پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۰، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۸، از صفحه ۳۰۱ تا ۳۱۱

بررسی کانی شناسی و ژئوشیمی طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان (مطالعه موردی: شهرستان دزفول)

منصور عادل‌پور*[۱]؛ پرویز رفعتی[۲]

۱ دکتری زمین شناسی اقتصادی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
۲ مربی دانشکده و پژوهشکده مهندسی و پدافند غیر عامل، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۲: تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰)

چکیده

گرد و غبار یکی از مهم‌ترین منابع آلاینده هوا در شهرستان دزفول است. با توجه به عدم شناخت کافی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ذرات تشکیل دهنده گرد و غبار در این ناحیه، لزوم انجام یک مطالعه جامع و سیستماتیک بر روی این پدیده کاملا احساس می‌شود. امروزه علاوه بر تعیین شاخص‌های ژئوشیمیایی ذرات گرد و غبار به منظور تعیین منشا احتمالی ذرات، بررسی ویژگی‌های محیطزیستی عناصر اصلی و ردیاب موجود در این ذرات و نقش آن‌ها در آلودگی محیطزیستی نیز حایز اهمیت است. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، توزیع اندازه و شکل ذرات گرد و غبار بر فراز شهرستان دزفول و شناسایی منابع طوفان‌های گرد و غبار است. نتایج حاصل از مطالعه‌های XRD و SEM نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی موجود در گرد و غبار خوزستان، کانی‌های کربناته (کلسیت) و سیلیکاته (کوارتز) هستند. نتایج آنالیز ICP-OES نمونه‌های گرد و غبار موجود در این شهرستان نشان می‌دهد که میزان فلزات سنگین مانند روی، مس، سرب، کروم، نیکل در این نمونه‌ها بیشتر از میزان طبیعی است. همچنین بررسی تغییرات سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی و ارتباط آن‌ها با رخداد طوفان‌های گرد و غبار بیانگر تطابق ما بین رخداد روزهای همراه با گرد و غبار و درجه حرارت و میزان بارش در فصل تابستان است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد، منشا احتمالی این ذرات از کشورهای همسایه در جنوب غرب ایران و همچنین بخش‌های مرکزی و غرب استان خوزستان است.

کلید واژه‌ها: ذرات گرد و غبار، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، پارامترهای هواشناسی، استان خوزستان، شهرستان دزفول

*نویسنده مسئول: Email: man.adelpour@yahoo.com

سرآغاز

در دهه‌های اخیر آلودگی هوا در بسیاری از مناطق جهان سبب افزایش نگرانی عمومی در خصوص ایجاد عوارض بهداشتی شده است (Teather et al., 2013). تخمین زده شده که آلودگی هوا حدود ۱/۴ درصد کل مرگ و میرها در دنیا را به خود اختصاص داده است (Evans et al., 2013). ذرات گرد و غبار تاثیر قابل‌توجهی بر فعالیت‌های انسانی و تغییرات آب و هوایی دارند (Zhang et al., 2017). صحرای آفریقا به عنوان بزرگ‌ترین منبع گرد و غبار معدنی در جهان محسوب می‌شود و تقریبا یک میلیارد تن گرد و غبار را در سال منتشر می‌کند (Middleton, 2017)، تصور می‌شود که غرب چین و بخش‌هایی از مغولستان دومین منبع بزرگ تولید گرد و غبار بیابانی باشند که معمولا گرد و غبار آسیایی نامیده می‌شوند (Wang et al., 2008). مناطق کویری و شن‌زارهای واقع در شرق آسیا، به‌عنوان منابع غبار خیز آسیا محسوب می‌شوند (Kok et al., 2012; Zhang et al., 2016). تقریبا ۷۰٪ از کل حجم گرد و غبار آسیایی از شن و ماسه تشکیل شده است (Zhang & Gong, 2005). با این حال، به دلیل کمبود اطلاعات دقیق در مورد رفتار ریزگردها (مانند ترکیب و توزیع اندازه ذرات)، روش‌های غیرمستقیم و کم بودن اطلاعات دقیق سطحی زمین، مکان‌های احتمالی گرد و غبار خیز به خوبی شناسایی نشده است (Zhang et al., 2017). در نتیجه بررسی ویژگی شیمیایی و ترکیب ریزگردها در شناسایی منابع گرد و غبار امری ضروری است. بنابراین، خواص ژئوشیمیایی ریزگردها به طور گسترده‌ای برای شناسایی منابع گرد و غبار خیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Wang et al., 2011; Cesari et al., 2012; Abouchami et al., 2013). هر چند نبود اطلاعات دقیق از نواحی گرد و غبار خیز مانع پیشرفت تحقیقات مدل‌سازی طوفان‌های گرد و غباری شده است. با این حال افراد زیادی از روش‌های کانی‌شناسی برای شناسایی منابع گردوغبار خیز، نحوه جابه‌جایی و ته‌نشست ریزگردها استفاده کرده‌اند (Arimoto, 2001; Broomandi & BakhtiarPour, 2017). همچنین از ترکیب عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی برای تعیین منشا ذرات گرد و غبار می‌توان استفاده نمود (Wei et al., 2017). از طرفی ژئوشیمی ذرات گرد و غبار علاوه بر تعیین منشا، کمک شایانی به تعیین شاخص‌های آلایندگی و محیط‌زیستی این ذرات و ارزیابی ریسک سلامت می‌نماید (Chen et al., 2017) و می‌تواند به منشا فلزات سنگین و یا ترکیب آلاینده‌های همراه با این ذرات کمک کند (Zarasvandi et al., 2011). تحقیقات نشان داده است که سومین منبع گرد و غبار بیابانی، مربوط به خاورمیانه (جنوب عراق، کویت، جنوب‌غربی ایران و ساحل شرقی شبه جزیره عربستان) است که به طور قابل توجهی در انتقال ذرات گرد و غبار در سراسر جهان دخالت دارد (Middleton, 2017). اثرات بهداشتی طوفان‌های گرد و غبار به خصوص در خاورمیانه، یک نگرانی عمده محسوب می‌شود (Shahsavani et al., 2012). به طور خاص غرب و جنوب‌غرب کشور ایران تا حد قابل توجهی تحت تاثیر گرد و غبار حمل شده توسط باد شمال که یک باد گرم شمال‌غربی است و بیشتر در طول بهار می‌وزد و مقادیر زیادی گرد و غبار را از کشور عراق با خود حمل می‌کند، قرار می‌گیرد (Francis et al., 2017). این وقایع از ابعاد مختلف، به میزان قابل توجهی زندگی عادی مردم را تحت تاثیر قرار داده و مشکلات محیط‌زیستی و اقتصادی زیادی را ایجاد می‌کنند. در دهه اخیر استان خوزستان به‌ویژه شهرستان دزفول بارها تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار با منشا بیابانی، از منابع مذکور قرار گرفته است. با وجود اهمیت این موضوع هنوز در خصوص این پدیده مطالعه‌های چندانی انجام نشده و در خصوص بسیاری از جنبه‌های این پدیده سوالات زیادی مطرح است. یکی از موضوع‌ها، فراوانی بالای کانی‌های آلومینوسیلیکاته، فلزات سنگین و همچنین ریخت‌شناسی ویژه ریزگردها است. با توجه به این که استان خوزستان در مجاورت کشورهای عراق، کویت و عربستان قرار گرفته است، طی فصول بهار و تابستان بادهای غالب منطقه، حجم بالایی از ذرات گرد و غبار را به این استان منتقل می‌کنند. این بادها که به باد شمال موسوم‌اند به‌طور عمده از جنوب عراق شروع به وزیدن می‌کنند (Basart et al., 2016). کشور عراق طی سال‌های خشکسالی اخیر و با توجه به سرعت بالای جنگل‌زدایی، استفاده نامناسب از زمین، ناپایداری سیاسی، طبعات حاصل از جنگ و عدم اتخاذ تصمیمات صحیح داخلی دارای نقش عمده‌ای در ایجاد آلودگی در استان خوزستان است (Sissakian et al., 2013). این ذرات می‌توانند حامل آلاینده‌های دیگر به‌خصوص ترکیبات شیمیایی باشند، و یا خود با کانی شناختی و یا مورفولوژی ویژه یک آلاینده خطرناک باشند (Zarasvandi et al., 2011). بر اساس مطالعه‌ها و تحقیق‌های

به عمل آمده طی چندین سال اخیر مشخص شده که طوفان‌های گرد و غبار علاوه بر منشا خارجی، دارای منشا داخلی نیز هستند که سهم به‌سزایی در بروز این پدیده دارند. در این پژوهش برای بررسی شاخص‌های فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناختی و ژئوشیمی و همچنین تعیین کانون‌های داخلی در تولید گرد و غبار، نمونه‌برداری از طوفان‌های گرد و غبار شهرستان دزفول و اطلاعات حاصل از نمونه‌برداری از بیابان‌ها و هسته‌های ماسه‌ای آبرفتی موجود در استان خوزستان که به لحاظ موقعیت جغرافیایی در مختصات حدودی ۴۷ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۲ دقیقه‌ی طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۳ درجه عرض شمالی از خط استوا در جنوب‌غربی کشور قرار دارد، انجام شده است. در این تحقیق سعی بر آن است تا با انجام آزمایش‌ها و بررسی ویژگی‌های استان خوزستان به‌ویژه شهرستان دزفول کانون‌های تولیدکننده گرد و غبار مشخص شود. شایان ذکر است نتایج حاصل از این تحقیق به بررسی اثرات ذرات گرد و غبار بر هوا، آب و خاک و همچنین ارزیابی ریسک سلامت کمک نموده و زمینه‌ساز اقدام‌های لازم در راستای کاهش ضررهای ناشی از این پدیده در حوزه‌های سلامت انسان و محیط‌زیست می‌شود.

روش مطالعه

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان دزفول با مختصات جغرافیایی ۳۲/۳۸ عرض شمالی و ۴۸/۴۲ طول شرقی در شمال استان خوزستان قرار دارد. میانگین بارندگی سالانه دزفول طی دوره ۳۰ ساله ۳۴۱ میلی‌متر، حداکثر درجه حرارت ۵۱ درجه در مرداد و حداقل ۰/۳- درجه در دی‌ماه گزارش شده و بر اساس طبقه‌بندی دامارتن که متکی به دو متغیر میانگین بارندگی و میانگین دما است شهرستان دزفول در گروه اقلیم خشک قرار گرفته است. به منظور انجام این تحقیق شهرستان دزفول که مکررا در معرض ترسیب و نشست ذرات گردوغبار قرار می‌گیرد و آسیب‌های زیادی را از این بابت متحمل گردیده انتخاب شده است.

معرفی نمونه‌گیر

امروزه در دنیا برای اندازه‌گیری جریان رسوب گردوغبار از تله‌های رسوبگیر استفاده می‌شود. از مهمترین ویژگی‌های یک تله رسوبگیر کارآمدی آن است. راندمان یک تله رسوبگیر به عوامل مختلفی مانند اندازه و شکل تله، سرعت باد، اندازه ذره، فیلتر جمع‌کننده گردوغبار در تله و زمان وابسته است (Goossens & Offer, 2000). تله مورد استفاده در این مطالعه، تله رسوبگیر تیله‌ای بوده که به طور گسترده در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد و در تحقیقات بیابانی عمومیت زیادی را دارا است. این تله‌ها شامل یک ظرف پلاستیکی دایره‌ای شکل است که با یک ورق آلومینیوم به منظور جلوگیری از ایجاد الکتریسیته ساکن بین غبار و ظرف پلاستیکی پوشیده شده و درون ظرف گوی شیشه‌ای ریخته می‌شود و سپس بر روی آنها یک توری پلاستیکی با ابعاد ۱ میلیمتر در ۱ میلیمتر قرار داده می‌شود تا از انتقال ذرات به دام افتاده جلوگیری نماید. تیله‌های موجود در این رسوبگیر به عنوان فیلتر عمل کرده و موجب به دام انداختن ذرات شده و از خروج ذرات به بیرون از تله بر اثر وزش باد یا ریزش‌های رگباری جلوگیری می‌کند، که دلیل این امر را می‌توان در ایجاد زبری توسط سطوح گوی‌های شیشه‌ای دانست. این تله‌ها بر روی سه پایه‌های به ارتفاع تقریبا ۳۰ سانتیمتر قرار داده شد تا از انتقال ذرات گردوغبار توسط باد از کف پشت بام به داخل ظروف جلوگیری کرده و خطاهای احتمالی کاهش یابد.

نمونه‌برداری

دوره نمونه‌برداری به مدت شش ماه در فصل تابستان و پاییز و با فواصل نمونه برداری ۳۰ روزه انجام شد. در ماه‌های بدون بارندگی جمع‌آوری نمونه‌ها به صورت خشک، انجام شد. در زمان‌های بارندگی به دلیل خیس شدن نمونه‌ها، گردوغبار توسط آب مقطر دیونیزه از داخل تله‌ها تخلیه و پس از تمیز شدن ظروف، نمونه‌ها در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و میانگین مقدار گرد و غبار جمع‌آوری شده توسط ترازوی دو رقم اعشار توزین و مقادیر برحسب واحد جرم بر واحد سطح در واحد زمان در هر ایستگاه اندازه‌گیری شد. در ادامه نمونه‌های گرد و غبار آماده شده درون ظروف مخصوص برای دوری از هرگونه آلودگی ثانویه جهت مطالعه و انجام آزمایش قرار داده شد و به آزمایشگاه زرآزما ارسال شد. توزیع اندازه ذرات و مورفولوژی ذرات گرد و غبار با استفاده از تکنیک‌های آنالیز لیزری و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام شده است. برای تعیین کانی‌شناسی ذرات تشکیل دهنده گرد و غبار از دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده شده است. برای تعیین

ترکیبات عنصری و غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه‌های گرد و غبار از دستگاه ICP-OES استفاده شده است.

یافته‌ها

بررسی پارامترهای هواشناسی

برای اخذ داده‌های هواشناسی با هدف تعیین میزان همبستگی بین پارامترهای اقلیمی، پنج پارامتر دما، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت باد به دلیل داشتن بیشترین نقش در ایجاد طوفان گرد و غبار، از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک دزفول استفاده شده است. علاوه بر این، ایستگاه‌های هواشناسی اهواز، آبادان، امیدیه و مسجد سلیمان برای مقایسه آورده شده است. انتخاب این پنج ایستگاه به خاطر این است که به‌تواند به‌طور کامل تمامی استان را پوشش دهد. بعد از انتخاب ایستگاه و اخذ اطلاعات پارامترهای اقلیمی، ارتباط و روند سالیانه و فصلی بین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار و پنج پارامتر دما، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد، به‌دلیل این که مستعدترین شرایط برای بلند شدن ذرات گرد و غبار زمانی است که خاک خشک می‌شود (کاهش بارندگی و به‌دنبال آن کاهش رطوبت و افزایش دما) و سرعت باد به حد آستانه می‌رسد بررسی شد و در نرم افزار SPSS و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

تعداد روزهای همراه با طوفان‌های گرد و غبار

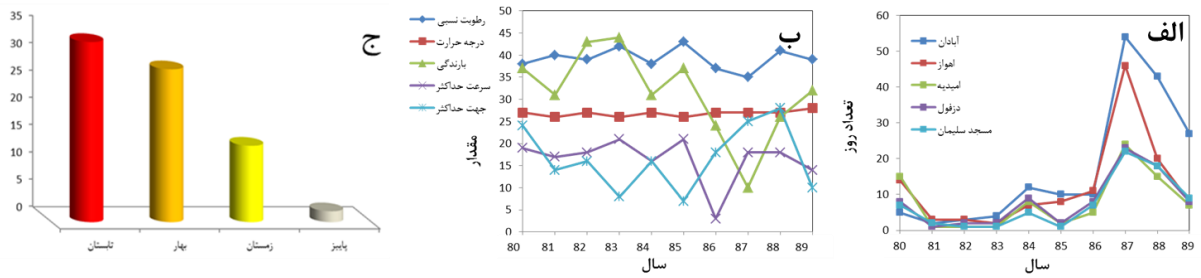
تعداد روزهای همراه با طوفان‌های گرد و غبار برای ایستگاه‌های دزفول، آبادان، اهواز، امیدیه و مسجد سلیمان در یک دوره ۱۰ ساله در شکل (۱–الف) نشان داده شده است. منظور از طوفان زمانی است که قدرت دید به ۱۰۰۰ متر و کمتر، سرعت باد به ۱۵ متر بر ثانیه و غلظت ذرات گرد و غبار به بالای µg/m3 ۱۰۰ و بیشتر برسد (Givehchi et al., 2013). در ایستگاه دزفول و سایر ایستگاه‌ها تعداد روزهای همراه با طوفان از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۳ یک روند کاهشی را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که در ایستگاه دزفول تعداد روزهای طوفانی به ۳ روز می‌رسد. از سال ۱۳۸۳ به بعد تعداد روزهای طوفانی افزایش چشمگیری پیدا می‌کند، به‌نحوی‌که در ایستگاه دزفول این تعداد به ۲۲ روز می‌رسد. در سال ۱۳۸۵ دزفول و سایر شهرهای مذکور روند کاهشی را تجربه می‌کنند. از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ تعداد روزهای همراه با طوفان در سطح دزفول و سایر ایستگاه‌ها و به تبع در سطح کل استان به حداکثر مقدار خود می‌رسد، به‌طوری‌که در ایستگاه آبادان این مقدار به ۵۲ روز در سال افزایش می‌یابد (Mehrabi et al., 2015). علت زیاد بودن تعداد روزهای طوفانی در خوزستان به موقعیت جغرافیایی این استان مربوط می‌شود. این استان علاوه بر این که از طوفان‌های شمال‌غرب و غرب که بیشتر منشا آنها کشور عراق و سوریه است (Francis et al., 2017) سهم دارد، طوفان‌های شمال‌شرق و شمال عربستان هم آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد، شکل جدول نمودار (۲).

میانگین سالیانه رطوبت نسبی، درجه حرارت و بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد

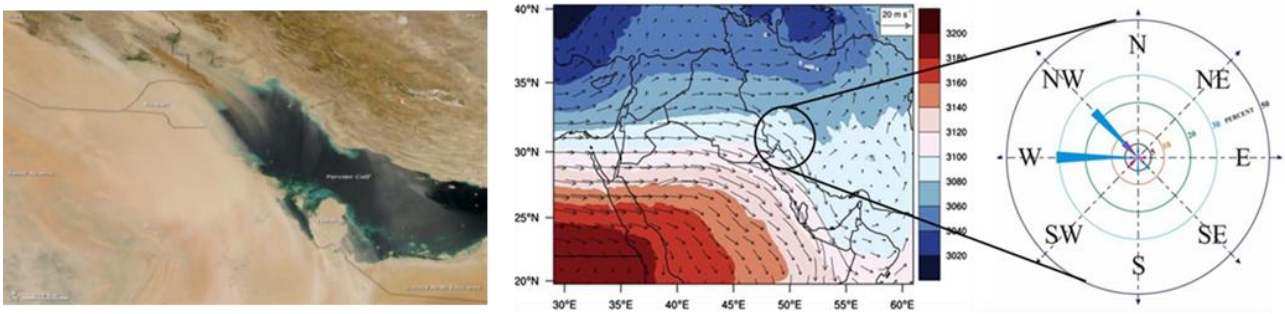
میانگین سالیانه پنج پارامتر اقلیمی، رطوبت نسبی، درجه حرارت، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد برای ایستگاه دزفول در یک دوره ۱۰ ساله در شکل (۱–ب) نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود پارامتر رطوبت نسبی در طول ده سال در دزفول روند خاصی را با نوسانات بسیار کم و پارامتر درجه حرارت در تمامی سال‌ها روند یکسانی را دنبال می‌کند. این امر برخلاف نوسانات شدیدی است که در تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار مشاهده می‌شود. در واقع باید گفت که نوسانات شدید تعداد روزهای همراه با طوفان هیچ گونه اثر معناداری را در طول ده سال بر روی پارامترهای درجه حرارت و رطوبت نسبی نشان نمی‌دهد.

دلیل عدم کاهش قابل توجه رطوبت نسبی در سال‌های همراه با حداکثر فراوانی طوفان را می‌توان به فرامحلی بودن منشا عمده طوفان‌ها نسبت داد (Mehrabi et al., 2015). نکته قابل توجه در این مورد آن است که کمترین مقدار بارندگی مربوط به سال ۱۳۸۷ است که بیشترین تعداد روزهای طوفانی در آن به وقوع پیوسته است. بنابراین، می‌توان گفت که بیشترین میزان تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در دزفول همزمان با کم باران‌ترین سال بوده است که با نتایج تحقیقات (Abduyeis et al., 2011) در استان خوزستان مطابقت دارد. همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است شهرستان دزفول در حال تجربه کردن خشکسالی شدید است که این امر سبب تولید طوفان‌های گرد و غبار محلی می‌شود و یا در تشدید طوفان‌های گرد و غبار فرا محلی کمک می‌کند. با توجه به آمار، میانگین جهت حداکثر باد برای ایستگاه شهرستان دزفول ۱۹۳/۳ درجه است. این رقم

نشان‌دهنده هم منشا بودن کشور عراق و سوریه به‌طور مشترک است. به‌طور میانگین حداکثر سرعت باد برای شهرستان دزفول ۳۳/۸ متر بر ثانیه است که با توجه به تعریف سرعت باد جهت تشکیل طوفان گردو غبار، بالاتر از حد آستانه شروع طوفان است.



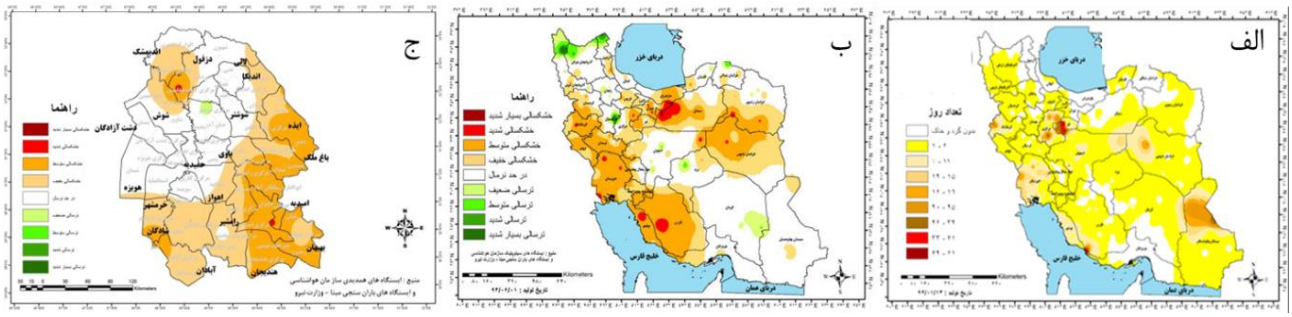
شکل (۱- الف): تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در یک دوره ۱۰ ساله، ب: میانگین سالیانه رطوبت نسبی، درجه حرارت، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد در ایستگاه دزفول، ج: تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در فصول مختلف سال در بازه زمانی ده ساله در شهرستان دزفول



شکل جدول نمودار (۲): جهت بادهای غالب به خلیج فارس و استان خوزستان

مجموع فصلی تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار

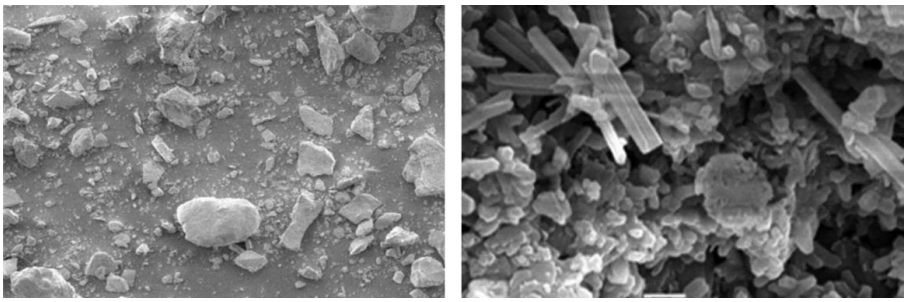
در شکل (۱–ج) مجموع فصلی تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار برای شهرستان دزفول نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین میزان فراوانی در ایستگاه دزفول مربوط به فصل تابستان است. در واقع این فصل با خشکی آب و هوا و کاهش رطوبت موجود در خاک و در نتیجه بلند شدن بیشتر ذرات محلی و فرامحلی و همچنین افزایش سرعت باد در ارتباط است. به عبارتی طوفان وارده به غرب و جنوب غرب استان می‌تواند بر روی مناطق خشک شده تالابی استان و نواحی غرب و شرق رود کرخه تاثیر گذاشته و ذرات با منشا داخلی را به همراه خود حمل کند.



شکل (۳- الف): نقشه پراکندگی تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در کشور؛ ب: نقشه پهنه‌بندی خشکسالی در سطح کشور و ج: نقشه پهنه‌بندی خشکسالی در استان خوزستان (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۴)

بررسی توزیع، اندازه و شکل ذرات گرد و غبار

اندازه ذرات در جذب عناصر نقش اساسی دارد، به این صورت که ذرات رس و سیلت نسبت به ذرات ماسه، قابلیت بیشتری در جذب و تمرکز عناصر دارند (Li, 2017)، از این‌رو بررسی دانه‌بندی رسوب‌ها و طوفان‌های گرد و غبار سهم به سزایی در مطالعه‌های زمین پزشکی و محیط‌زیستی بر عهده دارد. همچنین افزون بر بررسی جنبه‌های زمین‌شیمی، کانی‌شناسی، ریخت‌شناسی طوفان‌های گرد و غبار و همچنین هسته‌های غبارزا، یکی دیگر از مهمترین شاخص‌هایی که در مطالعه پتانسیل غبارزایی مناطق فرسایشی رسوبی، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است، بررسی دانه‌بندی و مطالعه اندازه دانه‌های رایج در مراکز بیابانی است. نتایج نشان می‌دهد که پراکنش ذرات رسوبی در شهرستان دزفول، دارای میانگین اندازه‌ای تقریبا مشابهی هستند که این اندازه نیز فراوانی بالای ذرات سیلت را نشان می‌دهد. البته پراکنش رس‌ها در نمونه‌ها نیز دیده می‌شود که این حضور بیشتر در حد ۳۰–۱۵درصد نمونه‌ها به وضوح قابل مشاهده است. تغییر اندازه در دانه‌های با رنج اندازه‌ای سیلت دارای دامنه‌ای از حدود ۱۵ تا ۲۵ را در بر می‌گیرند. نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تجزیه اندازه ذرات برحسب میکرومتر آنالیز و بر اساس سه استاندارد Q10-Q50-Q90% تعریف شده و اندازه ذرات مشخص شده است. در این سه استاندارد Q10% بیانگر مد بوده که به معنای میزان ذراتی است‌که‌کوچک تر از ۱۰ ٪ (زیرخط Q10%) است و Q50% بیانگر میانه بوده و بیانگر ذرات کوچک تر از ۵۰ ٪ و Q90% مبین توزیع ذرات کوچک‌تر از ۹۰ ٪ است (Ghiyasi Khalaf, 2015). مطالعه ریزگردهای شهرستان دزفول به روش SEM نشان داد که مورفولوژی ذرات متشکله آن شامل ذرات کروی، کشیده، چندوجهی منظم و نامنظم، صفحه‌ای و استوانه‌ای در ابعاد مختلف است شکل (۴). این مهم بیانگر ترکیبی با جورشدگی بد از رسوباتی است که در منشا خود دارای جورشدگی بدی هستند یا این که ذرات در طول حرکت طوفان ریزگرد از مناطق مختلف به ترکیب آن اضافه شده‌اند (Gharib Reza & Lak, 2015). با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود اشکال پیچیده و نامنظم ذرات منجر به افزایش سطح فعال واکنشی آن‌ها می‌شود (Broomandi & Bakhtiar pour, 2017). توزیع اندازه ذرات، امکان دسترسی عمیق آن‌ها را به سیستم تنفسی و همچنین مناطق تبادل اکسیژنی ریه‌ها را فراهم می‌کند (Broomandi & BakhtiarPour, 2017). ذرات کوچک‌تر به دلیل افزایش سطح، دارای پتانسیل بیشتری برای جذب فلزات سمی بوده و می‌تواند از طریق استنشاق وارد بدن شود. در نتیجه مورفولوژی، اندازه و شکل ذرات گرد و غبار فاکتور مهمی در تعیین میزان سمیت و خطرناکی آن‌ها برای سلامتی انسان است (Organization & UNAIDS, 2006). ماهیت شیمیایی و توزیع اندازه ذرات نمونه‌های گرد و غبار، سبب تشکیل گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر، فروپاشی بالقوه غشا میتوکندری و التهاب میتوکندری می‌شود که منجر به مرگ و میر سلول خواهد شد (Rezaei et al., 2014).



شکل (۴): مورفولوژی و شکل ذرات گرد و غبار نمونه‌برداری شده طی طوفان‌های گرد و غبار در شهرستان دزفول با استفاده از تصویر SEM

کانی‌شناسی و ژئوشیمی ذرات گرد و غبار

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه‌های کانی‌شناسی نمونه‌های گرد و غبار که در جدول (۱) آورده شده است، کانی‌های کربناته (کلسیت) و سیلیکاته (کوارتز) در نمونه‌های مورد بررسی در فاز اصلی کانی‌شناسی حضور دارند.

جدول (۱): کانی شناسی نمونه‌های گرد و غبار برداشت شده از شهرستان دزفول

شماره نمونه	فاز کانیایی اصلی	فاز کانیایی فرعی
DZ-11	کلسیت، کوارتز، هالیت و دولومیت	ایلیت، آلبیت، کلریت و ژیپس
DZ -12	کلسیت، کوارتز	ایلیت، آلبیت، دولومیت
DZ -13	هالیت، کلسیت، دولومیت و کوارتز	ایلیت، آلبیت، ژیپس
DZ -19	کلسیت، کوارتز	ایلیت، آلبیت، هالیت و دولومیت
DZ -11	کلسیت، کوارتز، دولومیت و هالیت	ایلیت، آلبیت، کلریت
DZ -14	کوارتز، کلسیت، ژیپس و آلبیت	ایلیت

افزون بر این، کانی هالیت نیز در بیشتر نمونه‌ها در زمره کانی‌های اصلی قرار می‌گیرد. وجود کانی‌های تبخیری از قبیل هالیت و ژیپس در بعضی نمونه‌ها در فاز کانیایی اصلی قابل مشاهده است که این امر گستردگی بالای حضور کانی‌های تبخیری در ریزگردهای ورودی شهرستان دزفول را به خوبی نشان می‌دهد. دولومیت‌ها نیز در فاز کانیایی اصلی قابل مشاهده هستند. به علاوه در رابطه با کانی‌های فرعی نیز کانی آلبیت در بیشتر نمونه‌ها حضور داشته و کانی‌هایی مانند کلریت، ایلیت و ارتوکلاز نیز فازهای فرعی نمونه‌های غبار را تشکیل می‌دهند. وجود کانی‌های رسی به عنوان فاز کانیایی فرعی نقش جاذب بعضی از فلزات سنگین را بازی می‌کند (Li, 2017). با توجه به بررسی‌های صورت گرفته می‌توان بیان نمود که ترکیبات ریزگرد شهرستان دزفول با نواحی مرکزی و شرقی عراق و سوریه و بخش‌های مرکزی و غرب استان خوزستان شباهت دارد. ترکیبات این ذرات در عین حال دارای تفاوت چشمگیری با نمونه‌های جمع آوری شده در استان سیستان و بلوچستان دارد که ناشی از منابع مختلف انتشار ذرات گرد و غبار در دو منطقه است (Rashki et al., 2013). از نظر ژئوشیمی کانی‌ها، عناصر SiO_2 و CaO که مرتبط با کانی‌های کوارتز و کلسیت هستند، ترکیب شیمیایی غالب گرد و غبار را شامل می‌شوند. فراوانی کلسیت و کوارتز در نمونه‌ها به‌عنوان محصولات اصلی محیط‌های رسوبی تخریبی نشان‌دهنده منشا کاملا طبیعی برای ذرات گردو غبار دزفول است.

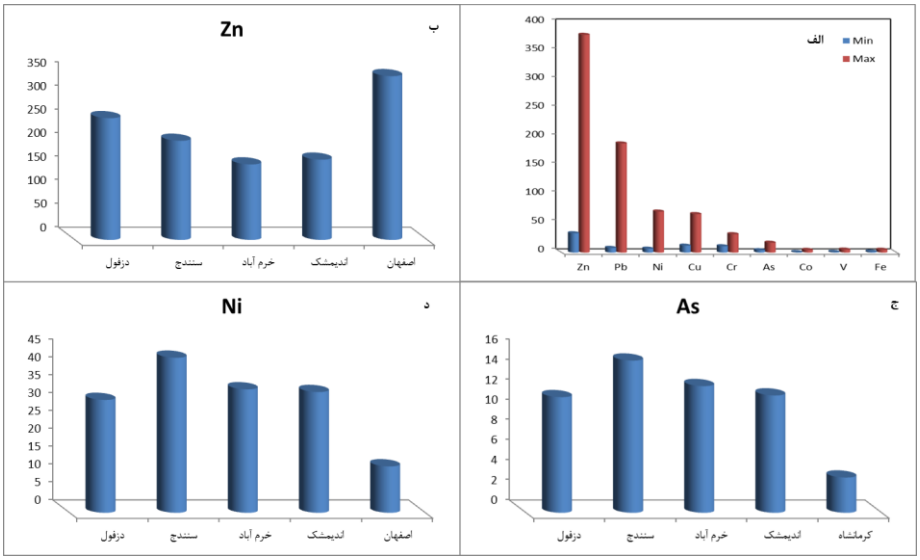
آنالیز ژئوشیمی نمونه‌های گرد و غبار شهرستان دزفول توسط دستگاه ICP-OES انجام شده است. در ادامه سطوح مختلف آلودگی فلزهای سنگین و نیز بررسی تغییرات فلزات سنگین مربوط به نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. در شکل (۵-الف) مقادیر حداکثر و حداقل غلظت بعضی فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در ذرات گرد و غبار شهرستان دزفول نشان داده شده است. از میان فلزات سنگین بررسی شده در نمونه‌های گرد و غبار بیشترین مقدار به فلز روی اختصاص دارد. روی ممکن است منشا انسان‌زاد داشته باشد چرا که به طور عمده از اتومبیل‌ها مانند روغن‌های روان‌کننده و لاستیک منشا می‌گیرد (Madany et al., 1994). با توجه به دمای بالا در محیط خشک، سایش لاستیک ماشین می‌تواند بیشتر شود و همچنین روی به عنوان یک عامل جوش‌دهنده برقی در لاستیک خودرو استفاده می‌شود (Fazeli et al., 2009). پس از روی؛ سرب، نیکل، مس و کروم در غلظت‌های کمتری در این نمونه‌ها وجود دارند. میزان غلظت عنصر روی در مقایسه بین شهرستان دزفول با دیگر مطالعه‌ها که در داخل و خارج کشور انجام گرفته، نشان می‌دهد که به طور کلی میزان غلظت این عنصر در گرد و غبار و طوفان‌های گرد و غباری بالا است جدول (۲). با مقایسه میزان غلظت این عنصر درطوفان‌های گرد و غبار دزفول و دیگر شهرهای ایران مانند سنندج، خرم‌آباد و اندیمشک شکل (۵) در می‌یابیم، میزان غلظت این عنصر در گرد و غبار دزفول بیشتر از این شهرها است در حالی‌که میزان این عنصر در اصفهان کم‌تر است. غلظت نیکل در گرد و غبارهای دزفول تقریبا مشابه با این عنصر در شهرهای سنندج، خرم آباد و اندیمشک است.

بحث

در بررسی فصلی پارامترهای هواشناسی، با توجه به این که بیشترین روزهای همراه با گرد و غبار، همراه با حداکثر سرعت باد و بیشترین رطوبت نسبی در توافق نیست می‌توان نتیجه‌گیری کرد که منشا اصلی طوفان‌های گرد و غباری در شهرستان دزفول برون مرزی است. از طرفی از شهرستان دزفول به سمت نواحی مرکزی و غربی استان خوزستان به‌دلیل افزایش دما و

جدول (۲): مقایسه میانگین غلظت بعضی فلزات سنگین گرد و غبار شهرستان دزفول و سایر شهرهای ایران و جهان

	Cd	Zn	Pb	As	Ni	Co
دزفول	۰/۱۳	۲۵۸	۱۷/۵	۱۱/۵۱	۳۱/۶	۲/۵۵
سنندج	.	۲۱۰	.	۱۵/۱۵	۴۳/۴۲	
خرم آباد	.	۱۶۰	.	۱۲/۶۱	۳۴/۵۷	
اندیمشک	.	۱۷۰	.	۱۱/۶۸	۳۳/۸۱	
کرمانشاه	۱/۸۸	.	۴۲/۴۳	۳/۵۱		
انبار عراق	۲/۵	.	۴/۸	.		۲/۹
غرب هندوستان	۰/۰۶	۳/۹	۱/۸۶	.		
استان ماسوویان لهستان	۱۰/۸	۴۴۴۳/۳	۵۷۶/۹	.	۴۰	
اسیوط مصر	۴/۵۳	۲۳۵	۲۲/۳۳	۳/۳		
تایپه تایوان	۹	۱۰۱۵	۴۶۹	.		۱۷
آگرا هندوستان	.	۰/۵	۱/۱	.	۰/۲	
اصفهان	۴/۴	۳۴۸	۱۱۷	.	۱۳	
گوانگژو کره جنوبی	۱/۵	۱۷۶	۶۱/۵	۵/۵	۷/۳	۰/۵



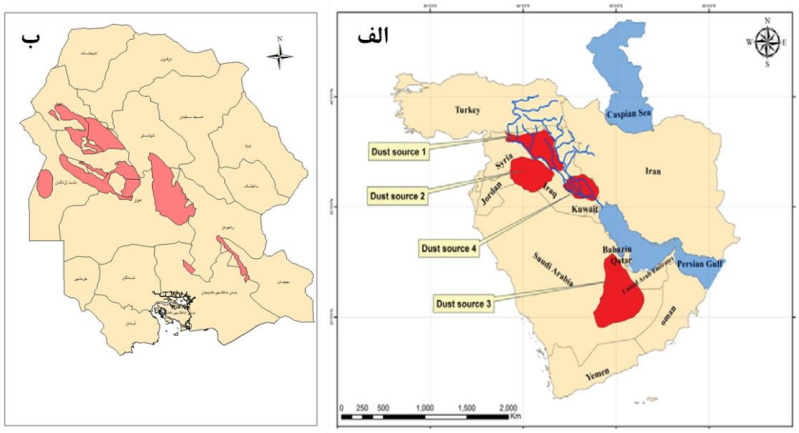
شکل (۵- الف): مقادیر بیشترین و کمترین غلظت بعضی فلزات سنگین در ذرات گرد و غبار شهرستان دزفول، ب، ج و د: مقایسه غلظت میانگین روی، سرب، نیکل و آرسنیک در شهرستان دزفول با بعضی شهرهای کشور

کاهش میزان بارش، رطوبت خاک به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد و قابلیت بلند شدن ذرات گرد و غبار و منابع داخلی طوفان‌های گرد و غبار فعال‌تر می‌شوند. مطالعه‌ها نشان داد که بیشترین میزان تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در دزفول همزمان با کم باران‌ترین سال بوده است که با سایر تحقیق‌ها در استان خوزستان مطابقت دارد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، میانگین جهت حداکثر باد برای ایستگاه شهرستان دزفول ۱۹۳/۳ درجه است. این رقم نشان‌دهنده هم منشا بودن کشور عراق و سوریه به‌طور مشترک است. همچنین حداکثر سرعت باد برای شهرستان دزفول ۳۳/۸ متر بر ثانیه است که بالاتر از حد آستانه شروع طوفان است. بررسی‌ها نشان داده توزیع، اندازه و شکل ذرات گرد و غبار امکان دسترسی عمیق آن‌ها را به سیستم تنفسی و همچنین مناطق تبادلی اکسیژنی ریه‌ها را فراهم می‌نماید. از این‌رو بررسی دانه‌بندی رسوبات و طوفان‌های گرد و غبار سهم به سزایی در مطالعه‌های زمین پزشکی و محیط‌زیستی بر عهده دارد. مطالعه

ریزگردهای شهرستان دزفول نشان داد که مورفولوژی ذرات متشکله آن شامل ذرات کروی، کشیده، چندوجهی منظم و نامنظم، صفحه‌ای و استوانه‌ای در ابعاد مختلف است شکل (۴). این مهم بیانگر ترکیبی با جورشدگی بد از رسوباتی است که در منشا خود دارای جورشدگی بدی هستند یا این که ذرات در طول حرکت طوفان ریزگرد از مناطق مختلف به ترکیب آن اضافه شده‌اند (Gharib Reza & Lak, 2015). ذرات کوچک‌تر به دلیل افزایش سطح، دارای پتانسیل بیشتری برای جذب فلزات سمی بوده و می‌توانند از طریق استنشاق وارد بدن شوند. در نتیجه مورفولوژی، اندازه و شکل ذرات گرد و غبار فاکتور مهمی در تعیین میزان سمیت و خطرناکی آن‌ها برای سلامتی انسان هستند (Organization & UNAIDS, 2006). بر اساس نتایج حاصل از مطالعه‌های کانی‌شناسی نمونه‌های گرد و غبار، کانی‌های کربناته (کلسیت) و سیلیکاته (کوارتز) در نمونه‌های مورد بررسی در فاز اصلی کانی‌شناسی حضور دارند. افزون بر این، کانی هالیت نیز در بیشتر نمونه‌ها در زمره کانی‌های اصلی قرار می‌گیرد. وجود کانی‌های تبخیری از قبیل هالیت و ژیپس در بعضی نمونه‌ها در فاز کانیایی اصلی قابل مشاهده است که این امر گستردگی بالای حضور کانی‌های تبخیری در ریزگردهای ورودی شهرستان دزفول را به خوبی نشان می‌دهد.

برداشت

با توجه به مستعـد بودن استان خوزستان برای تولید ریزگرد و نیز مجاورت با کشور عراق که یکی از کانون‌های بزرگ تولید ریزگرد در جهان است (Darvishi Khatooni, 2016). مطالعه دقیق ژئوشیمی و کانی‌شناسی ریزگردها و رسوبات سطحی دشت خوزستان برای شناسایی و تفکیک طوفان‌های گرد و غبار با منشا داخلی و خارجی بسیار موثر است که می‌تواند در شناسایی و تثبیت کانون‌های داخلی ریزگرد کاربرد داشته باشد. ترکیب کانی‌شناسی اصلی پدیده گرد و غبار شهرستان دزفول را دو گروه کانیایی کربنات‌ها (عمدتا کلسیت) و سیلیکات‌ها (کوارتز) تشکیل می‌دهد. فاز فرعی عمده در نمونه‌های گرد و غبار شامل کانی ژیپس است که مربوط به حوضه‌های تبخیری است. کانی‌های فرعی دیگر شامل کانی‌های رسی بیشتر ایلیت، پلاژوکلاز سدیک (آلبیت)، کلریت و دولومیت می‌باشند. ذرات متشکله ریزگرد شامل ذرات کروی، کشیده، چندوجهی منظم و نامنظم، صفحه‌ای و استوانه‌ای در ابعاد مختلف هستند. از میان فلزات سنگین بررسی شده در نمونه‌های گرد و غبار بیشترین مقدار به فلز روی اختصاص دارد و ممکن است منشا انسان‌زاد داشته باشد. پس از روی؛ سرب، نیکل، مس و کروم در غلظت‌های کمتری در این نمونه‌ها وجود دارند. با توجه به روند تغییرات سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی و ترکیبات شیمیایی و کانی‌شناسی ذرات گرد و غبار می‌توان دریافت که منشا احتمالی این ذرات در شهر دزفول، کشورهای همسایه در جنوب غرب ایران و بخش‌های مرکزی و غرب استان خوزستان هستند شکل (۶).



شکل (۶ -الف): توزیع مکانی منابع طوفان‌های گرد و غبار در غرب ایران، ب: منابع احتمالی ایجاد کننده گرد و غبار در استان خوزستان و دزفول

فهرست منابع

Abouchami, W.; Näthe, K.; Kumar, A.; Galer, S.J.; Jochum, K.P.; Williams, E.; Horbe, A.M.; Rosa, J.W.; Balsam, W. & Adams, D. 2013. Geochemical & isotopic characterization of the Bodélé Depression dust

source & implications for transatlantic dust transport to the Amazon Basin. Earth & Planetary Science Letters. 380 (6):112-123.

Abduyeis, F.; Zakeri Hosseini, M.; Nayeri, R.M. & Zahahabi, N. 2011. Investigating the effect of rainfall reduction on frequency of occurrence of dust phenomenon in Khuzestan province. First International Congress on Dust & Coping with its Harmful Effects.

Arimoto, R. 2001. Eolian dust & climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport & deposition. Earth-Science Reviews. 54(1):29-42.

Broomandi, P. & BakhtiarPour, A. 2017. Dust Source Identification Using Physical- Chemical Characterization & Numerical Modeling in Br Soleyman. Iranian Journal of Health & Environment. 9(8):517-526.

Basart, S.; Vendrell, L. & Baldasano, J.M. 2016. High-resolution dust modelling over complex terrains in West Asia. Aeolian Research. 23 (3):37-50.

Cesari, D.; Contini, D.; Genga, A.; Siciliano, M.; Elefante, C.; Baglivi, F. & Daniele, L. 2012. Analysis of raw soils & their re-suspended PM10 fractions: Characterisation of source profiles & enrichment factors. Applied Geochemistry. 27(6):1238-1246.

Chen, Y.; Li, X.; Zhu, T.; Han, Y. & Lv, D. 2017. PM 2.5-bound PAHs in three indoor & one outdoor air in Beijing: Concentration, source & health risk assessment. Science of The Total Environment. 586 (4):255-264.

Darvishi Khatooni, J. 2016. Sedimentology& geochemistry of Khuzestan plain quaternary sediments: implications on the dust storm production. Journal of New findings in applied geology. 10(20):92-106 (in Persian).

Evans, J.; van Donkelaar, A.; Martin, R.V.; Burnett, R.; Rainham, D.G.; Birkett, N.J. & Krewski, D. 2013. Estimates of global mortality attributable to particulate air pollution using satellite imagery. Environmental research.120 (4):33-42.

Fazeli, M.S.; Moosavi, M.; Pournia, M. & Zergani, Z.J. 2009. Metals distribution in topsoils around industrial town of Ahwaz II, Ahwaz, Iran. Journal of Applied Sciences. 9(6):1121-1127 (in Persian).

Francis, D.B.K.; Flamant, C.; Chaboureau, J.-P.; Banks, J.; Cuesta, J.; Brindley, H. & Oolman, L. 2017. Dust emission & transport over Iraq associated with the summer Shamal winds. Aeolian Research. 24(1):15-31.

Givehchi, R.; Arhami, M. & Tajrishy, M. 2013. Contribution of the Middle Eastern dust source areas to PM 10 levels in urban receptors: case study of Tehran, Iran. Atmospheric environment. 75 (2):287-295.

Mehrabi, S.; Soltani, S. & Jafari, R. 2015. Investigating the Relationship Between Climatic Parameters & Microcosm (Case Study: Khuzestan Province). Journal of Agricultural Sciences & Technology Water & Soil Science. 71(4):69-80 (in Persian).

Ghiyasi Khalaf, R. 2015. Investigating the dispersion & geochemical origin of dust in the vicinity of Assaluyeh petrochemical complexes (Case study of one of the petrochemicals located in Assaluyeh): Shahid Chamran University of Ahvaz (in Persian).

Gharib Reza, M. & Lak, R. 2015. Origin & geochemistry of Khuzestan Province (Case study: Dust storm on February 3, 2015. Secretary of the 34th National & the 2nd International Geosciences Congress:9p (in Persian).

Goossens, D. & Offer, Z.Y. 2000. Wind tunnel & field calibration of six aeolian dust samplers. Atmospheric Environment. 34(7):1043-1057.

Kok, J.F.; Parteli, E.J.; Michaels, T.I. & Karam, D.B. 2012. The physics of wind-blown s& & dust. Reports on Progress in Physics. 75(10): 901-106.

Li H, W.H., Wang Q, Yang M, Li F. & Suna Y. 2017. Chemical partitioning of fine particle-bound metals on haze–fog & non-haze–fog days in Nanjing, China & its contribution to human health risks. Journal of Atmospheric Research. 183(1):142-150.

Madany, I.M.; Akhter, M.S. & Al Jowder, O. 1994. The correlations between heavy metals in residential indoor dust & outdoor street dust in Bahrain. Environment international. 20(4):483-492.

Middleton, N. 2017. Desert dust hazards: A global review. Aeolian Research. 24 (3):53-63.

Organization, W.H. 2006. UNAIDS. Air quality guidelines: global update 2005: World Health Organization.

Rezaei, M.; Salimi, A.; Taghidust, M.; Naserzadeh, P.; Goudarzi, G.; Seydi, E. & Pourahmad, J. A. 2014. Comparison of toxicity mechanisms of dust storm particles collected in the southwest of Iran on lung & skin using isolated mitochondria. Toxicological & Environmental Chemistry. 96(5):814-830 (in Persian).

Rashki, A.; Eriksson, P.; Rautenbach, C.d.W.; Kaskaoutis, D.; Grote, W. & Dykstra, J. 2013. Assessment of chemical & mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. Chemosphere. 90(2):227-236.

Shahsavani, A.; Naddafi, K.; Haghighifard, N.J.; Mesdaghinia, A.; Yunesian, M.; Nabizadeh, R.; Arahami, M.; Sowlat, M.; Yarahmadi, M. & Saki, H. 2012. The evaluation of PM 10, PM 2.5, & PM 1 concentrations during the Middle Eastern Dust (MED) events in Ahvaz, Iran, from April through September 2010. Journal of Arid Environments. 77(2):72-83 (in Persian).

Sissakian, V.K.; Al-Ansari, N. & Knutsson, S. 2013. S& & dust storm events in Iraq. Natural Science. 5(10):1084.

Teather, K.; Hogan, N.; Critchley, K.; Gibson, M.; Craig, S. & Hill, J. 2013. Examining the links between air quality, climate change & respiratory health in Qatar. Avicenna. 9 (2):1-11

Wang, X.; Huang, J.; Ji, M. & Higuchi, K. 2008. Variability of East Asia dust events & their long-term trend. Atmospheric Environment. 42 (13):3156-3165.

Wang, Q.; Zhuang, G.; Li, J.; Huang, K.; Zhang, R.; Jiang, Y.; Lin, Y. & Fu, J.S. 2011. Mixing of dust with pollution on the transport path of Asian dust-Revealed from the aerosol over Yulin, the north edge of Loess Plateau. Science of the total environment. 409(3):573-581.

Wei, T.; Dong, Z.; Kang, S.; Qin, X. & Guo, Z. 2017. Geochemical evidence for sources of surface dust deposited on the Laohugou glacier Qilian Mountains. Journal of Applied Geochemistry. 79(15):1-8.

Zhang, X. & Gong, S. 2005. Contribution of the anthropogenic desertification in China to Asian dust storm. Adv Clim Change Res. 1 (3):147-150.

Zhang, Z.; Dong, Z.; Li, J.; Qian, G. & Jiang, C. 2016. Implications of surface properties for dust emission from gravel deserts (gobis) in the Hexi Corridor. Geoderma. 268 (5):69-77.

Zhang, Z.; Dong, Z.; Zhang, C.; Qian, G. & Lei, C. 2017. The geochemical characteristics of dust material & dust sources identification in northwestern China. Journal of Geochemical Exploration. 175 (1):148-155.

Zarasvandi, A.; Carranza, E.; Moore, F. & Rastmanesh, F. 2011. Spatio-temporal occurrences & mineralogical –geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). Journal of geochemical exploration. 111(3):138-151 (in Persian).