳	۱۴/۵	۳۰/۱	۶/۷	۲/۸	۱۲۴/۸	۲۶/۸	۹/۰	۹۴/۷	۱۴/۵	۳/۵
فروردین	۱۴	۱۹۲/۸	۴۲/۰	۱۱/۴	۸۰۲/۰	۱۵۱/۴	۳۲/۷	۱۹/۴	۴/۲	۱/۷	۱۲۴/۷	۳۱/۴	۱۰/۶	۲۱۰/۹	۴۱/۹	۸/۸
اردیبهشت	۸	۱۲۳/۱	۲۷/۶	۹/۳	۲۵۱/۴	۵۳/۱	۱۳/۶	۲۴/۵	۷/۲	۴/۳	۱۲۰/۴	۲۷/۶	۱۰/۲	۸۸/۵	۱۶/۴	۲/۸
خرداد	۲۰	۲۵۰/۳	۴۴/۶	۱۱/۸	۷۶۸/۶	۱۳۹/۵	۳۳/۷	۶۰/۳	۱۴/۰	۵/۱	۱۷۲/۰	۳۰/۷	۸/۹	۱۸۷/۸	۳۲/۳	۷/۳
تیر	۱۱	۱۷۷/۲	۳۵/۵	۱۲/۱	۲۹۹/۰	۵۸/۹	۲۰/۹	۹۲/۲	۱۶/۳	۶/۵	۱۴۷/۴	۲۹/۸	۱۰/۷	۲۰/۰	۱۴/۱	۴/۵
مرداد	۱۲	۱۴۳/۰	۲۷/۴	۸/۷	۳۰۶/۳	۶۳/۹	۱۷/۴	۴۱/۸	۱۰/۴	۴/۶	۱۳۷/۲	۲۴/۴	۷/۶	۶۹/۷	۱۴/۶	۳/۵
شهریور	۵	۶۲/۹	۱۱/۵	۵/۹	۱۰۰/۹	۱۴/۹	۷/۸	۳۱/۹	۷/۵	۳/۰	۶۳/۵	۱۲/۳	۵/۹	۲۶/۵	۲/۰	۲/۰
مهر	۵	۵۹/۶	۱۰/۲	۴/۹	۷۶/۲	۱۲/۷	۶/۹	۱۰/۶	۲/۴	۱/۴	۷۰/۴	۱۱/۹	۵/۱	۲۷/۷	۴/۴	۲/۱
آبان	۵	۵۶/۶	۱۶/۷	۱۱/۴	۸۰/۰	۲۰/۸	۱۶/۷	۴۲/۰	۱۱/۳	۷/۰	۴۷/۷	۱۸/۰	۱۲/۵	۱۶/۹	۴/۱	۴/۱
آذر	۵	۷۶/۶	۲۱/۲	۱۱/۲	۲۰۷/۲	۵۰/۳	۱۵/۳	۳۳/۷	۸/۶	۴/۵	۴۶/۴	۱۷/۳	۱۲/۹	۷۳/۳	۱۶/۹	۴/۷
دی	۵	۳۹/۸	۱۱/۵	۸/۷	۵۷/۹	۱۲/۲	۱۲/۲	۱۲/۲	۵/۰	۴/۲	۵۳/۳	۱۱/۵	۷/۷	۲۱/۲	۴/۱	۳/۴
بهمن	۵	۳۳/۱	۱۲/۵	۹/۷	۵۱/۲	۲۱/۶	۱۸/۱	۱۴/۵	۴/۸	۳/۵	۳۰/۱	۱۲/۵	۶/۵	۱۷/۱	۸/۲	۶/۵
دوره مطالعه	۱۰۷	۱۴۶/۵	۲۹/۷	۱۰/۰	۸۰۲/۰	۱۵۱/۴	۳۳/۷	۱۰/۶	۲/۴	۱/۴	۱۱۶/۲	۲۳/۳	۸/۴	۱۳۹/۳	۲۵/۳	۵/۷



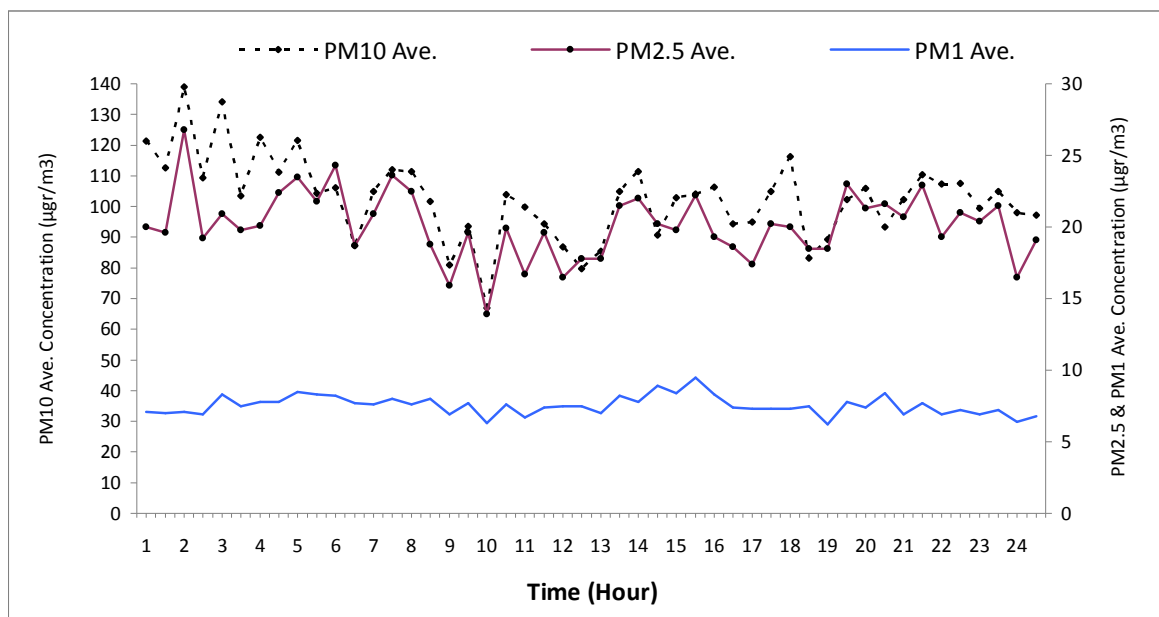
نمودار شماره ۱. روند تغییرات میانگین غلظت ذرات  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  در دوره یک ساله (۹۲-۹۱) شهر ایلام



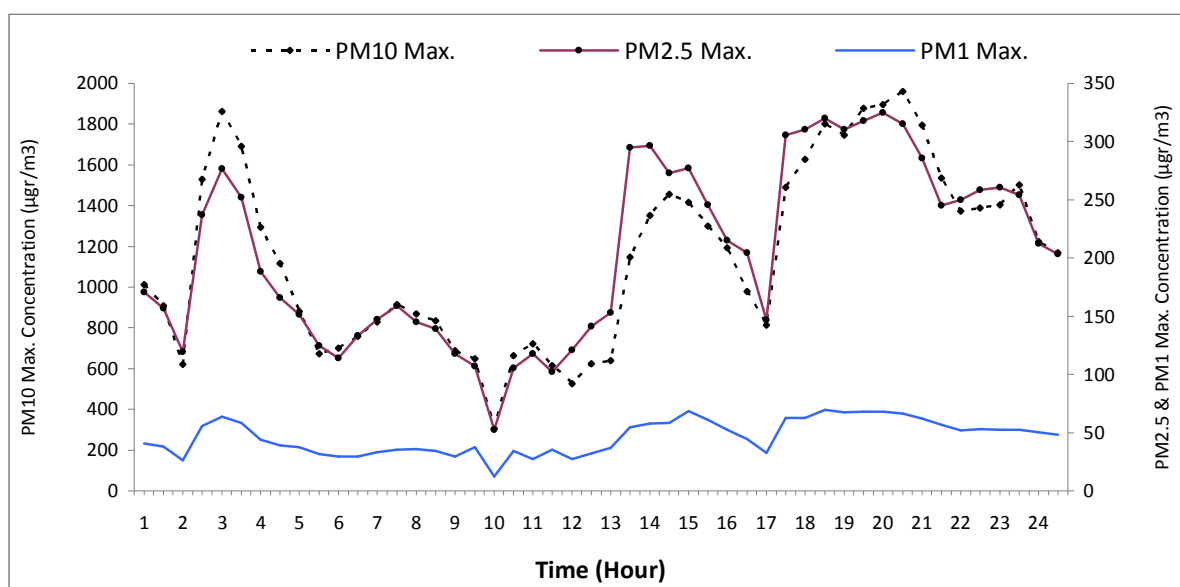
نمودار شماره ۲. روند تغییرات حداکثر غلظت ذرات  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  در دوره یک ساله (۹۲-۹۱) شهر ایلام



نمودار شماره ۳. روند تغییرات میانگین غلظت ماهیانه ذرات  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  در دوره یک ساله (۹۲-۱۳۹۱) شهر ایلام



نمودار شماره ۴. روند تغییرات ساعتی میانگین غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$ ،  $PM_1$  در شبانه روز در طول دوره یک ساله (۹۲-۱۳۹۱) شهر ایلام



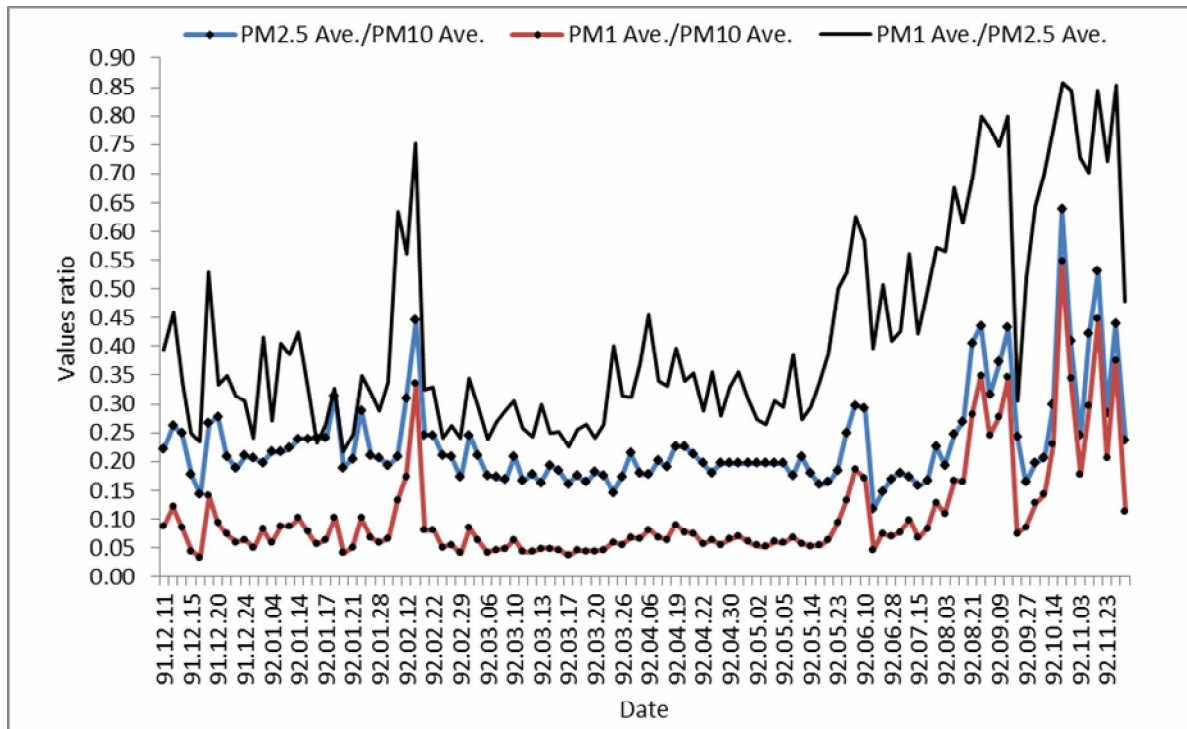
نمودار شماره ۵. روند تغییرات ساعتی میانگین حداکثر غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub>، PM<sub>1</sub> در شبانه روز در طول دوره یک ساله (۹۲-۱۳۹۱) شهر ایلام



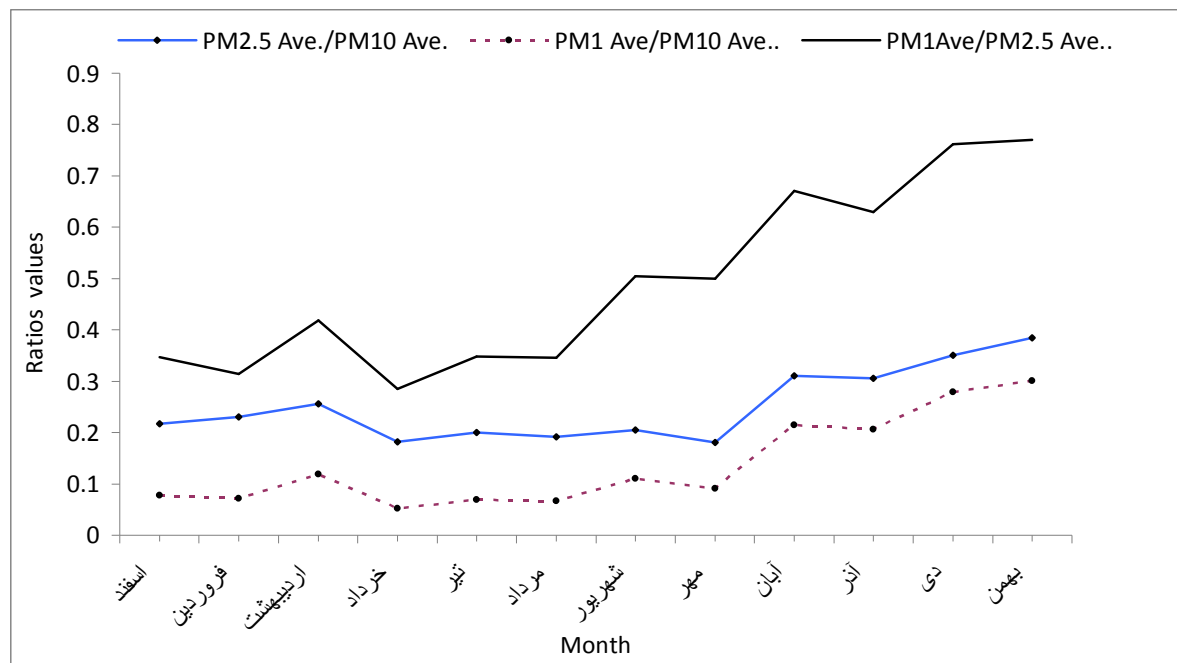
جدول شماره ۲. نتایج آماری مقادیر نسبت های میانگین ماهانه  $PM_{10}/PM_{2.5}$ ،  $PM_{10}/PM_1$  و  $PM_{2.5}/PM_{10}$  در ماه های مختلف دوره نمونه برداری (۹۲-۱۳۹۱) شهر ایلام

ماهها	تعداد روزهای نمونه برداری	میانگین			حداقل			حداکثر			انحراف معیار		
		$PM_{10}/PM_{2.5}$	$PM_{10}/PM_1$	$PM_{2.5}/PM_{10}$	$PM_{10}/PM_{2.5}$	$PM_{10}/PM_1$	$PM_{2.5}/PM_{10}$	$PM_{10}/PM_{2.5}$	$PM_{10}/PM_1$	$PM_{2.5}/PM_{10}$	$PM_{10}/PM_{2.5}$	$PM_{10}/PM_1$	$PM_{2.5}/PM_{10}$
اسفند	۱۲	-/۲۱۷	-/۰۷۸	-/۳۴۷	-/۲۸	-/۱۴	-/۵۳	-/۲۴	-/۰۳	-/۱۴	-/۰۴	-/۰۳۱	-/۰۹
فروردین	۱۴	-/۲۳۰	-/۰۷۲	-/۳۱۴	-/۳۱	-/۱۰	-/۴۲	-/۲۲	-/۰۴	-/۱۹	-/۰۳۵	-/۰۲	-/۰۶۴
اردیبهشت	۸	-/۲۵۶	-/۱۱۹	-/۴۱۸	-/۴۵	-/۳۴	-/۷۵	-/۲۴	-/۰۴	-/۱۷	-/۰۸۹	-/۱	-/۲۰۱
خرداد	۲۰	-/۱۸۲	-/۰۵۲	-/۲۸۵	-/۲۵	-/۰۸	-/۴	-/۲۲	-/۰۴	-/۱۵	-/۰۲۳	-/۰۱۲	-/۰۴۶
تیر	۱۱	۰/۲	-/۰۶۹	-/۳۴۸	-/۲۳	-/۰۹	-/۴۶	-/۲۸	-/۰۵	-/۱۸	-/۰۱۶	-/۰۱	-/۰۴۸
مرداد	۱۲	-/۱۹۲	-/۰۶۷	-/۳۴۶	-/۲۵	-/۱۳	-/۵۳	-/۲۶	-/۰۵	-/۱۶	-/۰۲۳	-/۰۲۳	-/۰۸۸
شهریور	۵	-/۲۰۵	-/۱۱	-/۵۰۵	-/۳	-/۱۹	-/۶۲	-/۴	-/۰۵	-/۱۲	-/۰۸۵	-/۰۶۴	-/۱۰۲
مهر	۵	-/۱۸۱	-/۰۹۱	-/۵	-/۲۳	-/۱۳	-/۵۹	-/۴۲	-/۰۷	-/۱۶	-/۰۲۶	-/۰۲۵	-/۰۷۵
آبان	۵	-/۳۱۱	-/۲۱۵	-/۶۷۱	-/۴۴	-/۳۵	-/۱۸	-/۵۷	-/۱۱	-/۱۹	-/۱۰۵	-/۰۹۸	-/۰۸۹
آذر	۵	-/۳۰۶	-/۲۰۶	-/۶۳	-/۴۳	-/۳۵	-/۱۸	-/۳	-/۰۷	-/۱۶	-/۱۰۶	-/۱۲۱	-/۲۱۳
دی	۵	-/۳۵۰	-/۲۷۹	-/۷۶۲	-/۶۴	-/۵۵	-/۸۶	-/۶۴	-/۱۳	-/۲	-/۱۸۳	-/۱۷۴	-/۰۹۲
بهمن	۵	-/۳۸۴	-/۳۰۱	-/۷۷	-/۵۳	-/۴۵	-/۸۵	-/۷	-/۱۸	-/۲۴	-/۱۱۷	-/۱۱۳	-/۰۷۴
دوره مطالعه	۱۰۷	-/۲۳۱	-/۱۰۸	-/۴۱۸	-/۶۴	-/۵۵	-/۸۶	-/۲۲	-/۰۳	-/۱۲	-/۰۸۵	-/۰۹۵	-/۱۸

ارزیابی غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>1</sub> طی طوفان های گرد و غبار در شهر ایلام سال ۹۲-۹۱-امجد چندی جعفری و همکاران



نمودار شماره ۶. روند نسبت مقادیر PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>، PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> و PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub> برای میانگین روزانه دوره یک ساله در شهر ایلام



نمودار شماره ۷. روند تغییرات میانگین ماهانه نسبت PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>، PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> و PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub> دوره یک ساله (۹۲-۱۳۹۱) در شهر ایلام

جدول شماره ۳. فراوانی روزهای با ذرات معلق بیشتر از حد استاندارد در کل دوره یک ساله نمونه برداری (۹۲-۱۳۹۱) در شهر ایلام

تعداد روزهای با $PM_{2.5}$ بالاتر از حد استاندارد				تعداد روزهای با $PM_{10}$ بالاتر از حد استاندارد				تعداد روزهای نمونه برداری	ماه ها
استاندارد هوای پاک		استاندارد کیفیت هوای آزاد (NAAQS)		استاندارد هوای پاک		استاندارد کیفیت هوای آزاد (NAAQS)			
درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی		
۶۶/۷	۸	۲۵	۳	۸۳/۳	۱۰	۱۶/۷	۲	۱۲	اسفند
۶۴/۳	۹	۴۲/۹	۶	۷۸/۶	۱۱	۴۲/۹	۶	۱۴	فروردین
۵۰	۴	۳۷/۵	۳	۶۲/۵	۵	۳۷/۵	۳	۸	اردیبهشت
۷۵	۱۵	۴۵	۹	۱۰۰	۲۰	۶۵	۱۳	۲۰	خرداد
۷۲/۷	۸	۳۶/۴	۴	۱۰۰	۱۱	۴۵/۵	۵	۱۱	تیر
۵۰	۶	۴۰	۲	۹۱/۷	۱۱	۴۱/۷	۵	۱۲	مرداد
-	-	-	-	۶۰	۳	-	-	۵	شهریور
-	-	-	-	۸۰	۴	-	-	۵	مهر
-	-	-	-	۴۰	۲	-	-	۵	آبان
۲۰	۱	۲۰	۱	۴۰	۲	۲۰	۱	۵	آذر
-	-	-	-	۶۰	۳	-	-	۵	دی
-	-	-	-	۲۰	۱	-	-	۵	بهمن
۴۷/۷	۵۱	۲۶/۲	۲۸	۷۷/۶	۸۳	۳۲/۷	۳۵	۱۰۷	دوره مطالعه

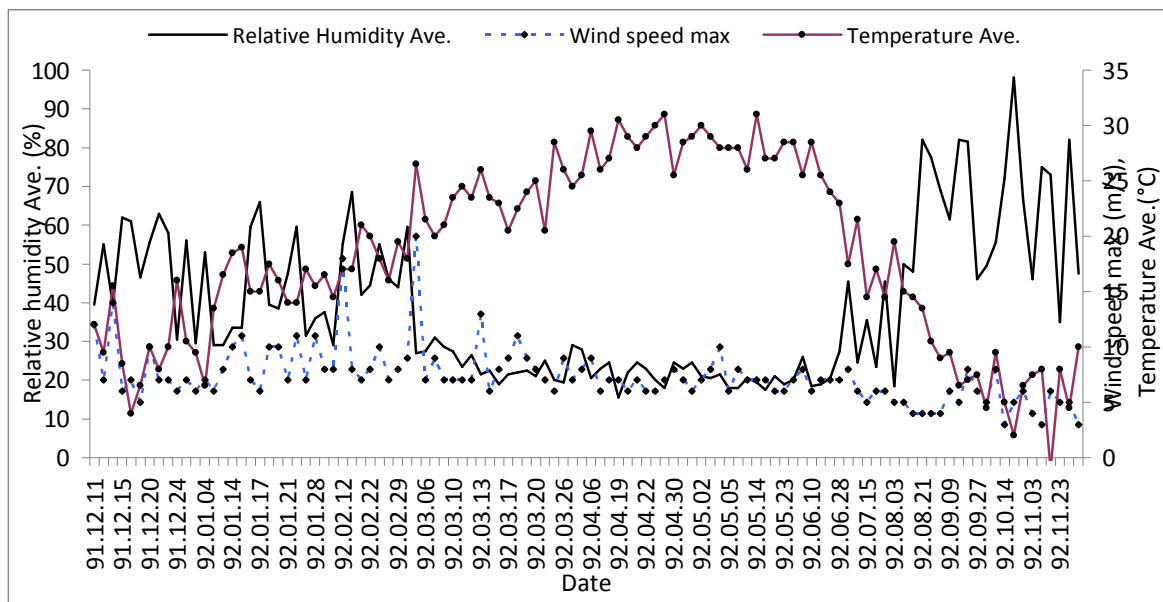
جدول شماره ۴. طبقه بندی کیفیت هوا در شهر ایلام در دوره یک ساله نمونه برداری (۹۲-۱۳۹۱) بر اساس  $PM_{2.5}$ ،  $PM_{10}$  و ذرات معلق

ذرات معلق		$PM_{2.5}$		$PM_{10}$		AQI	طبقه بندی کیفیت هوا
درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی		
۱۸/۷	۲۰	۳۰/۸	۳۳	۲۶/۲	۲۸	۰-۵۰	خوب
۴۸/۶	۵۲	۴۳	۴۶	۴۱/۱	۴۴	۵۱-۱۰۰	متوسط
۱۹/۶	۲۱	۲۰/۶	۲۲	۱۹/۶	۲۱	۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای گروه های حساس
۷/۵	۸	۴/۷	۵	۷/۵	۸	۱۵۱-۲۰۰	ناسالم
۰/۹	۱	۰/۹	۱	۰/۹	۱	۲۰۱-۳۰۰	خیلی ناسالم
۴/۷	۵	-	-	۴/۷	۵	۳۰۱-۵۰۰	خطرناک

ارزیابی غلظت PM10، PM2/5 و PM1 طی طوفان های گرد و غبار در شهر ایلام سال ۹۲-۹۱-اممد چنیدی جعفری و همکاران

جدول شماره ۵. نتایج آماری مقادیر دما، رطوبت نسبی و سرعت باد در طول دوره یک ساله نمونه برداری (۹۲-۱۳۹۱)

ماه	میانگین			حداکثر			حداقل			میان			انحراف معیار		
	دما (°C)	رطوبت (%)	سرعت باد (km/h)	دما (°C)	رطوبت (%)	سرعت باد (km/h)	دما (°C)	رطوبت (%)	سرعت باد (km/h)	دما (°C)	رطوبت (%)	سرعت باد (km/h)	دما (°C)	رطوبت (%)	سرعت باد (km/h)
اسفند	۱۰	۴۹/۶۷	۱۲/۳۲	۱۶	۶۳	۲۴	۴	۲۹/۵	۳/۶	۹/۷۵	۵۵/۲۵	۱۰/۸	۳/۳۸	۱۲/۱۴	۵/۲۶
فروردین	۱۵/۳۲	۴۲/۳۹	۱۳/۱۲	۱۹	۶۶	۲۲/۸	۶/۵	۲۹	۲/۴	۱۵/۷۵	۳۸	۱۴/۴	۳/۰۳	۱۲/۴۲	۴/۱۷
اردیبهشت	۱۷/۸۸	۴۸	۱۳/۱۲	۲۱	۶۸/۵	۲۸/۸	۱۴/۵	۲۹	۴/۸	۱۷/۵	۴۵/۲۵	۱۲	۲/۱۸	۱۱/۶۳	۵/۱۶
خرداد	۲۳/۴	۲۶/۱۳	۱۴/۲۸	۲۸/۵	۵۹/۵	۲۲/۸	۱۸	۱۹	۷/۲	۲۳/۵	۲۴/۲۵	۱۴/۴	۲/۵۸	۸/۶۲	۳/۴۸
تیر	۲۸/۵۵	۲۱/۶۸	۱۳/۹۷	۳۱	۲۴/۵	۲۴	۲۵/۵	۱۵/۵	۷/۲	۲۹	۲۳	۱۳/۲	۱/۷۸	۲/۹۲	۳/۲۹
مرداد	۲۸/۳۳	۲۰/۰۸	۱۳/۹۴	۳۱	۲۴/۵	۲۱/۶	۲۶	۱۷/۵	۷/۲	۲۸/۲۵	۲۰/۲۵	۱۳/۲	۱/۳۵	۱/۹۲	۳/۲۴
شهریور	۲۵/۳	۲۲/۳	۱۳/۰۵	۲۸/۵	۱۸/۵	۱۹/۲	۲۳	۱۸/۵	۷/۲	۲۵/۵	۲۰/۵	۱۳/۲	۲/۰۸	۴/۱۶	۲/۷۱
مهر	۱۷	۳۴/۹	۱۰/۸۴	۲۱/۵	۴۵/۵	۲۰/۴	۱۴/۵	۲۳/۵	۴/۸	۱۷	۳۵/۵	۱۰/۸	۲/۸۷	۱۰/۷۶	۳/۵۴
آبان	۱۴/۶	۵۵/۲	۸/۲۸	۱۹/۵	۸۲	۲۸/۸	۱۰/۵	۱۸/۵	۰	۱۴/۵	۵۰	۷/۲	۳/۲۵	۲۵/۷	۵/۰۶
آذر	۷/۹	۶۸	۷/۹۲	۹/۵	۸۲	۱۵/۶	۶/۵	۴۶	۰	۷/۵	۶۹	۷/۸	۱/۲۹	۱۵/۰۵	۳/۷۲
دی	۵/۵	۶۸/۳	۷/۶	۹/۵	۹۸	۱۴/۴	۲	۴۹/۵	۲/۴	۵	۶۶/۵	۷/۲	۲/۷۶	۱۸/۸۲	۳/۴۹
بهمن	۵/۴	۶۲/۲	۹/۲	۸	۸۲	۱۹/۲	-۱	۳۵	۰	۷/۵	۷۳	۸/۴	۳/۸۶	۲۰/۴۶	۴/۴



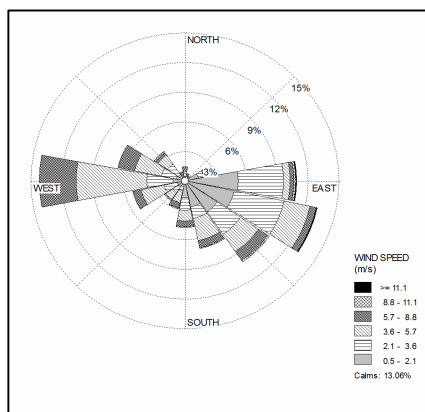
نمودار شماره ۸. روند تغییرات پارامترهای رطوبت نسبی، سرعت باد و دما در روزهای نمونه برداری (۹۲-۱۳۹۱) شهر ایلام

جدول شماره ۶. ارتباط بین میانگین غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2/5}$  و  $PM_1$  با عوامل جوی دما، رطوبت و سرعت باد در طول دوره نمونه برداری (۹۲-۱۳۹۱) شهر ایلام

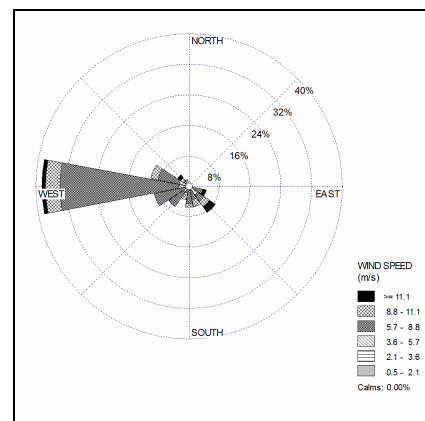
$PM_1$		$PM_{2/5}$		$PM_{10}$		سرعت باد		رطوبت		دما		پارامترها
R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	R	p	
-/۰۸۲۲**	۰/۰۰۰	-/۰۹۷۷**	۰/۰۰۰	۱	-	-/۰۱۷۳	-/۰۰۷۵	-۰/۲۳۱*	-/۰۰۱۶	-/۰۲۴۰*	-/۰۰۱۳	$PM_{10}$
-/۰۸۹۳**	۰/۰۰۰	۱	-	-/۰۹۷۷**	۰/۰۰۰	-/۰۱۶۷	-/۰۰۸۵	-۰/۱۲۱	-/۰۲۱۴	-/۰۱۸۲	-/۰۰۶۱	$PM_{2/5}$
۱	-	-/۰۸۹۳**	۰/۰۰۰	-/۰۸۲۲**	۰/۰۰۰	-/۰۰۱۹	-/۰۸۴۴	-/۰۱۱۱	-/۰۲۵۷	-/۰۰۴۹	-/۰۰۶۶	$PM_1$

\* همبستگی در  $p < 0.05$  معنی دار است

\*\* همبستگی در  $p < 0.01$  معنی دار است

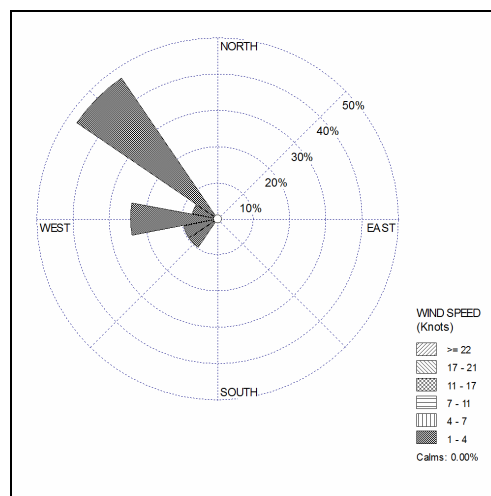


الف



ب

نمودار شماره ۹. گلباد جهت و کلاس سرعت کل بادهای وزیده شده (الف) و گلباد جهت و کلاس حداکثر سرعت روزانه باد (ب) در طول دوره نمونه برداری در ایلام سال ۹۲-۱۳۹۱



نمودار شماره ۱۰. گلباد جهت ورود طوفان های گرد و غبار به شهر ایلام در طول دوره نمونه برداری سال ۹۲-۱۳۹۱

### بحث و نتیجه گیری

میانگین و انحراف معیار غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در طول دوره نمونه برداری به ترتیب ۱۳۹/۳±۱۴۶/۶، ۲۹/۷±۲۵/۳ و ۱۰±۵/۷ و حداکثر غلظت ساعتی PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> به ترتیب ۱۹۵۸/۹، ۳۲۵ و ۶۹/۸ میکروگرم بر متر مکعب در خردادماه بود. در مطالعه مشابهی که توسط شاهشونی و همکاران در اهواز در فروردین تا مهر سال ۱۳۸۹ انجام شد، میانگین و انحراف معیار غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در کل دوره مطالعه به ترتیب ۳۱۹/۶±۴۰۷/۰۷، ۶۹/۵±۸۳/۲ و ۳۷/۰۲±۳۴/۹ و حداکثر غلظت ساعتی اتفاق افتاده PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub>، PM<sub>1</sub> در کل دوره مطالعه به ترتیب ۵۳۳۷/۶، ۹۱۰/۹ و ۴۹۵/۳ میکروگرم بر متر مکعب در خردادماه بود، (۲۶)، که با مطالعه ما تطابق دارد. در مطالعه دیگری که توسط گودرزی و همکاران در شهر اهواز، از آبان سال ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۱ انجام دادند، میانگین و انحراف معیار غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در کل دوره مطالعه به ترتیب ۵۹۸/۹±۷۷۵/۳، ۱۱۴/۹±۱۲۹/۵ و ۳۴/۵±۲۵/۳ و حداکثر غلظت ساعتی اتفاق افتاده PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در کل دوره مطالعه به ترتیب ۴۷۳۰/۱، ۷۷۴/۴ و ۱۶۴/۲ میکروگرم بر متر مکعب در بهمن ماه بود، (۲۸)، به نظر می رسد یکی از علل اختلاف غلظت ذرات معلق در مطالعه حاضر و دو مطالعه انجام شده در شهر اهواز علاوه بر اختلاف در شرایط جغرافیائی، شرایط جوی، فاصله از کانون های گرد و غبار و غیره، می تواند دوره زمانی سنجش ذرات باشد که در مطالعه حاضر در یک سال کامل و در دو مطالعه انجام شده در شهر اهواز در دوره زمانی محدودی از سال انجام شده است، که اغلب طوفان های گرد و غبار در آن دوره زمانی اتفاق می افتند. از جمله مطالعات دیگر که در خصوص وقایع گرد و غبار در منطقه انجام شده است، مطالعه ای است که توسط Draxler, R.R. و همکاران در کویت، عراق و عربستان که از منابع عمده وقایع گرد و خاک در منطقه خاورمیانه از جمله جنوب غرب و غرب ایران محسوب می شوند، انجام شده است. در این مطالعه غلظت PM<sub>10</sub> بیشتر از ۳۰۰۰ μg/m<sup>3</sup> ثبت شده است، (۲۵). در مطالعه ای که Engelbrecht, J. و همکاران در قطر با جمع آوری ۶۰ نمونه در طول مدت یک سال (۲۰۰۷-۲۰۰۶) انجام دادند، نشان داد میانگین غلظت

کل ذرات معلق ۲۸۲ μgr/m<sup>3</sup> و غلظت PM<sub>10</sub> و PM<sub>2/5</sub> به ترتیب ۱۶۵ و ۶۷ میکروگرم بر متر مکعب بود، (۱). در مطالعه دیگری که Zhao و همکاران (۲۰۱۱) در چین انجام دادند غلظت PM<sub>10</sub> و PM<sub>2/5</sub> را قبل، در هنگام و بعد از رخ دادن طوفان گرد و غبار از ۲۰ تا ۲۴ مارس ۲۰۱۰، مورد بررسی قرار دادند. میانگین غلظت PM<sub>10</sub> و PM<sub>2/5</sub> در طی این مدت به ترتیب ۳۲۲±۲۳۷/۴ و ۱۴۱/۵±۱۰۸/۸ میکروگرم بر متر مکعب بود، در حالی که غلظت روزانه PM<sub>10</sub> در روزهای عادی ۸۰ μg/m<sup>3</sup> بود، (۳۳). نتایج مطالعه Meng و همکاران در سال ۲۰۰۷ بر روی گرد و غبار آسبائی نشان می دهد که در زمان رخ دادن طوفان های گرد و غبار در سال ۲۰۰۰ غلظت PM<sub>10</sub> و PM<sub>2/5</sub> به ترتیب به بیش از ۱۵۰۰ و ۲۳۰ میکروگرم بر متر مکعب رسیده است. غلظت PM<sub>10</sub> در روزهای گرد و غباری نسبت به روزهای عادی بیش از ۱۰-۵ برابر افزایش یافته است، (۳۴). در مطالعه حاضر نیز نتایج آزمون ناپارامتری من ویتنی نشان می دهد که غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در کل دوره مطالعه، تحت تاثیر پدیده طوفان های گرد و غبار در روزهای گرد و غباری و عادی اختلاف معنی داری را دارند. (P<0.05)

نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که میانگین و حداکثر غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در خردادماه بیشترین مقادیر را داشته اند. در مطالعه انجام شده توسط شاهشونی و همکاران در شهر اهواز، بالاترین میانگین و حداکثر غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در ماه های خرداد و تیر گزارش شده است، که با مطالعه حاضر مطابقت دارد، (۲۶). هم چنین این یافته ها با نتایج حاصل از مطالعه Draxler و همکاران (۲۰۰۱) نیز هم خوانی دارند. در این مطالعه حداکثر غلظت PM<sub>10</sub> در کویت، عراق و عربستان سعودی در ماه های اردیبهشت و خرداد گزارش شده است، (۲۵)، بر این اساس به نظر می رسد بیشترین وقایع گرد و غبار در خاور میانه در اواخر بهار و اوایل تابستان رخ می دهند. در مطالعه انجام شده توسط گودرزی و همکاران در اهواز بالاترین میانگین و حداکثر غلظت PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> در اسفندماه گزارش شده است، (۲۸)، که با نتایج مطالعه ما هم خوانی ندارد. علت این عدم هم خوانی محدودیت زمانی مطالعه گودرزی و همکاران می باشد. بر اساس نتایج حاصل از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس

همکاران (۹۲-۱۳۹۱)، (۲۸)، انجام شده است. میانگین نسبت های  $PM_{2.5}/PM_{10}$ ،  $PM_1/PM_{10}$  و  $PM_1/PM_{2.5}$  در این دو مطالعه به ترتیب  $۰/۱۱$ ،  $۰/۲۲$ ،  $۰/۵۱$  و  $۰/۲۵۷$ ،  $۰/۱۳۴$ ،  $۰/۴۵۱$  بود.

مطالعه chen و همکاران در سال ۲۰۰۴ در خصوص گرد و غبار آسیائی نشان داد که میانگین نسبت  $PM_{2.5}/PM_{10}$  در روزهای عادی  $۰/۷-۰/۶$  و در روزهای گرد و غباری به کمتر از ۴۵ درصد کاهش می یابد. علت آن را افزایش ذرات درشت ( $MP_{2.5-10}$ ) در روزهای گرد و غباری اعلام کرده اند، (۳۸). نتایج مطالعه وانگ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دهنده افزایش ذرات بزرگ تر از  $۲/۵$  میکرومتر در گرد و غبار منتقله است، (۳۹). در مطالعه دیگری که در تایوان انجام شد میانگین نسبت  $PM_{2.5}/PM_{10}$  در روزهای عادی  $۰/۶$  و در روزهای وقوع گرد و غبار  $۰/۵$  بود. (۴۰)

میانگین نسبت  $PM_{2.5}/PM_{10}$  به دست آمده در این مطالعه نسبت به مقادیر حاصل از برخی از مطالعات انجام شده دیگر کمتر است. برای مثال He و همکاران (۲۰۰۱) میانگین نسبت  $PM_{2.5}/PM_{10}$  را در دوره مطالعه ۶۴ درصد گزارش نموده اند، (۲۳). دلیل این اختلاف می تواند تفاوت در منشأ گرد و غبار شامل طوفان های گرد و غبار و منابع انسان ساز باشد که معمولاً در منابع طبیعی گرد و غبار این نسب کمتر است، (۲۶)، و یا مواد و اندازه ذرات تشکیل دهنده پوسته زمین در منابع تولید و شرایط جوی، (۳۷) باشد. یکی دیگر از دلایل این اختلاف ها مدت زمان و مطالعه در فصول مختلف است که غالباً در فصول بدون گرد و غبار این نسبت ها مقادیر بیشتری را نشان می دهد و از طرفی در فصول سرد سال منابع غیر طبیعی ذرات معلق ریز بیشتری تولید می کنند که منجر به افزایش این نسبت ها می شود. (۲۶)

با توجه به نتایج آزمون ناپارامتری من ویتنی میانگین نسبت های  $PM_{2.5}/PM_{10}$ ،  $PM_1/PM_{10}$ ،  $PM_1/PM_{2.5}$  در روزهای عادی و گرد و غباری اختلاف معنی داری دارند. ( $P < 0.05$ ) هم چنین بر اساس نتایج حاصل از آزمون کروسکال والیس میانگین نسبت های  $PM_{2.5}/PM_{10}$ ،  $PM_1/PM_{10}$ ،  $PM_1/PM_{2.5}$  اندازه گیری شده در کل روزهای نمونه برداری در ماه ها و فصول مختلف سال دارای اختلاف معنی داری بودند. ( $P < 0.05$ )

در طول دوره یک ساله طرح در شهر ایلام ۳۵ روز با غلظت  $PM_{10}$  بیشتر از  $۱۵۰ \mu g/m^3$  اتفاق افتاده است که

غلظت  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در ماه ها و فصول مختلف سال تفاوت معنی داری دارند، اما این اختلاف برای غلظت  $PM_1$  معنی دار نیست.

تغییرات ساعتی میانگین حداکثر غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  در شبانه روز، در طول دوره نمونه برداری در شهر ایلام سه نقطه اوج در ساعات ۳، ۱۵-۱۳ و ۲۱-۱۸ را نشان می دهد. شامسونی و همکاران در مطالعه انجام شده در شهر اهواز نیز گزارش نمودند که روند تغییرات میانگین غلظت  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  نشان دهنده سه نقطه اوج صبح (ساعت ۱۳)، بعدازظهر (ساعت ۱۹) و در شب (ساعت ۲۲) می باشد، (۲۶)، البته با توجه به این که طوفان های گرد و غبار ورودی به ایلام عمدتاً منشأ خارجی دارند، بنا بر این زمان های وقوع حداکثر غلظت ذرات معلق تابع شرایط و ناپایداری های جوی در منابع و چشمه های تولید گرد و غبار که عمدتاً در کشور عراق و سوریه هستند، می باشد. وقوع غلظت های بالای ذرات معلق در بعدازظهر را می توان ناشی از شرایط جوی ناپایدار و افزایش سرعت باد در بعد از دانست. مطالعات مشابه این مطلب را تایید می نمایند. (۳۵، ۳۶)

نسبت ذرات معلق تشکیل دهنده  $PM$  به عنوان یک شاخص برای تعیین منشأ گرد و غبار (طبیعی یا انسان ساز) می تواند مورد استفاده قرار گیرد. یک نسبت  $PM_{2.5}/PM_{10}$  پایین نشان دهنده منابع طبیعی  $PM$  است که سهم بیشتری از  $PM_{10}$  را دارند، (۳۷). تغییرات نسبت  $PM_{2.5}/PM_{10}$  در این مطالعه در محدوده  $۰/۶۴-۰/۱۲$  است که از اسفند ۱۳۹۱ تا مهر ۱۳۹۲ روند نسبتاً یکنواخت و از آبان تا بهمن ۱۳۹۲ روند افزایشی را نشان می دهد. با توجه به زمان وقوع اکثر طوفان های گرد و غبار که از اسفند تا مهر واقع شده اند، می توان نتیجه گرفت که طوفان های گرد و غبار باعث افزایش ذرات  $MP_{2.5-10}$  و در نتیجه کاهش نسبت  $PM_{2.5}/PM_{10}$  می شوند. این الگو به طور مشابه برای نسبت های  $PM_1/PM_{10}$  و  $PM_1/PM_{2.5}$  نیز مشاهده می شود. میانگین نسبت های  $PM_{2.5}/PM_{10}$ ،  $PM_1/PM_{10}$  و  $PM_1/PM_{2.5}$  در روزهای عادی  $۰/۲۴۸$ ،  $۰/۱۲۶$  و  $۰/۴۶۲$  و در روزهای گرد و غباری به ترتیب  $۰/۱۹۱$ ،  $۰/۰۵۲$  و  $۰/۲۶۹$  بود. این نتایج با بسیاری از مطالعات مشابه که بر روی گرد و غبارهای با منشأ طبیعی کار کرده اند، مطابقت دارد. از جمله این مطالعات مطالعات انجام شده در اهواز است که توسط شامسونی و همکاران (۱۳۸۹)، (۲۶)، و گودرزی و

اساس این شاخص اکثر روزهای با کیفیت ناسالم هوا (۳۵ روز) از اسفند تا مردادماه اتفاق افتاده است. مطالعه لیلی و همکاران در خصوص تعیین شاخص AQI در شهر تهران نشان داد که ذرات ریز (PM<sub>2/5</sub>) به عنوان ذرات آلاینده مسئول بودند (۴۴)، اما در مطالعه حاضر ذرات درشت (PM<sub>10</sub>) به عنوان ذرات آلاینده مسئول شناخته شدند که با نتایج حاصل از مطالعه شاهسونی و همکاران (۲۶)، در اهواز مطابقت دارد. با توجه به مطالب بیان شده قبلی این هم می تواند دلیل دیگری بر سهم بیشتر ذرات درشت در طوفان های گرد و غبار با منشأ طبیعی باشد.

با توجه به نتایج آزمون ناپارامتری من ویتنی، حداکثر سرعت روزانه باد و رطوبت نسبی در روزهای عادی و گرد و غباری اختلاف معنی داری را نشان داد (P<0.05) دمای هوا در هنگام نمونه برداری در روزهای عادی و گرد و غباری تفاوت معنی داری را نشان نداد (P>0.05) که علت این امر این است که اغلب نمونه های گرفته شده در محدوده ساعت ۹ تا ۱۰ صبح بوده است. قابل توجه است که میانگین دمای روزانه اختلاف معنی داری را در روزهای عادی و گرد و غباری داشت که علت آن می تواند این باشد که غالب پدیده های گرد و غبار در فصول گرم سال اتفاق افتاده اند.

با توجه به نتایج حاصل از آزمون اسپیرمن PM<sub>10</sub> با دما همبستگی معنی دار مثبت ناچیز (P<0.05)، با رطوبت نسبی همبستگی معنی دار منفی ضعیف (P<0.05) و با سرعت باد همبستگی مثبت غیر معنی داری را داشت. هم چنین PM<sub>2/5</sub> با دما و سرعت باد همبستگی مثبت غیر معنی داری و با رطوبت نسبی همبستگی منفی غیر معنی داری را نشان می دهد. حداقل دید افقی با PM<sub>10</sub>، PM<sub>2/5</sub> و PM<sub>1</sub> همبستگی معنی دار مثبت قوی را با هم داشتند (P<0.05). این نتایج نشان دهنده این است که سرعت باد زیاد، رطوبت کم و درجه حرارت بالا شرایط مناسب برای وقوع طوفان های گرد و غبار در خرداد و تیرماه را ایجاد می کنند.

با توجه به نمودار گلباد، جهت بادهای با حداکثر سرعت روزانه غالباً غربی و شمال غربی هستند و از طرفی چون منابع اصلی طوفان های گرد و غبار از جمله عراق، سوریه، عربستان و کویت در غرب ایلام هستند، به نظر می رسد که این منابع عامل اصلی ایجاد گرد و غبار در شهرهای غربی کشور از جمله ایلام باشند. البته نتایج حاصل از این مطالعه هم این موضوع را تایید می کند با توجه به نتایج حاصل در کل ۹۶/۷ درصد از

بیشترین روزهای گرد و غباری در خردادماه (۱۳ روز) و پس از آن در فروردین ماه رخ داده است. با توجه به نتایج حاصل از سنجش دوره ای میانگین سالیانه غلظت PM<sub>10</sub> حدود ۳/۸۵ برابر استاندارد سالانه (۲۰ μg/m<sup>3</sup>) بود و آزمون T-Test نشان می دهد که میانگین غلظت PM<sub>10</sub> نسبت به استاندارد سالانه دارای اختلاف معنی داری (P<0.05) می باشد. هم چنین میانگین سالیانه غلظت PM<sub>2/5</sub>، ۱/۷ برابر استاندارد سالانه (۱۰ μg/m<sup>3</sup>) بود و آزمون T-Test نشان می دهد که میانگین غلظت PM<sub>2/5</sub> نسبت به استاندارد سالانه اختلاف معنی داری (P<0.05) را دارد. در مطالعه ای که شاهسونی و همکاران سال ۱۳۸۹ در شهر اهواز انجام دادند در مجموع ۱۲۱ روز گرد و غباری (روزهایی که میانگین غلظت PM<sub>10</sub> در ساعتی از آن به بالاتر از ۲۵۰ μg/m<sup>3</sup> رسیده باشد) را گزارش نمودند که بیشترین روزهای گرد و غباری در تیرماه (۱۶ روز) و در رتبه های بعدی در اردیبهشت و اسفند اتفاق افتاده است (۲۶). با توجه به اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست استان ایلام تعداد روزهای با غلظت PM<sub>10</sub> بیشتر از حد مجاز استاندارد هوای آزاد (۱۵۰ μg/m<sup>3</sup>) در سال های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ به ترتیب ۳، ۱۳، ۴، ۵، ۶ و ۳۳ روز بوده است که بیشتر این روزها در خرداد و تیرماه اتفاق افتاده اند. توجه به این آمار نشان دهنده روند افزایشی تعداد روزهای گرد و غباری در سال های اخیر است. نتایج حاصل از مطالعه Jacquelyn در سال ۲۰۰۹ نشان می دهد که تعداد روزهای گرد و غباری در عراق از ۱۵ روز در سال ۲۰۰۳ به ۸۵ روز در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته است. در طی این سال ها بیشترین تعداد روزهای گرد و غباری به ترتیب در ماه های تیر، فروردین، اردیبهشت و اسفند و کمترین آن در آذر، آبان و مهر ماه اتفاق افتاده است (۴۱). مطالعه Drexler و همکاران در سال ۲۰۰۱ نشان می دهد که حداکثر غلظت PM<sub>10</sub> در عربستان، کویت و عراق در ماه های فروردین و تیر اتفاق افتاده است (۲۵). بر اساس مطالعه Middleton و همکاران در سال ۱۹۸۶ بیشترین فعالیت توده های گرد و غبار در کویت و عراق در ماه های فروردین و اردیبهشت رخ می دهد (۴۲). مطالعه Kang و همکاران در سال ۲۰۰۹ نشان می دهد که گرد و غبار آسیائی عمدتاً در اواخر زمستان و بهار اتفاق می افتد (۴۳).

شاخص کیفیت هوا (AQI) در ۵ روز از سال در شرایط خطرناک بود که در ماه های فروردین و خرداد رخ داد. بر



است که می تواند اثرات مضر شدیدی را بر سلامت داشته و باعث افزایش بیماری های قلبی-عروقی و تنفسی، افزایش پذیرش بیمارستانی به دلیل بیماری های تنفسی و قلبی-عروقی و افزایش مرگ و میر پیش از موعد در گروه های حساس شود، (۴۶). بنا بر این لازم است برای تعیین میزان تاثیر این پدیده بر سلامت و روش های مقابله با آن مطالعات بیشتری انجام شود. نتایج این مطالعه می تواند توسط سیاست گزاران و مقامات محلی برای طراحی و اجرای اقدامات کنترلی مناسب، مورد استفاده قرار گیرد. البته کاهش این پدیده مضر در مقیاس بزرگ نیاز به هماهنگی و اقدامات بین المللی و منطقه ای دارد، در غیر این صورت این تلاش ها ممکن است موثر نباشد.

#### سیاسگزاری

از مدیر کل و کارکنان اداره کل هواشناسی استان ایلام به خصوص آقای مهندس میهن پرست که در جمع آوری اطلاعات هواشناسی و پیش بینی همکاری نمودند، تقدیر و تشکر به عمل می آید.

کل طوفان های گرد و غبار از جهت زاویه ۳۳۶-۲۱۴ درجه وارد ایلام شده است که با جهت بادهای با حداکثر سرعت روزانه منطبق است. بنا بر این می توان منابع گرد و غبار ورودی به ایلام را به ترتیب اولویت استان نینوا عراق و مناطق هم جوار در شرق سوریه، استان الانبار عراق و در رتبه های بعدی استان های صلاح الدین و جنوب کشور عراق را نام برد. تعداد محدودی طوفان گرد و غبار در مدت مطالعه از کشورهای عربستان و کویت و حتی شمال آفریقا ایلام را تحت تاثیر قرار داده اند. عراق شامل مناطق وسیعی از کویرهای شن و ماسه است (تقریباً ۴۰ درصد کل مساحت کشور عراق)؛ (۲۶)، خشکسالی ۱۹۹۹، اقدامات جنگل زدائی، استفاده نامناسب از زمین، بی ثباتی سیاسی، جنگ و تصمیمات داخلی نادرست از عمده دلایل افزایش میزان بیابان زائی در این کشور می باشند، (۲۶، ۴۵). البته به نظر می رسد کاهش آب رودخانه های دجله و فرات از مبادی مرزی یکی دیگر از علل باشد. مطالعه حاضر نشان دهنده وضعیت وقایع گرد و غبار در شهر ایلام و تاثیر منفی آن بر کیفیت هوا

#### References

1. Teather K, Hogan N, Critchley K, Gibson M, Craig S, Hill J. Examining the links between air quality, climate change and respiratory health in Qatar. *Avicenna* 2013;6:142-8.
2. Evans J, van Donkelaar A, Martin RV, Burnett R, Rainham DG, Birkett NJ, et al. Estimates of global mortality attributable to particulate air pollution using satellite imagery. *Environ Res* 2013;120:33-42.
3. Shahsavani A, Naddafi K, Haghhighifard NJ, Mesdaghinia A, Yunesian M, Nabizadeh R, et al. Characterization of ionic composition of TSP and PM10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. *Environ Monitor Assess* 2012;184:6683-92.
4. Wang S, Wang J, Zhou Z, Shang K. Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China. *Atmospher Environ* 2005;39:509-20.
5. Kurosaki Y, Mikami M. Recent frequent dust events and their relation to surface wind in East Asia. *Geophys Res Lett* 2003;30:421-6.
6. Geng H, Meng Z, Zhang Q. In vitro responses of rat alveolar macrophages to particle suspensions and water-soluble components of dust storm PM<sub>2.5</sub>. *Toxicol In Vitro* 2006;20:575-84.
7. Chien LC, Yang CH, Yu HL. Estimated Effects of Asian Dust Storms on Spatiotemporal Distributions of Clinic Visits for Respiratory Diseases in Taipei Children (Taiwan). *Environ Health Perspect* 2012;120:1215-20.
8. Kang JH, Keller JJ, Chen CS, Lin HC. Asian dust storm events are associated with an acute increase in pneumonia hospitalization. *Ann Epidemiol* 2012;22:257-63.

9. Hong YC, Pan XC, Kim SY, Park K, Park EJ, Jin X, et al. Asian dust storm and pulmonary function of school children in Seoul. *Sci Total Environ* 2010;408:754-9.
10. Meng Z, Zhang Q. Damage effects of dust storm PM<sub>2.5</sub> on DNA in alveolar macrophages and lung cells of rats. *Food Chem Toxicol* 2007;45:1368-74.
11. Kellogg CA, Griffin DW. Aerobiology and the global transport of desert dust. *Trends Ecol Evolut* 2006;21:638-44.
12. Griffin DW. Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health. *Clin Microbiol Rev* 2007;20:459-77.
13. Sandstrom T, Forsberg B. Desert dust: an unrecognized source of dangerous air pollution? *Epidemiology* 2008;19:808-9.
14. Akata N, Hasegawa H, Kawabata H, Chikuchi Y, Sato T, Ohtsuka Y, et al. Deposition of <sup>137</sup>Cs in Rokkasho, Japan and its relation to Asian dust. *J Environ Rad* 2007;95:1-9.
15. Li Y, Gibson JM, Jat P, Puggioni G, Hasan M, West JJ, et al. Burden of disease attributed to anthropogenic air pollution in the United Arab Emirates: estimates based on observed air quality data. *Sci Total Environ* 2010;408:5784-93.
16. Moulin C, Lambert CE, Dulac F, Dayan U. Control of atmospheric export of dust from North Africa by the North Atlantic Oscillation. *Nature* 1997;387:691-7.
17. Wang X, Huang J, Ji M, Higuchi K. Variability of East Asia dust events and their long-term trend. *Atmospher Environ* 2008;42:3156-65.
18. O'Hara SL, Clarke ML, Elatrash MS. Field measurements of desert dust deposition in Libya. *Atmospher Environ* 2006;40:3881-97.
19. Natsagdorj L, Jugder D, Chung Y. Analysis of dust storms observed in Mongolia during 1937-1999. *Atmospher Environ* 2003;37:1401-11.
20. Kwon HJ, Cho SH, Chun Y, Lagarde F, Pershagen G. Effects of the Asian dust events on daily mortality in Seoul, Korea. *Environ Res* 2002;90:1-5.
21. Liu CM, Young CY, Lee YC. Influence of Asian dust storms on air quality in Taiwan. *Sci Total Environ* 2006;368:884-97.
22. Zhang X, Shi P, Liu L, Tang Y, Cao H, Zhang X, et al. Ambient TSP concentration and dustfall in major cities of China: Spatial distribution and temporal variability. *Atmospher Environ* 2010;44:1641-8.
23. He K, Yang F, Ma Y, Zhang Q, Yao X, Chan CK, et al. The characteristics of PM<sub>2.5</sub> in Beijing, China. *Atmospher Environ* 2001;35:4959-70.
24. Léon JF, Legrand M. Mineral dust sources in the surroundings of the north Indian Ocean. *Geophys Res Lett* 2003;30:543-51.
25. Draxler RR, Gillette DA, Kirkpatrick JS, Heller J. Estimating PM<sub>10</sub> air concentrations from dust storms in Iraq, Kuwait and Saudi Arabia. *Atmospher Environ* 2001;35:4315-30.
26. Shahsavani A, Naddafi K, Jafarzade Haghighifard N, Mesdaghinia A, Yunesian M, Nabizadeh R, et al. The evaluation of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub> concentrations during the Middle Eastern Dust (MED) events in Ahvaz, Iran, from april through september 2010. *J Arid Environ* 2012;77:72-83.
27. Goudie A, Middleton N. Saharan dust storms: nature and consequences. *Earth Sci Rev* 2001;56:179-204.
28. Goudarzi G, Shirmardi M, Khodarahmi F, Hashemi-Shahraki A, Alavi N, Ankali KA, et al. [Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz, Iran]. *Aerobiologia* 2010;5:1-12. (Persian)
29. Jamshidi A, Karimzadeh K, Raigan Shirazi A. [Particulate Air Pollution Concentration in the City of Gachsaran, 2005-2006]. *Armaghan Danesh* 2007;5:631-6. (Persian)
30. Burkart J, Steiner G, Reischl G, Moshhammer H, Neuberger M, Hitzemberger R. Characterizing the performance of two optical particle counters (Grimm OPC1. 108 and OPC1. 109) under urban aerosol conditions. *J Aerosol Sci* 2010;41:953-62.
31. Grimm H, Eatough DJ. Aerosol measurement: the use of optical light scattering for the determination of particulate size distribution, and particulate mass, including the semi-volatile fraction. *J Air Waste Manag Assoc* 2009;59:101-7.
32. Li J, Zhuang G, Huang K, Lin Y, Xu C, Yu S. Characteristics and sources of air-borne

- particulate in Urumqi, China, the upstream area of Asia dust. *Atmospher Environ* 2008; 42:776-87.
33. Zhao J, Zhang F, Xu Y, Chen J, Yin L, Shang X, et al. Chemical characteristics of particulate matter during a heavy dust episode in a coastal city, Xiamen, 2010. *Aerosol Air Qual Res* 2011;11:299-308.
34. Meng Z, Lu B. Dust events as a risk factor for daily hospitalization for respiratory and cardiovascular diseases in Minqin, China. *Atmospher Environ* 2007;41:7048-58.
35. Schwanghart W, Schütt B. Meteorological causes of Harmattan dust in West Africa. *Geomorphology* 2008;95:412-28.
36. Hoffmann C, Funk R, Sommer M, Li Y. Temporal variations in PM<sub>10</sub> and particle size distribution during Asian dust storms in Inner Mongolia. *Atmospher Environ* 2008;42:8422-31.
37. Chaloulakou A, Kassomenos P, Grivas G, Spyrellis N. Particulate matter and black smoke concentration levels in central Athens, Greece. *Environ Int* 2005;31:651-9.
38. Chen SJ, Hsieh LT, Kao MJ, Lin WY, Huang KL, Lin CC. Characteristics of particles sampled in southern Taiwan during the Asian dust storm periods in 2000 and 2001. *Atmospher Environ* 2004;38:5925-34.
39. Wang Y, Zhuang G, Tang A, Zhang W, Sun Y, Wang Z, et al. The evolution of chemical components of aerosols at five monitoring sites of China during dust storms. *Atmospher Environ* 2007;41:1091-106.
40. Kuo HW, Shen HY. Indoor and outdoor PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> concentrations in the air during a dust storm. *Build Environ* 2010;45:610-4.
41. Crook J. Climate analysis and long range forecasting of dust storms in Iraq. DTIC Document; 2009.
42. Goudie AS, Middleton NJ. Desert dust in the global system: Springer; 2006.
43. Kang CH, Kim WH, Ko HJ, Hong SB. Asian dust effects on total suspended particulate (TSP) compositions at Gosan in Jeju Island, Korea. *Atmospher Res* 2009;94:345-55.
44. Leili M, Nadafi K, Nabizadeh R, Younesian M, Mesdaghi nia A, Nazm ara S. The concentration of particulate matter and air quality index (AQI) in the central area of Tehran. *J School Public Health Inst Public Health Res* 2009;7:57-67.
45. UNEP. Desk Study on the Environment in Iraq. United Nations Environment Programme, Switzerland; 2003.
46. USEPA. Guidelines for the reporting of daily air quality e the air quality index (AQI); 2006.

## The Evaluation of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> Concentration during Dust Storm Events in Ilam city, from Mar 2013 through Feb 2014

Amarloei A<sup>1</sup>, Jonidi Jafari A<sup>1,2\*</sup>, Asilian Mahabadi H<sup>3</sup>, Asadollahi K<sup>4</sup>

(Recived: April 8, 2014 Accepted: June 29, 2014)

### Abstract

**Introduction:** Dust storms are among the main natural sources of air pollution in the Middle East which increase people's concern about their harm effects on public health. This study aimed to evaluate the quantitative values of and the effects of dusts on the quality of Ilam city weather.

**Material & Methods:** In this study, the concentration of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub> were measured from Mar 2013 through Feb 2014. The measurement was performed once per six days and the Grimm aerosol spectrometer model 1.108 was used in all dusty days. Meteorological data was taken from aerology directorate of Ilam province and for tracking of dust storms, satellite pictures were applied.

**Findings:** Mean  $\pm$ SD of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub>, during collection data, were 146.6 $\pm$ 139.3, 29.7  $\pm$  25.3 and 10 $\pm$ 5.7 $\mu$ g/m<sup>3</sup> respectively. The mean proportion of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>, PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> and PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub> were 0.231, 0.108 and 0.418 during study period and 0.191, 0.052 and 0.269 during dust storm days respectively. The concentration of PM<sub>10</sub> was more than sta-

ndard fair weather during 83 days and AQI index values indicated dangerous conditions in 5 days, during year of the study. According to our findings, Iraq country particularly Nainava and Al- Anbar provinces were the main sources of dust storms of Ilam province.

**Discussion & Conclusion:** This study indicates the dust storm events situation in Ilam city and its negative impact on air quality, which can have harmful effects on population health. Therefore it is necessary to determine of dust storm effect on health and ways to deal with it are more studies done. Dust storms also create an increase in PM<sub>2.5-10</sub> particles resulting in a reduction of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> proportion. The results of this study can be used by health policy makers for design of preventive issues; however, international or regional cooperation are needed for any interventional action against this harmful condition.

**Keywords:** Dust storms, particulate matter (PM), air quality, AQI, Ilam

1. Dept of Environmental Health Engineering, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2. Dept of Environmental Health Engineering, School of Health, Iran University of Medical sciences, Tehran, Iran

3. Dept of Occupational Health, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

4. Dept of Epidemiology and Statistics, School of Medicine, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

\* (Corresponding Author)