

پراکنش فضایی - مکانی، کانی‌شناسی و ریز ریخت‌شناسی رخدادهای و مراکز گرد و غبار با منشأ داخلی در استان خوزستان

احمدرضا لاهیجان‌زاده: دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات اهواز و سازمان حفاظت محیط زیست استان

خوزستان

علیرضا زراسوندی*: استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم زمین و مرکز پژوهشی منطقه‌ای ریزگردها، دانشگاه شهید چمران اهواز

ضیاءالدین شعاعی: استادیار پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری و سازمان حفاظت محیط زیست ایران

مجید حیدری: دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

صدیقه جلالی: دانشجوی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

زهرا فریدونی: دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۹

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۳)

چکیده

به دلیل اهمیت بررسی گرد و غبارهای با منشأ داخلی در استان خوزستان که قریب به ۱۵ درصد رخدادهای گرد و غبار ورودی به منطقه را شامل می‌شوند؛ فراوانی، پراکنش، کانی‌شناختی و ریخت‌شناسی وقایع غباری داخلی و مراکز رسوبی مستعد غبارزایی در استان خوزستان بررسی شد. نخست، داده‌های فراوانی و پراکنش فضایی - مکانی گرد و غبارهای داخلی (کد ۰۷) در بازه‌ی زمانی 2009-2015 با استفاده از داده‌های ۱۳ ایستگاه سینوپتیک خوزستان، پردازش شد. داده‌های به دست آمده در این بازه‌ی زمانی، ۴۰۶ نوبت گرد و غبار داخلی را نشان می‌دهد. استان با مجموع ۷۸ نوبت، بیشترین و ایزده و مسجدسلیمان با مجموع ۶ نوبت، کمترین تعداد وقوع گرد و غبار را داشته‌اند. سال 2009 و ماه ژوئن، گرد و غبار بیشتری را تجربه داشته‌اند. از بین ۳۲ نمونه‌ی TSP برداشتی از گرد و غبار و ۶۵ نمونه رسوب، مطالعه‌ی کانی‌شناسی ۱۱ نمونه گرد و غبار و ۱۱ نمونه رسوب با استفاده از روش XRD، نشان می‌دهد که ۳ گروه عمده‌ی کربنات، سیلیکات و تبخیری، مهمترین ترکیب کانی‌شناختی گرد و غبار و رسوبات فرسایشی است. کانی‌های تبخیری نظیر ژپس و هالیت در وقایع غباری داخلی، نسبت به گرد و غبارهای خارجی درصد بالاتری دارند. فراوانی کوارتز در رخدادهای داخلی نیز حدود ۴۵٪ بیش از گرد و غبارهای خارجی است. بررسی‌های SEM نیز نشان می‌دهد که کلسیت، کوارتز و هالیت، معمولاً اشکال کروی و بلوری غالب هستند. بررسی دانه‌بندی پهنه‌های فرسایشی در استان، فراوانی بالای ذرات سیلت را نشان می‌دهد. میانگین دانه‌بندی این نمونه‌ها با حدود ۱۸/۹ میکرومتر بیانگر پتانسیل غبارزایی در تمامی مراکز بیابانی استان است.

واژگان کلیدی: خوزستان، دانه‌بندی، ریخت‌شناسی، کانی‌شناسی، گرد و غبارهای داخلی.

۱- مقدمه

پدیده‌های گرد و غبار از جمله وقایع طبیعی معمول در نواحی خشک و نیمه‌خشک و مناطق بیابانی است (Meng and Lu, 2007). به طور معمول، گرد و غبار به رسوبات با اندازه‌ی کمتر از ۱۰۰ میکرومتر - که به صورت ذرات

معلق انتقال می‌یابند - اطلاق می‌شود (Houser and Nickling, 2001) و نتیجه‌ی نهایی، بادهای با سرعت بیش از ۱۷ متر بر ثانیه است که میزان دید را تا کمتر از یک کیلومتر کاهش می‌دهد (Wang et al, 2004). غلظت ذرات معلق در گرد و غبارها، ممکن است میزانی بین ۱۰۰ تا $100000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ داشته‌باشد (Meng and Zhang, 2006). بیابان‌های طبیعی و نواحی نیمه‌خشک نظیر ناحیه‌ی واقع در حدفاصل شرق اقیانوس اطلس تا شرق بیابان ساهارا تا عربستان و جنوب غرب آسیا، مهمترین مراکز مولد ریزگردهای بیابانی در دنیا هستند (Wu et al, 2009). در این بین، ساهارا یکی از بزرگترین منابع گردوغبار جهان محسوب می‌شود که بسیاری از مناطق و کشورهای واقع در غرب آفریقا را با چالشی جدی روبه‌رو کرده‌است (Anuforum, 2007). منبع اصلی گرد و غبار در شمال شرق آسیا معروف به گرد و خاک‌های ماسه زرد یا کوسا^۱ نیز بیابان‌های گبی و تاکلاماکان^۲ در چین و مغولستان است (Wei and Meng, 2006). این گرد و غبارها، مناطق واقع در عرض‌های جغرافیایی ۲۵-۴۰ ی شمالی و مناطق گرمسیری شمال اقیانوس آرام از قبیل چین (Guo et al, 2004)، تایوان (Tsai and Chen, 2006)، جزیره‌ی کره، ژاپن (Kimura and Shinoda, 2010) و حتی کانادا (Chan et al, 2008) و هاوایی (Lee et al, 2009) را در می‌نوردد؛ اما آنچه پایش وقایع غباری را مهم می‌نماید، تأثیر نگران‌کننده‌ی این گرد و غبارها بر محیط زیست به ویژه سلامت سامانه‌ی زیستی جانداران به خصوص انسان است (Linares et al, 2010). بروز بیماری‌های ریوی نظیر سیلیکوسیس، آسم، برونشیت، عوارض قلبی-عروقی (Achudume and Oladipo, 2009)، ناهنجاری‌های ژنتیکی و کروموزومی (Shi and Shao, 2004)، حساسیت‌های فصلی و بیماری‌های پوستی- عفونی از پیامدهای این رویداد است.

از سوی دیگر، این گرد و غبارها بر اتمسفر و شرایط اقلیمی کره‌ی زمین (Spyrou et al, 2013)، تولیدات اولیه و تغییر ترکیب عنصری دریاها، اقیانوس‌ها و زیست‌بوم‌های آبی نظیر اقیانوس آتلانتیک شمالی (Chiapello et al, 2005)، اقیانوس آرام و خلیج فارس (Schussler et al, 2005) تأثیر بسیار گسترده‌ای برجا می‌نهند. همچنین تغییر در میزان و چگونگی تشکیل ابر و میزان بارش، تداوم و شدت دوره‌های خشکسالی، از دیگر پیامدهای وقوع گرد و غبار است. بروز گرد و غبار به فرسایش شدید خاک، بیابانزایی و کاهش قابل توجه تولیدات کشاورزی و زراعی نیز منجر می‌شود (Huang, 2010)؛ از این رو پیامدهای اقتصادی این بحران محیطی نیز در کوتاه مدت و بلندمدت بسیار نگران‌کننده است. در این بین، خاورمیانه نیز از جمله مناطقی است که به دلیل وجود کانون‌های بیابانی مجزا و ناپیوسته با قدرت غبارزایی بالا، در دهه‌های اخیر به شدت با گسترش گرد و غبار روبه‌رو بوده (Al-Dabbas et al, 2011) که این گردوغبارها، نواحی غرب و جنوب غرب ایران را به شدت متأثر ساخته‌است. وجود جبهه‌های مداوم گرد و غبار در خاورمیانه را می‌توان به نفوذ جریان‌های غباری از مناطق ساهارا، شبه جزیره‌ی عربستان و عراق نسبت داد (Abed et al, 2009).

استان خوزستان از جمله مناطقی است که از سال ۸۰ تا کنون، به طور جدی با مشکل گرد و غبار خارجی مواجه بوده و بیشترین میزان ریزش‌های گرد و غبار را در کشور تجربه کرده‌است (Nadafi, 2009; Zarasvandi and Heidari, 2015). اما افزون بر گردوغبارهای با منشأ خارجی، این استان به دلیل برخورداری از شرایط اقلیمی خشک و فراخشک در بسیاری از مناطق و وجود پهنه‌های رسوبی- فرسایشی، با چالش گردوغبارهای با منشأ داخلی نیز روبه‌رو

¹ Kosa

² Taklamakan

است که تاکنون مطالعه‌ی جامعی در این زمینه صورت نگرفته‌است. گرد و غبارهای با منشأ داخلی در درگرد و غبار خوزستان، سهم تقریبی ۱۵ درصدی دارد (Azhdari et al, 2015). وجود میانگین سالانه‌ی ۵۰ نوبت غبار داخلی و حداکثر غلظت ذرات PM_{10} تا بیش از 8000 ppm در خوزستان (Iranian Meteorology Organization of Khuzestan Province, 2015)، اهمیت مطالعه‌ی این رویداد را در این منطقه دوچندان کرده‌است. در این زمینه، تعیین و شناسایی ترکیب کانی‌شناسی ریزگردها نیز نقش مهمی در ترسیم نوع و محدوده‌ی واکنش‌پذیری ریزگردها با اجزای اتمسفری و سایر ترکیبات گازی موجود دارد (Usher et al, 2003). افزون بر این بررسی کانی‌شناسی این طوفان‌ها، ابزار کارآمدی برای بررسی وضعیت زمین‌شناسی مناطق تولیدکننده‌ی گرد و غبار و نمایشگر مناسبی برای تعیین گستره‌ی تأثیرپذیری خاک‌های میزبان این ذرات است (Krueger et al, 2005). به بیان دیگر، ته‌نشست ذرات گرد و غبار ممکن است زیست‌بوم‌های مجاور را متأثر سازد؛ بدین صورت که اجتماع ریزگردها در مجموعه‌های خاکی می‌تواند شاخص‌های گوناگون مانند بافت، ترکیب عنصری و حتی اسیدیته‌ی این مناطق را تغییر دهد (Mush, and Benedict, 2006). مطالعه‌ی ذرات گرد و غبار به وسیله‌ی میکروسکوپ الکترونی روبشی، به تعیین اندازه‌ی واقعی ذرات، شکل، انواع آگرگات موجود و در نهایت ترکیب شیمیایی و منشأ ذرات کمک شایانی می‌کند؛ به عبارتی، ریخت‌شناسی ذرات تا حدود بسیار زیادی مبین نوع کانی‌های تشکیل دهنده‌ی ذرات گرد و غبار است (Rodriguez et al, 2009).

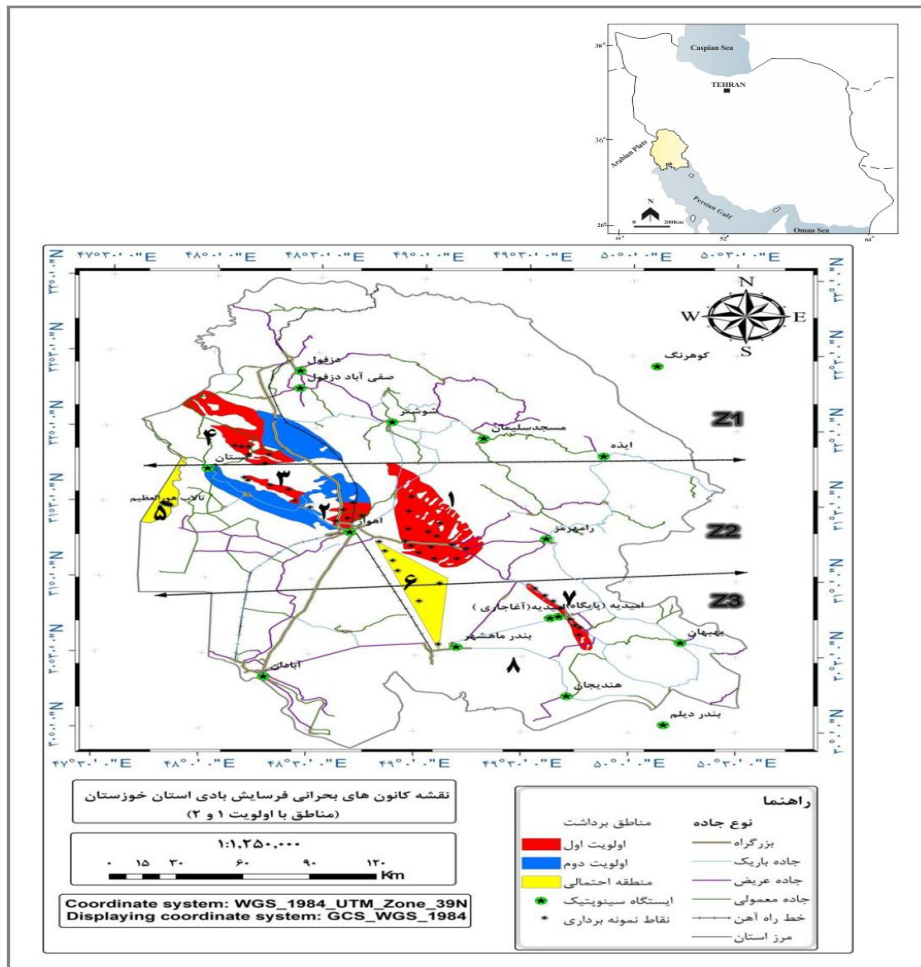
در زمینه‌ی کانی‌شناسی طوفان‌های گرد و غبار ورودی به جنوب‌غرب کشور نیز کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی این طوفان‌ها، عمدتاً در ۳ فاز کانیایی اصلی شامل کربنات (عمدتاً کلسیت)، سیلیکات (عمدتاً کوارتز) و فیلسیلیکات (عمدتاً کائولینیت) قرار می‌گیرند (Zarasvandi and Heidari, 2015). با توجه به این مهم که ورود حجم عظیمی از کانی‌های سیلیس به درون شش‌ها، عوارض زیان‌آور دیگری از قبیل عفونت‌های ریوی مشابه با مرض سل را نیز در پی خواهد داشت. به همین صورت، تجمع بیش از حد مجاز سیلیس در سامانه‌ی زیستی (به ویژه شش‌ها)، موجبات بروز بیماری‌های پوستی، تصلب ماهیچه‌های اسکلتی و در نهایت بیماری‌های کلیوی را فراهم می‌سازد. اما در این بین، سیلیکوسیس^۱ مهم‌ترین پیامد حضور مقادیر بالای کانی‌های سیلیسی در محیط است (Martinez et al, 2010). با این تفاسیر، در این پژوهش سعی بر آن است که فراوانی، پراکنش، کانی‌شناختی و ریخت‌شناسی وقایع غباری داخلی و هسته‌های فرسایشی مستعد غبارزایی در استان خوزستان بررسی شود.

۲- منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان در جنوب غرب ایران با وسعتی معادل $63633/6$ کیلومتر مربع واقع است. از نظر اقلیمی به تبعیت از تنوع ارتفاعی و وجود گستره‌ی آب‌های خلیج فارس، در زمره‌ی اقلیم متنوع به شمار می‌رود که حداقل چهار اقلیم نیمه مرطوب مدیترانه‌ای، نیمه خشک، خشک و فراخشک گرم را در خود جای داده‌است (Zarasvandi et al, 2014). متوسط میزان بارندگی سالانه‌ی استان، حدود ۲۶۶ میلی‌متر و دوره‌ی بارندگی، معمولاً بین ماه‌های مهر تا اردیبهشت هر سال است. از نظر دمایی نیز این استان، منطقه‌ای گرم به شمار می‌رود که متوسط درجه حرارت آن در تیر ماه حدود ۳۰

¹ Silicosis

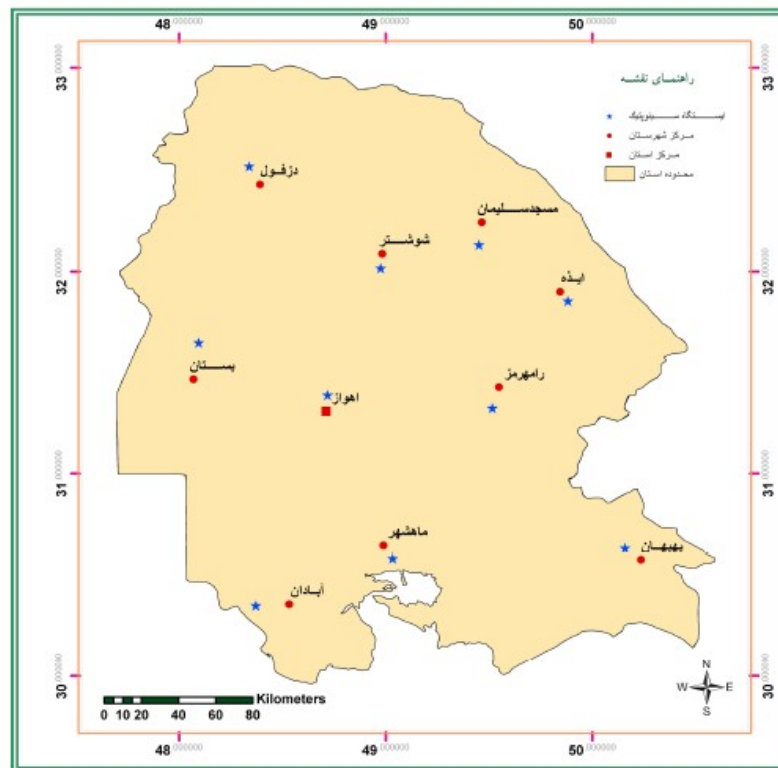
درجه و در دی ماه حدود ۱۰ درجه سانتیگراد است. حداکثر و حداقل درجه حرارت در همین ماه‌ها به ترتیب ۵۳ و ۹- درجه سانتیگراد است. منطقه‌ی مورد مطالعه را به لحاظ چینه‌شناسی، می‌توان به دو محدوده‌ی جنوب، غرب و جنوب شرق و نواحی شمال، شمال شرق و شمال غرب استان تقسیم کرد. وجود پهنه‌های فرسایشی جوان کواترنر در نواحی جنوب، غرب و جنوب غرب، در تولید گردوغبارهای داخلی مهم به است (Zarasvandi, 2009). استان خوزستان با اختصاص حدود ۳ درصد بیابان‌های کشور به خود، یکی از مراکز تقریباً بیابانی کشور محسوب می‌شود. در این بین با توجه به گسترش آبرفت‌های ماسه‌ای در گستره‌ی قابل توجهی از استان، به ویژه در نواحی دشت خوزستان و مناطق جنوب غربی استان، پرداختن به مطالعه‌ی مناطق بیابانی به ویژه در زمینه‌ی تعیین محدوده، تثبیت و کنترل بیابان‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (شکل ۱) (Khuzestan Enviromental Protection Office, 2016). از منظر جریان‌های هوایی نیز می‌توان گفت که بادهای منطقه‌ی خوزستان معروف هستند و در اثر تغییرات فشار هوا در فصل‌های مختلف سال به وجود می‌آیند. مهمترین بادهای خوزستان عبارتند از: سهیل، شمال، قوس، نشینی، سموم و چعب (Iranian Meteorology Organization of Khuzestan Province, 2015).



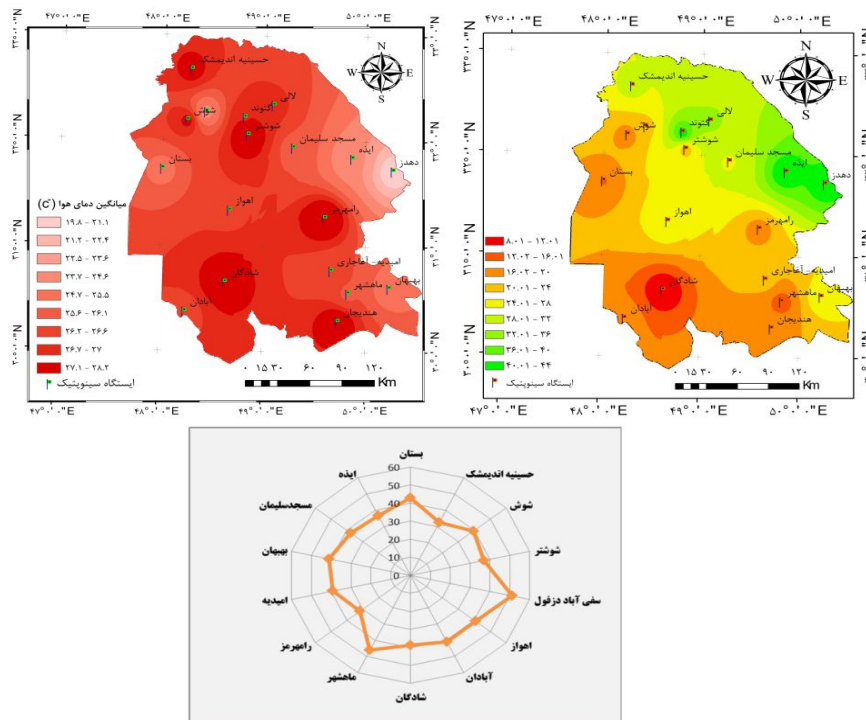
شکل ۱: موقعیت مراکز فرسایشی ۸ گانه نمونه برداری شامل پهنه‌های فرسایشی: ۱- شرق اهواز؛ ۲- شمال اهواز؛ ۳- حمیدیه؛ ۴- شمال بستان؛ ۴- غرب شوش؛ ۵- بستر هورالعظیم؛ ۶- امیدیه- آغاچاری؛ ۷- جنوب اهواز- شمال ماهشهر و ۸- هندیجان- بستر زهره.

۳- مواد و روش

مراحل مختلف مطالعاتی در این پژوهش را می‌توان در سه بخش گردآوری اطلاعات، نمونه‌برداری و بررسی‌های آزمایشگاهی عنوان کرد. در گام نخست، داده‌های مربوط به میانگین ماهیانه‌ی ۱۳ ایستگاه اقلیم‌شناسی (شکل ۲) در مناطق مختلف استان، از اداره کل هواشناسی خوزستان دریافت شد. اطلاعات دریافتی مشتمل بر داده‌های دما، بارش و رطوبت نسبی استان در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۹ است (شکل ۳). همچنین از مجموع ۲۰ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی در گستره‌ی استان خوزستان، داده‌های مربوط به ۱۳ ایستگاه از اداره کل هواشناسی استان خوزستان در زمینه‌ی فراوانی گرد و غبارهای داخلی (کد ۰۷) در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۹ تا ژوئن ۲۰۱۵؛ یعنی معادل تقریبی ۱۳۸۸-۱۳۹۴ گردآوری شد (شکل ۲). توضیح این امر لازم است که ده ایستگاه سینوپتیک واقع در استان، به عنوان ایستگاه‌های اصلی محسوب شده و سایر ایستگاه‌ها نیز به صورت اقماری در پیرامون ایستگاه‌های مذکور قرار گرفته‌اند (شکل ۲). در انتخاب ایستگاه‌های سینوپتیک، وجود پیوستگی زمانی در بانک اطلاعاتی-آماري و پوشش تمام گستره‌ی استان خوزستان مدنظر قرار گرفت (Iranian Meteorology Organization of Khuzestan Province, 2015). بهره‌گیری از داده‌ای ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی در بخش‌های مختلف استان خوزستان با هدف گردآوری اطلاعات مربوط به نوبت‌های وقوع گرد و غبار در استان صورت پذیرفت. با توجه به اطلاعات اخذ شده از این ایستگاه‌ها و پردازش آنها در اداره کل هواشناسی استان خوزستان، طوفان‌های گرد و غبار با منشأ داخلی (درون استانی) از سایر طوفان‌های با منشأ خارجی تمیز داده شد. در نهایت نیز از مجموع داده‌های ایستگاه‌های مذکور، پراکنش و فراوانی طوفان‌های گرد و غبار داخلی در استان خوزستان در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۹ برای تجزیه و تحلیل حاصل شد.



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در استان خوزستان (Zarasvandi, 2009).



شکل ۳: متوسط بارش (بالا سمت راست)، دما (بالا سمت چپ) و رطوبت نسبی (پایین) در استان خوزستان در بازه زمانی 2009-2015

در باب نمونه برداری نیز باید عنوان کرد که طی هماهنگی‌های صورت پذیرفته با اداره کل هواشناسی استان خوزستان، اطلاعات مربوط به پیش‌بینی وقوع طوفان‌های گرد و غبار در مناطق مختلف استان، به تیم پژوهشی اطلاع داده شد و با استفاده از این داده‌ها، نمونه‌گیری از ذرات گرد و غبار صورت گرفت. در این راستا، در مجموع تعداد ۳۲ نمونه TSP^1 از گرد و غبار روی داده در استان خوزستان، در بازه زمانی ۱۳۹۳/۱۱/۱۹ تا ۱۳۹۴/۶/۱۸ برداشت شد. در نهایت به منظور انجام مطالعات کانی‌شناسی رخدادهای غباری استان خوزستان و تعیین الگوی کانیایی این طوفان‌ها، تعداد ۱۱ نمونه گرد و غبار به آزمایشگاه مرکزی شرکت کانساران بینالود ارسال شد، با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) Philips مدل ۳۰۴۰ مورد آزمایش قرار گرفت و ترکیب کانی‌شناسی آنها تعیین شد. به علاوه، با هدف تعیین ریز ریخت‌شناسی ذرات گرد و غبار گردآوری شده در استان خوزستان، ۲۰ نمونه غبار نیز با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی لئو (مدل VP 1455) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز بررسی و ریخت‌شناسی آنها تعیین شد (جدول ۱). افزون بر این، با توجه به هدف مطالعه مبنی بر مقایسه‌ی کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی طوفان‌های گرد و غبار داخلی در استان خوزستان با مراکز بیابانی-رسوبی غبارخیز استان؛ در نتیجه نمونه‌برداری از مراکز رسوبی مستعد ایجاد گرد و غبار در خوزستان نیز انجام گرفت. تعیین مراکز مستعد غبارخیزی، با توجه به نقشه‌ها و داده‌های اداره کل منابع طبیعی خوزستان، همچنین از طریق پایش‌های میدانی صورت گرفت. در طی پایش‌های میدانی در ۸ مرکز بیابانی-رسوبی استان خوزستان (شکل ۱)، تعداد ۶۵ نمونه رسوب برداشت شد. برای تعیین کانی‌شناسی این رسوبات در مقایسه با ترکیب کانیایی ذرات گرد و غبار، تعداد ۱۱ نمونه رسوب در آزمایشگاه مرکزی شرکت کانساران بینالود با روش پراش پرتو ایکس (XRD) مورد آزمایش کانی‌شناسی قرار گرفت (جدول ۲).

¹ Total Suspended Particles

همچنین با عنایت به اینکه ریزدانه بودن رسوبات، توان تولید گرد و غبار توسط آنها را افزایش می‌دهد؛ در نتیجه به منظور تعیین محدوده‌ی دانه‌بندی مراکز بیابانی- رسوبی مورد مطالعه در خوزستان، دانه‌بندی نمونه‌های رسوب نیز با روش دانه‌بندی لیزری (LPSA) در دانشگاه شهید چمران اهواز صورت گرفت (جدول ۳).

جدول ۱: کانی‌شناسی - ریخت‌شناسی نمونه‌های برداشت شده از گرد و غبارهای استان خوزستان در بازه‌ی زمانی ۹۳-۹۴

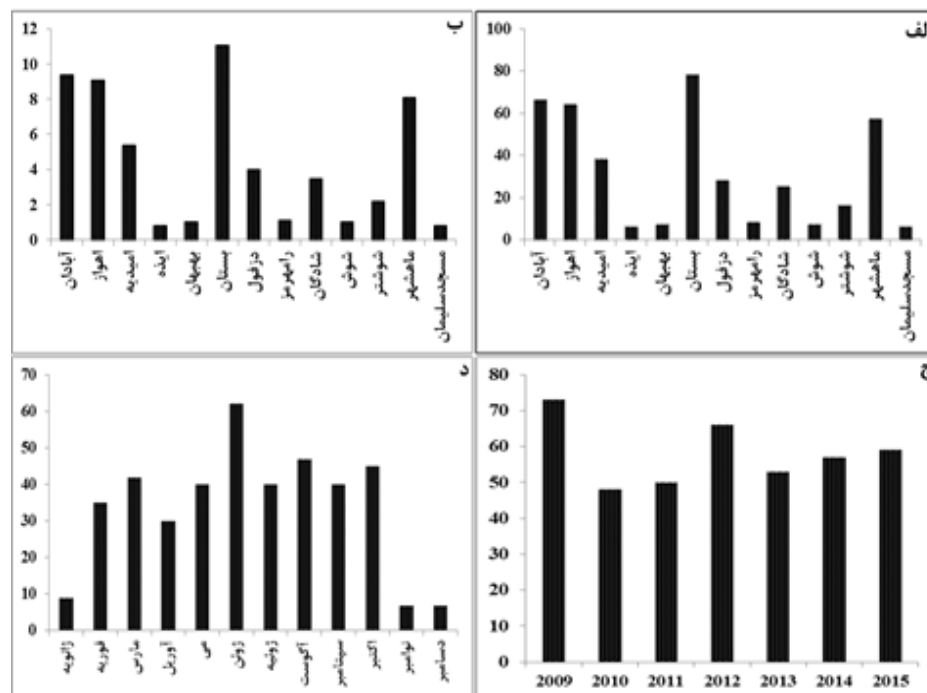
کد نمونه‌ها	ایستگاه نمونه‌برداری	نوع آنالیز	منشأ رخداد	فاز کانیایی اصلی	فاز کانیایی فرعی	فاز کانیایی کمیاب
T1	اهواز	XRD/SEM	داخلی	کلسیت، کوارتز، هالیت	آلبیت، ژپیس، دولومیت، کلریت و ایلیت	-
T2	اهواز	SEM	-	-	-	-
T4	اهواز	XRD/SEM	داخلی	کلسیت، کوارتز، هالیت و دولومیت	آلبیت، ژپیس، کلریت، موسکویت	-
T6	اهواز	XRD/SEM	داخلی	کلسیت، کوارتز، هالیت	آلبیت، ژپیس، کلریت و ایلیت	دولومیت
T8	هندیجان	XRD/SEM	خارجی	هالیت، کلسیت	آلبیت، دولومیت، کلریت و کوارتز	ژپیس و ایلیت
T11	بهبهان	XRD/SEM	خارجی	کلسیت، کوارتز، هالیت و دولومیت	آلبیت، کلریت و ایلیت	-
T12	اهواز	XRD/SEM	خارجی	کلسیت، کوارتز، آلبیت و دولومیت	ایلیت	کلریت، هالیت و ارتوکلاز
T13	اهواز	XRD/SEM	خارجی	کلسیت، کوارتز	ایلیت، آلبیت، دولومیت و هالیت	کلریت و ژپیس
T14	اهواز	XRD/SEM	خارجی	کلسیت، کوارتز	ایلیت، آلبیت، دولومیت و هماتیت	-
T15	اهواز	SEM	-	-	-	-
T16	اهواز	SEM	-	-	-	-
T17	هندیجان	XRD/SEM	داخلی	کلسیت، کوارتز، هالیت	ایلیت، آلبیت، دولومیت و کلریت	-
T18-1	هندیجان	SEM	-	-	-	-
T18	هندیجان	XRD/SEM	-	-	-	-
T19	اهواز	SEM	-	-	-	-
T20	اهواز	XRD/SEM	-	-	-	-
T21	اهواز	SEM	-	-	-	-
T17-1	بهبهان	SEM	-	-	-	-
T17-2	بهبهان	SEM	-	-	-	-
T22	اهواز	SEM	-	-	-	-

جدول ۲: کانی شناسی نمونه‌های رسوب برداشت شده از مراکز بیابانی استان خوزستان

کد نمونه‌ها	نوع آنالیز	منشأ رخداد	فاز کانیایی اصلی	فاز کانیایی فرعی	فاز کانیایی کمیاب
Kh-S5	XRD	شرق اهواز	-	-	-
Kh-S6	LPSA	شرق اهواز	کلسیت، کوارتز، هالیت	کلریت، ایلیت، آلپیت، ژپیس	دولومیت
Kh-S8	-	شرق اهواز	-	-	-
Kh-S14	XRD	شرق اهواز	کلسیت، کوارتز	کلریت، ایلیت، آلپیت و ارتوکلاز	دولومیت و هالیت
Kh-S17	XRD/LPS A	شمال اهواز	کلسیت، کوارتز و آلپیت	کلریت، ایلیت، دولومیت و ارتوکلاز	هالیت
Kh-S18	-	شمال اهواز	-	-	-
Kh-S22	-	سوسنگرد	-	-	-
Kh-S25	XRD/LPS A	سوسنگرد	هالیت، کلسیت و کوارتز	آلپیت، دولومیت، ایلیت و کلریت	ژپیس
Kh-S28	-	بستان	-	-	-
Kh-S29	XRD/LPS A	بستان	کوارتز، کلسیت، ژپیس و آلپیت	ایلیت	-
Kh-S30	LPSA	بستان	--	-	-
Kh-S34	-	هورالعظیم	-	-	-
Kh-S33	-	هورالعظیم	-	-	-
Kh-S38	XRD/LPS A	هورالعظیم	کلسیت، کوارتز، دولومیت و هالیت	ایلیت، آلپیت، کلریت	ژپیس
Kh-S42	XRD	جنوب اهواز	کلسیت، کوارتز	ایلیت، آلپیت، هالیت و دولومیت	-
Kh-S44	LPSA	جنوب اهواز	-	-	-
Kh-S46	XRD	جنوب اهواز	هالیت، کلسیت، دولومیت و کوارتز	ایلیت، آلپیت، ژپیس	-
Kh-S51	XRD/LPS A	امیدیه	کلسیت، کوارتز	ایلیت، آلپیت، دولومیت	-
Kh-S56	XRD/LPS A	هندیجان	کلسیت، کوارتز، هالیت و دولومیت	ایلیت، آلپیت، کلریت و ژپیس	-
Kh-S62	XRD	بستر زهره	کلسیت، کوارتز	ایلیت، آلپیت، دولومیت و ژپیس	هالیت

۴- یافته‌ها (نتایج)

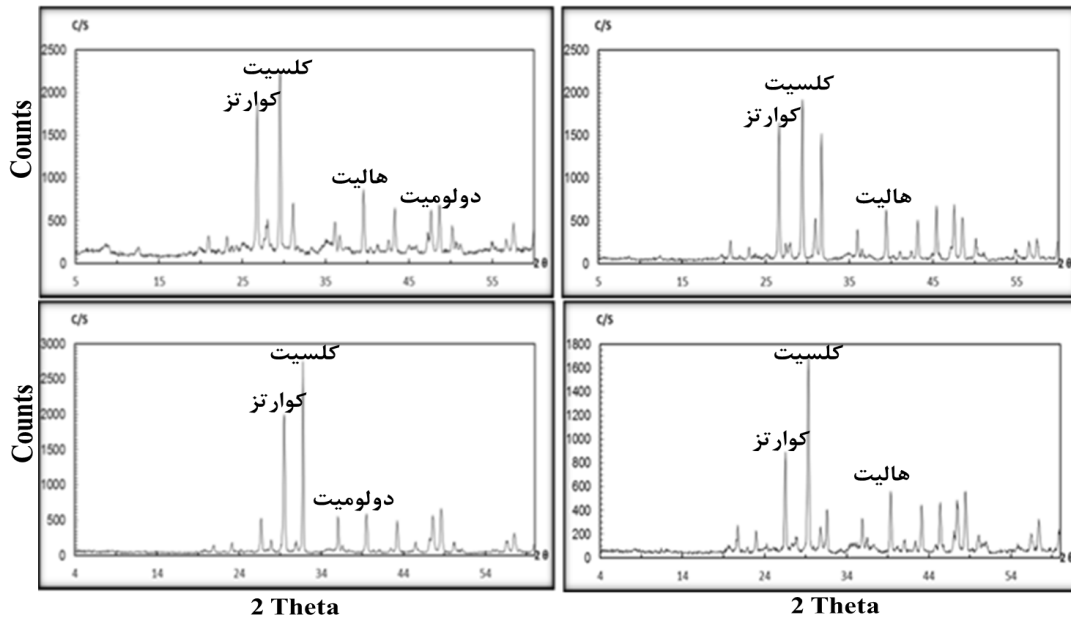
داده‌های گردآوری شده طی بازه‌ی زمانی ۲۰۱۵ - ۲۰۰۹، نشان می‌دهد که تعداد ۴۰۶ نوبت گرد و غبار با منشأ داخلی گزارش شده‌است (Iranian Meteorology Organization of Khuzestan Province, 2015). شهرهای بستان، آبادان، اهواز و ماهشهر با مجموع روزهای گرد و غباری بیش از ۵۰ نوبت در طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ژوئن ۲۰۱۵، از نظر رویداد گرد و غبار داخلی نسبت به سایر مناطق، فراوانی بیشتری ندارد. در مقابل، ایذه، شوش، مسجدسلیمان، رامهرمز و بهبهان با فراوانی کمتر از ۱۰ نوبت، میزان کمترین رخداد گرد و غبارهای با خاستگاه داخلی بوده‌است. بررسی در غالب دوره‌های تداوم ۱ الی ۳۰ روزه، به وضوح نشان می‌دهند که به جز ۱ مورد، تمامی موج‌های گرد و غبار با خاستگاه داخلی ثبت شده در ایستگاه‌های استان خوزستان، دارای کمینه تداوم ۱ روز و بیشینه تداوم ۳ روز هستند. به بیان بهتر، از میان ۳۵۸ موج گرد و غباری برخاسته از کانون‌های غبارخیز درون استانی - که در مجموع ۴۰۶ نوبت همراه با غبار را برای شهرهای گوناگون خوزستان به ارمغان آورده - تنها ۱ موج غباری با تداوم ۴ روزه در ایستگاه سینوپتیک بستان ثبت شده‌است. براساس توزیع میانگین سالانه‌ی روزهای همراه با گرد و غبار طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۹ تا ژوئن ۲۰۱۵، بستان واقع در شمال غرب استان با مجموع ۷۸ نوبت، بیشترین و ایستگاه‌های سینوپتیک ایذه و مسجدسلیمان با مجموع ۶ نوبت، کمترین تعداد روزهای همراه با گرد و غبار را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین سال ۲۰۰۹ با ۷۳ نوبت و سال ۲۰۱۰ نیز با ۴۸ نوبت، به ترتیب بیشترین و کمترین وقایع با گرد و غبار با خاستگاه درون استانی را به خود اختصاص داده‌اند. وجود ۶۶ نوبت همراه با گرد و غبار داخلی در سال ۲۰۱۲ نیز قابل توجه است. میانگین ماهانه نیز به روشنی نشان می‌دهد که ماه ژوئن با میانگین ۹ نوبت نسبت به بقیه‌ی ماه‌های سال، وقایع گرد و غباری بیشتری دارد. در این رابطه می‌توان بیان داشت که با شروع ماه‌های گرم، به تدریج بر فراوانی وقوع گرد و غباری افزوده می‌شود (شکل ۴).



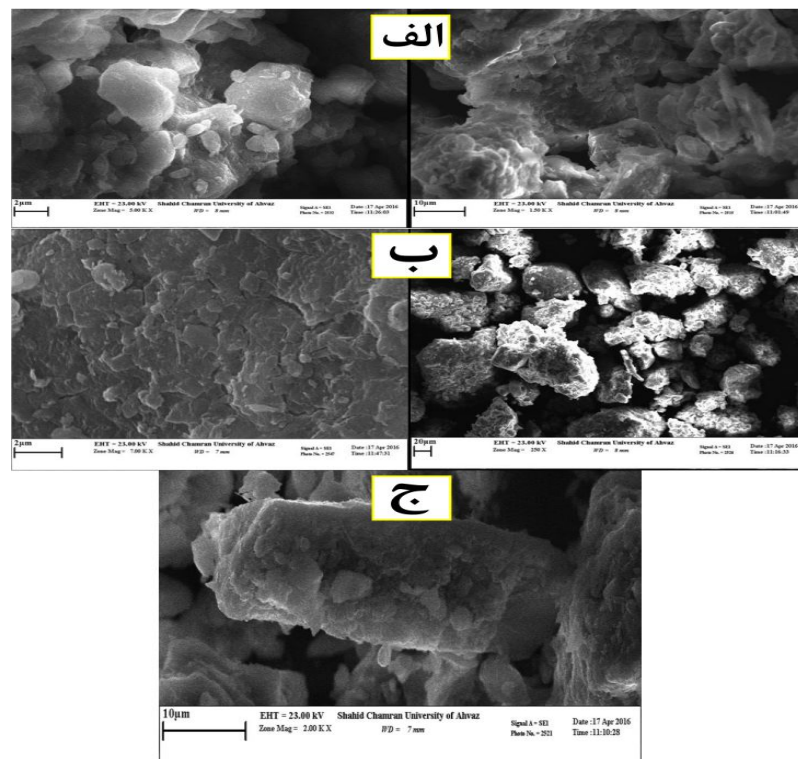
شکل ۴: نمودار فراوانی نقطه‌ای (الف)، روند پراکنش (ب)، فراوانی سالیانه (ج) و ماهانه (د) گرد و غبار داخلی در استان خوزستان

در ادامه، نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی نمونه‌های گرد و غبار نشان می‌دهد که کانی‌های نظیر کلسیت و کوارتز در تمامی نمونه‌های مورد آزمایش به عنوان اجزای کانیایی اصلی حضور دارند (شکل ۵). افزون بر این، کانی‌های کلسیت نیز در بیش از ۷۰ درصد نمونه‌ها در زمره‌ی کانی‌های اصلی قرار می‌گیرد که از اهمیت رسوبات حاوی ترکیبات تبخیری در انتشار گردوغبار حکایت دارد. همچنین دولومیت نیز در بیش از ۳۰ درصد نمونه‌های غباری آنالیز شده، در فاز کانیایی اصلی قابل مشاهده است. به علاوه، در زمینه‌ی کانی‌های فرعی نیز کانی آلپیت در تمامی نمونه‌ها حضور دارد و کانی‌هایی نظیر ژپس، کلریت، ایلیت و موسکویت نیز فازهای فرعی نمونه‌های غبار است. فازهای کمیاب کانیایی نیز ترکیباتی از قبیل دولومیت، ژپس، کلریت و هالیت را در خود جای داده‌اند (جدول ۱). براساس پایش‌های آزمایشگاهی صورت گرفته در این باب، گرد و غبارهای مورد مطالعه از منظر ریخت‌شناسی، انواعی از اشکال و رنگ‌ها را در بر می‌گیرند (Zarasvandi et al, 2011).

در زمینه‌ی ریخت‌شناسی ریزگردها در خوزستان، باید بدین مهم توجه داشت که در غبارهای با کانی‌شناسی غالب کلسیت، کوارتز و هالیت، معمولاً اشکال کروی و بلوری غالب هستند (شکل ۶- الف). البته تصاویر میکروسکوپی ریزگردهای جمع‌آوری شده، فراوانی ریزگردهای با اندازه‌ی کوچک را در گرد و غبار نشان می‌دهد. البته افزون بر اشکال بیان شده، اشکال متنوع دیگری از قبیل ساختارهای غیرکروی، نامنظم، منشوری و لوزی شکل، از مهم‌ترین ریخت‌شناسی‌های موجود در ذرات گرد و غبار مورد مطالعه هستند. همچنین در این باب می‌توان تجمعات آگرگاتی و صفحه‌ای (شاخص کائولینیت) را به کانی‌های رسی (شکل ۶- ب) و اشکال منشوری- لوزی را به کانی‌های تبخیری نسبت داد (شکل ۶- ج). براساس نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی، نمونه‌های رسوبات بیابانی ارسالی که در جدول ۲ آورده شده است، کانی‌های نظیر کلسیت و کوارتز در تمامی نمونه‌های مورد آزمایش به عنوان اجزای کانیایی اصلی حضور دارند. به بیان دیگر، کانی‌های کربناته کلسیت و سیلیکاته (کوارتز) در ۱۰۰٪ نمونه‌ها در فاز اصلی کانی‌شناسی حضور دارند. افزون بر این، کانی‌های هالیت نیز در بیش از ۴۵ درصد نمونه‌ها در زمره‌ی کانی‌های اصلی قرار می‌گیرد، البته وجود کانی‌های تبخیری از قبیل هالیت و ژپس در حدود ۵۵٪ نمونه‌ها در فاز کانیایی اصلی قابل مشاهده است که این امر گستردگی بالای حضور کانی‌های تبخیری در رسوبات موجود در استان خوزستان را به خوبی نشان می‌دهد. همچنین آلپیت، دولومیت و ژپس نیز در فاز کانیایی اصلی قابل مشاهده هستند. در زمینه‌ی کانی‌های فرعی نیز کانی آلپیت در اغلب نمونه‌ها حضور دارد و کانی‌هایی نظیر ژپس، کلریت، ایلیت و ارتوکلاز نیز فازهای فرعی نمونه‌های غبار است.



شکل ۵: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه‌های گرد و غبار



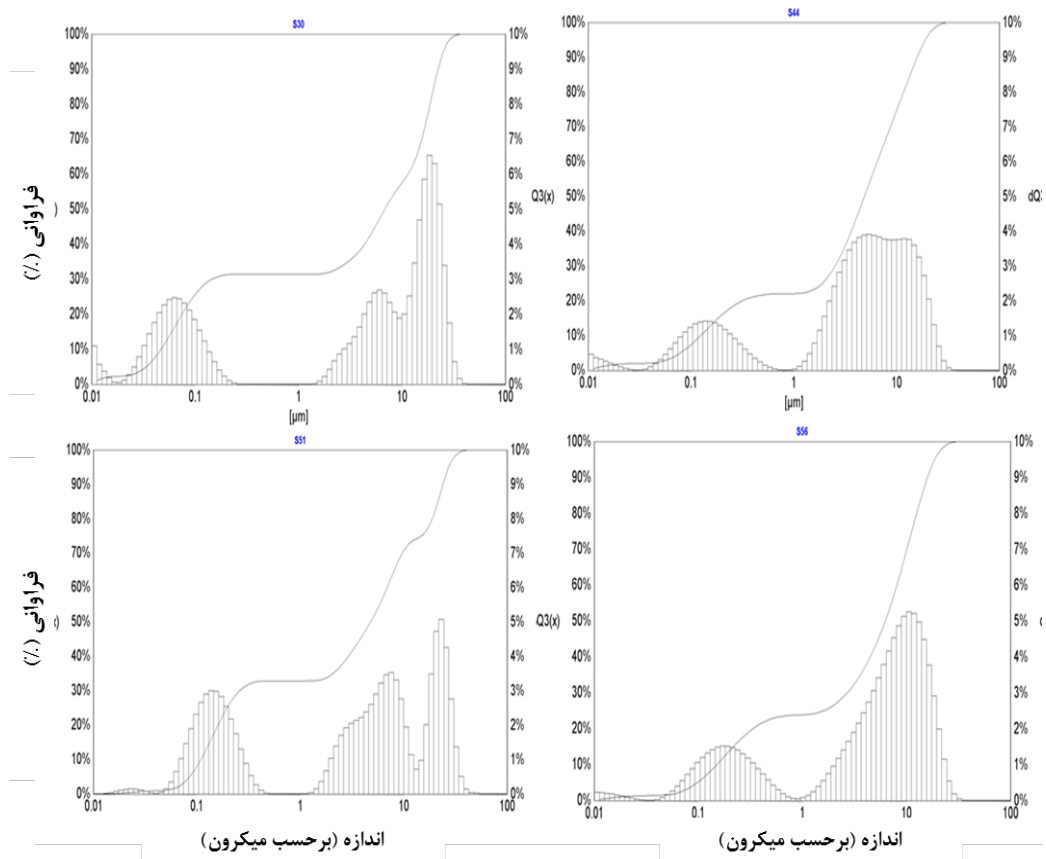
شکل ۶: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از بلورهای کلسیت در نمونه‌ی T4 (الف)، بلورهای رسی در نمونه‌ی T11 (ب) و بلورهای تبخیری در نمونه‌ی T17 (ج)

فازهای کمیاب کانیایی نیز ترکیباتی از قبیل دولومیت، ژپیس و هالیت را در خود جای داده‌اند. افزون بر این، نکته-ی مهمی که باید قابل توجه قرار گیرد، این است که در بیش از ۳۰ درصد نمونه‌ها ترکیب کربنات-سیلیکات، تنها ترکیب کانیایی غالب در فاز اصلی است. به همین صورت، در حدود ۲۰٪ نمونه‌ها نیز ترکیب کانی‌شناسی سیلیکات-تبخیری، تنها فاز کانی‌شناسی در نمونه‌ها است. نکته‌ی مهم دیگر اینکه در تمامی نمونه‌ها (۱۰۰٪ نمونه‌ها)، کانی‌های رسی به خصوص ایلیت به عنوان فاز فرعی حضور دارند.

در نهایت باید بدین مهم نیز توجه داشت که علاوه بر نقش انکارناپذیر اندازه‌ی ذرات در جذب عناصر - ذرات رس و سیلت نسبت به ذرات ماسه، در جذب و تمرکز عناصر قابلیت بیشتری دارند (Sweeten et al, 1998) - یکی دیگر از مهمترین شاخص‌هایی که در مطالعه‌ی پتانسیل غبارزایی مناطق فرسایشی- رسوبی، از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است، بررسی دانه‌بندی و مطالعه‌ی اندازه‌ی دانه‌های رایج در هسته‌های با پتانسیل غبارزایی است؛ از این رو، تعیین محدوده و پراکنش دانه‌های آواری در مراکز بیابانی- فرسایشی استان خوزستان برای نخستین بار، گام مهمی در زمینه‌ی تعیین مناطق مستعد برای غبارزایی است. قابل توجه اینکه نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تجزیه‌ی لیزری (LPSA)، اندازه‌ی ذرات برحسب میکرومتر (۰/۵۳-۰/۱۱) آنالیز و براساس سه استاندارد Q۱۰-Q۵۰-Q۹۰٪ تعریف و اندازه‌ی ذرات مشخص شد (جدول ۳). در این سه استاندارد، Q۱۰٪ بیانگر مد و به معنای میزان ذراتی است که از ۱۰٪ (زیرخط Q۱۰٪) کوچک‌تر است و Q۵۰٪ بیانگر میانه بوده و ذرات کوچک‌تر از ۵۰٪ و Q۹۰٪ مبین توزیع ذرات کوچک‌تر از ۹۰٪ است (Ghiasi khalf, 2016). نتایج ارائه شده نشان می‌دهد که پراکنش ذرات رسوبی در مراکز فرسایشی استان خوزستان با وجود تفاوت نسبی در شرایط محیطی- جغرافیایی، میانگین اندازه‌ای تقریباً مشابهی دارند که این اندازه نیز فراوانی بالای ذرات سیلت را نشان می‌دهد. البته پراکنش رس‌ها در نمونه‌ها نیز دیده می‌شود که این حضور بیشتر در ۱۰-۳۵ درصد نمونه‌ها به وضوح قابل مشاهده است. نکته‌ی دیگر اینکه، مهمترین تمایز پراکنش دانه-بندی را در استان خوزستان، می‌توان در تغییر اندازه در دانه‌های با حدود اندازه‌ای سیلت برشمرده که دامنه‌ای از حدود ۱۵ تا ۲۴ میکرومتر را در بر می‌گیرند (شکل ۷).

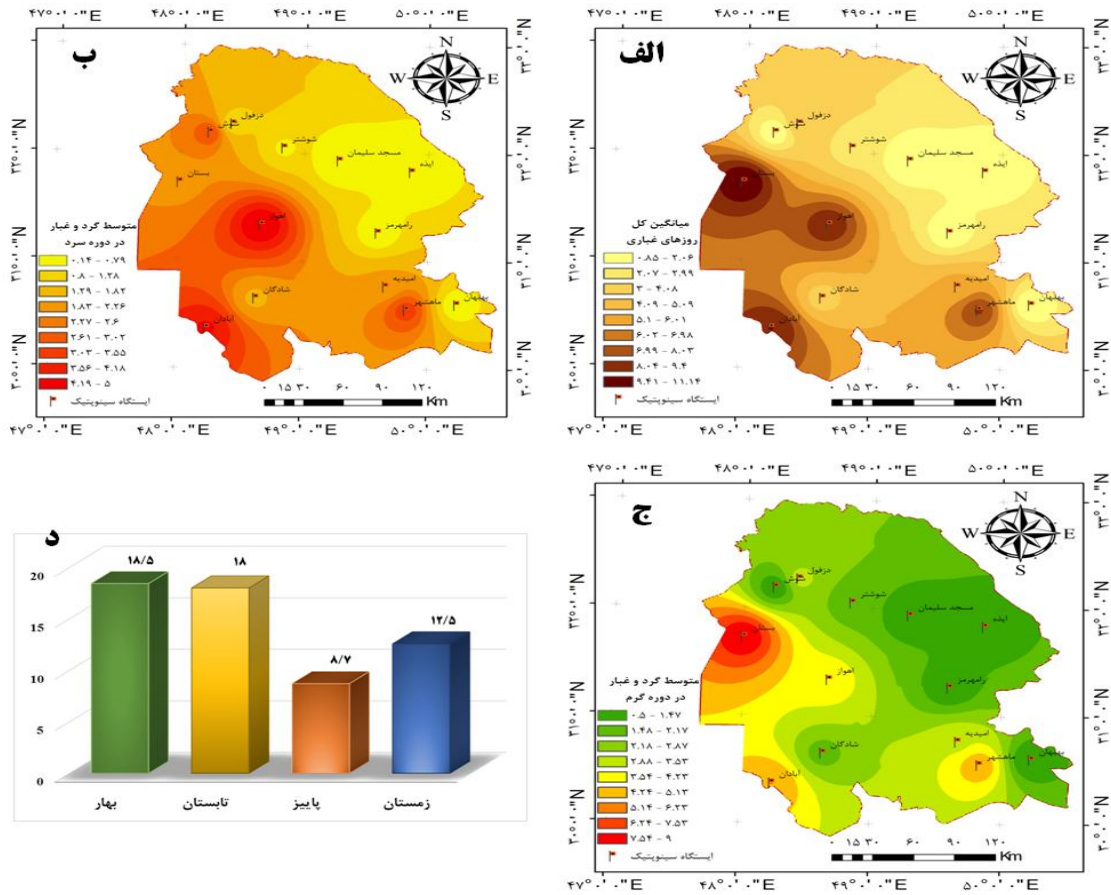
جدول ۳: نتایج آنالیز اندازه رسوبات بیابانی- فرسایشی در استان خوزستان با روش LPSA

شماره نمونه	اندازه ذرات (۰/۵۳-۰/۱۱ میکرومتر)			مرکز فرسایشی
	Q۹۰٪	Q۵۰٪	Q۱۰٪	
S6	۱۹/۳	۵/۵	۰/۰۶۸	شرق اهواز
S17	۱۵/۶	۴/۷	۰/۰۹	شمال اهواز
S25	۱۶/۴	۵/۰۵	۰/۱	سوسنگرد
S29	۲۲/۴	۴/۶	۰/۰۶	شمال بستان
S30	۲۲/۳	۵/۸	۰/۰۴	شمال بستان
S38	۱۸/۶۹	۵/۰۲	۰/۱۲	بستر هورالعظیم بیابان
S44	۱۵/۸۴	۴/۸۷	۰/۱۲	جنوب اهواز
S51	۲۳/۹	۴/۷۹	۰/۱	امیدیه-آغاجاری
S56	۱۵/۹	۶/۲۶	۰/۱۵	هندیجان

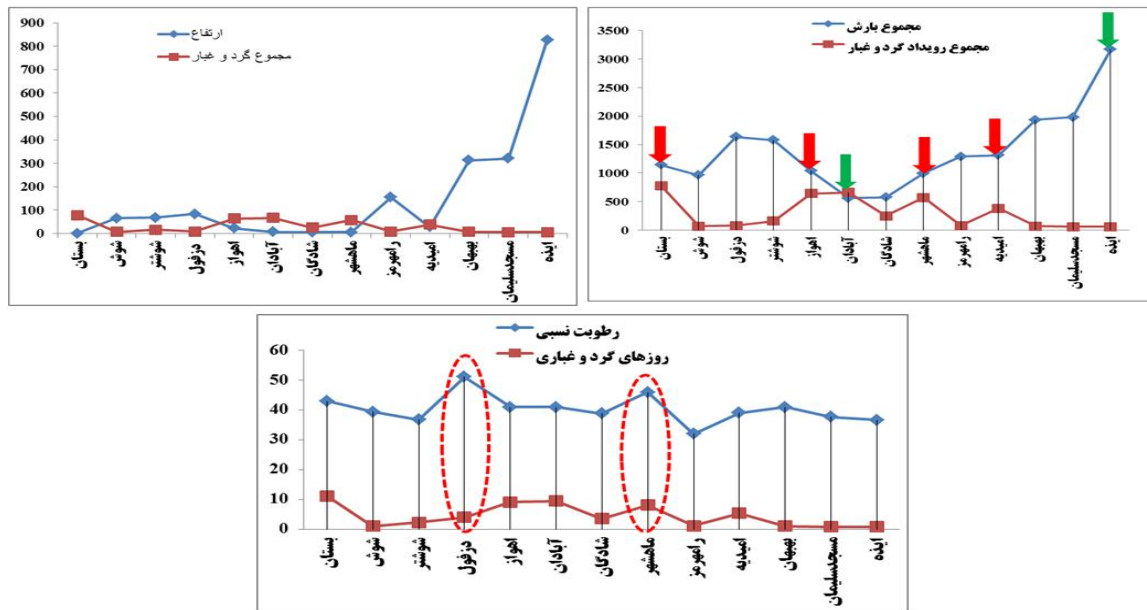


شکل ۷: نمودار تجمعی اندازه نمونه‌های رسوب S56 و S51، S44، S30 مربوط به مناطق مختلف استان خوزستان

بررسی مکانی- زمانی طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان، از فراوانی بالای رخدادهای گرد و غبار در مناطق شرقی استان حکایت می‌کند (شکل ۸). همچنین مطالعه‌ی ارتباط پراکنش و فراوانی طوفان‌های گرد و غبار با شاخص‌های اقلیمی نیز ارتباط پیوسته‌ی میان این شاخص‌ها را با گرد و غبار نشان نمی‌دهد (شکل ۹).

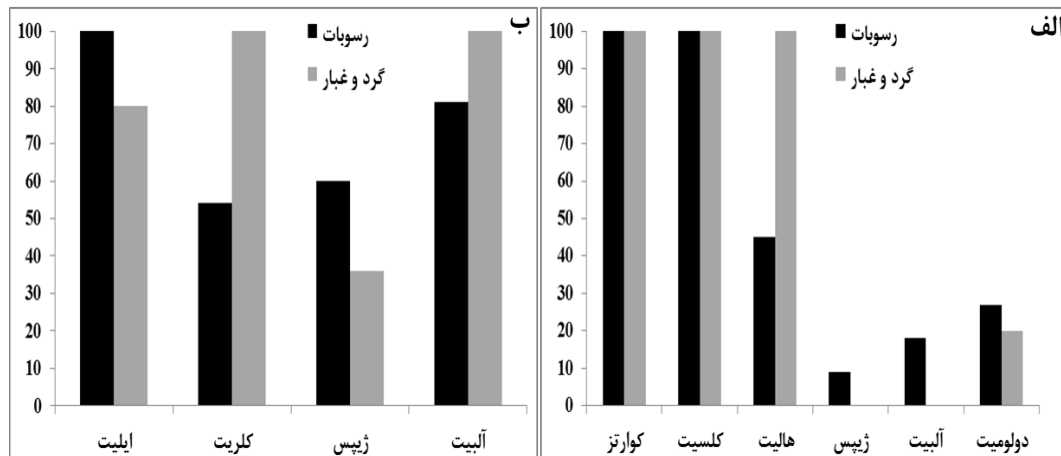


شکل ۸: متوسط فراوانی رخدادهای غباری در کل (الف)، دوره گرم سال (ب)، دوره سرد سال (ج) و فصول مختلف (د)

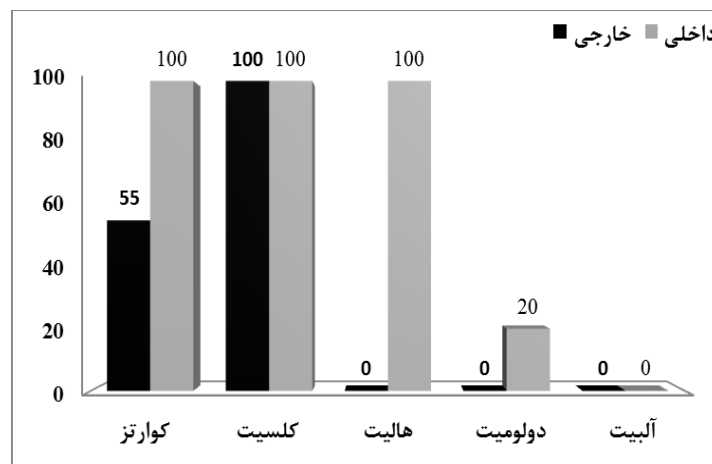


شکل ۹: بررسی همبستگی شاخص‌های اقلیمی با فراوانی رخدادهای غباری با منشأ داخلی در خوزستان

علاوه بر این، مقایسه‌ی کانی‌شناسی گرد و غبارهای داخلی با رسوبات جوان مناطق مختلف استان، به منظور بررسی نقش و تعیین سهم احتمالی پهنه‌های فرسایشی استان خوزستان در رویداد غبارهای داخلی، مشابهت بالای کانی‌شناسی طوفان‌های گردوغبار با منشأ داخلی را با پهنه‌های فرسایشی- بیابانی در این استان نشان می‌دهد (شکل ۱۰). به همین صورت، مقایسه‌ی ترکیب کانیایی طوفان‌های گرد و غبار با منشأ داخلی در استان خوزستان، با طوفان‌های غباری سایر مناطق کشور و گرد و غبارهای با منشأ خارجی، از تفاوت در ترکیب کانی‌شناسی طوفان‌های با منشأ مختلف حکایت دارد (شکل ۱۱). در گام بعدی، داده‌های کانیایی حاصل از آنالیز نمونه‌های گردآوری شده از رخدادهای گرد و غبار داخلی در استان خوزستان، با گزارش‌های ارائه شده از سایر مناطق جهان مقایسه شد (جدول ۴). مقایسه‌ی ترکیب کانیایی طوفان‌های غباری با منشأ داخلی در مقایسه با گرد و غبارهای سایر نقاط جهان، بیانگر تفاوت در ترکیب کانی‌های اصلی طوفان‌های خوزستان با دیگر نواحی جهان است.



شکل ۱۰: مقایسه‌ی فازهای کانیایی اصلی (الف) و فرعی (ب) در نمونه‌های رسوبی و گرد و غبار



شکل ۱۱: مقایسه‌ی فازهای کانیایی اصلی در نمونه‌های گرد و غبار با منشأ داخلی و خارجی

جدول ۴: مقایسه‌ی کانی‌شناسی رخدادهای غبار داخلی در استان خوزستان با سایر مناطق دنیا

ردیف	فاز اصلی	فاز فرعی	فاز کمیاب	ترکیب کانیایی پژوهش صورت گرفته
۱	کربنات، سیلیکات، تبخیری	ایلیت، کلریت، آلپیت، ژپس	دولومیت	پژوهش حاضر
۲	کوارتز و کلسیت	ژپس و هالیت	پلاژیوکلاز و ایلیت	(Offer and Azmon, 1994)
۳	کربنات و آلومینوسیلیکات	ترکیبات سدیم-سولفور	-	(Niu et al, 2016)
۴	رس‌ها، کلسیت و کوارتز	ایلیت و موتتموریلونیت	-	(Patey et al, 2015)
۵	آلومینوسیلیکات	هماتیت و فلدسپار	-	(Gunawardena et al, 2013)
۶	کوارتز و کربنات	-	-	(Ma et al, 2012)
۷	کوارتز، کلسیت، ایلیت و کلریت	ایلیت و کلریت	-	(Goudie and Middleton, 2001)

۵- بحث و نتیجه‌گیری

بررسی مکانی میانگین وقوع پدیده‌ی گرد و غبار در پهنه‌های متنوع استان نیز الگوی پراکنش مشاهده شده در زمینه‌ی مجموع روزهای گردوغباری را تأیید می‌کند و کاهش فراوانی غبار داخلی را از شرق به غرب استان نشان می‌دهد. الگوی مکانی مذکور تقریباً در تمامی سال‌های مطالعه شده؛ یعنی از سال 2009 تا ژوئن 2015 قابل تأیید است. بررسی مکانی میانگین روزهایی که در دوره‌ی گرم سال با گرد و غبار همراه و در ایستگاه‌های سینوپتیک استان در حال بررسی است، این واقعیت را نشان می‌دهد که گرد و غبار در شش ماهه‌ی دوره‌ی گرم سال، از سمت غرب استان خوزستان به ویژه بستان به سمت شرق آن به خصوص ایذه و بهبهان کاهش می‌یابد که این روند از روند طبقه‌بندی مکانی سالانه به خوبی تبعیت می‌کند. در مقابل، بررسی‌های انجام شده در طول دوره‌ی سرد سال نشان می‌دهد که بیشترین توزیع فضایی وقوع گرد و غبار، در نواحی مرکز و جنوب استان و پس از آن در نواحی غربی است. از سوی دیگر، کمترین پراکنش مکانی گرد و غبار با منشأ داخلی در بازه‌ی زمانی مذکور نیز به مناطق شرقی و شمال شرقی استان اختصاص دارد.

بررسی روند فصلی پدیده‌ی گردوغبار نشان می‌دهد که طی دوره‌ی آماری 2009-2015، فصل بهار با میانگین روز و فصل پاییز با میانگین ۸/۷ روز، به ترتیب از بیشترین و کمترین وقایع همراه با پدیده‌ی گردوغبار برخوردار بوده‌اند. به طور کلی، فصول گرم سال که شامل بهار و تابستان است با میانگین تقریبی ۱۸ نوبت، بیشترین روزهای گردوغباری را دارد، به نسبت فصول سرد که شامل پاییز و زمستان با میانگین تقریبی ۱۰ نوبت است. این موضوع می‌تواند ارتباط بین میزان بارش و تبخیر در این فصول را با وقوع پدیده‌ی گردوغبار نشان دهد. در ادامه نیز همبستگی فراوانی گرد و غبارهای داخلی با شاخص‌های اقلیمی در این استان بررسی شد. مقایسه‌ی مجموع رویدادهای همراه با

گرد و غبار داخلی با مجموع بارش این ایستگاه‌ها در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۹ تا ژوئن ۲۰۱۵، نشان می‌دهد که نمی‌توان میان بارش و رخداد گرد و غبار در تمامی ایستگاه‌های بررسی شده، همبستگی کاملاً منفی یا مثبتی را در نظر گرفت؛ به بیان بهتر، برخلاف گرد و غبارهای با منشأ خارجی که میان بارش و ارتفاع با فراوانی گرد و غبار رابطه‌ی معکوسی از خود نشان می‌دادند (Zarasvandi, 2009)، در زمینه‌ی گردوغبارهای با خاستگاه داخلی، این روند به صورت کامل صادق نیست. البته بررسی تأثیر میزان بارش در مقیاس سال آبی (مهرماه-مهرماه)، روند معکوس میان میزان بارش و فراوانی گرد و غبار را در خوزستان تأیید می‌کند. به همین صورت، مقایسه‌ی مجموع وقایع گرد و غباری در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۹ تا ژوئن ۲۰۱۵ با شاخص ارتفاع مشخص می‌کند که به مانند دما، میان ارتفاع و بروز گرد و غبار در مناطق گوناگون استان نیز روند یکسان و پیوسته منفی وجود ندارد؛ برای نمونه شادگان با ارتفاع ۴/۹ متر از سطح دریا، در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۵ - ۲۰۰۹ تنها ۲۵ روز غباری را تجربه کرده، در حالی که ماهشهر با ارتفاع ۶ متر از سطح دریا در همین مدت، ۵۷ روز همراه با گرد و غبار داشته‌است. در نهایت، بررسی همبستگی رطوبت نسبی با بروز این رویدادها، بیانگر این واقعیت است که رطوبت نسبی نیز همچون بارش، الگوی یکسانی را با تعداد روزهای همراه با گرد و غبار داخلی در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۹ تا ژوئن ۲۰۱۵ نشان نمی‌دهد. براساس داده‌های به دست آمده از این مطالعه، اوج عدم انطباق یاد شده در ایستگاه‌های ماهشهر و دزفول است؛ به گونه‌ای که دزفول با میانگین رطوبت حدود ۵۱ درصد، میانگین ۴ روز گرد و غباری دارد و روند خاصی را نشان نمی‌دهد. در ایستگاه ماهشهر نیز که به طور متوسط حدود ۴۷ درصد رطوبت نسبی دارد، میانگین روزهای گرد و غباری ۸/۱۴ ثبت شده‌است که در نتیجه، این شهر در زمره‌ی شهرهای با غبارپذیری بالا قرار می‌گیرد.

در باب بررسی کانیایی نیز براساس نتایج به دست آمده از بررسی‌های آزمایشگاهی، کانی‌شناسی این گرد و غبارها در استان خوزستان را می‌توان به صورت کلی در ۳ گروه عمده‌ی کربنات (کلسیت و بعضاً دولومیت در تمامی نمونه‌ها) های آنالیز شده در فاز اصلی کانیایی حضور دارند)، سیلیکات (حضور کانی کوارتز در ۱۰۰ نمونه‌ها) و تبخیری‌ها (در نمونه‌های با منشأ داخلی در ۱۰۰٪ نمونه‌ها، کانی هالیت دیده می‌شود) جای داد. توجه به این امر لازم است که نمونه‌های TSP - که ترکیب کل گرد و غبار از نظر اندازه‌ی ذرات را نشان می‌دهد - در زمینه‌ی نمونه‌های با منشأ خارجی در ۳۰ درصد نمونه‌های غباری، دارای ترکیب ثابت کربنات-سیلیکات در فاز اصلی است و در حدود ۱۰ درصد نمونه‌ها نیز فاز اصلی کلسیت-تبخیری را نشان می‌دهد. فراوانی کلسیت و کوارتز تقریباً در ۱۰۰٪ نمونه‌ها در گرد و غبارهای داخلی، به عنوان محصولات اصلی محیط‌های رسوبی تخریبی بیانگر منشأ کاملاً طبیعی برای ذرات گردوغبار خوزستان است. نکته‌ی دیگر اینکه کانی‌های رسی نیز در اکثر نمونه‌ها، خود را به صورت فازهای فرعی نظیر ایلیست نشان می‌دهند که می‌توانند نقش جاذب بعضی از فلزات سنگین را برعهده داشته باشند. اگرچه کانی‌هایی مانند کلسیت و دولومیت می‌توانند بیانگر سنگ‌شناسی اسیدی یا مافیک در ناحیه‌ی منشأ باشند، حضور کانی‌شناسی کلسیت، دولومیت، هالیت و ژپس، وجود سنگ‌شناسی تبخیری را تقویت می‌کند (Rashki et al, 2013). به احتمال فراوان، منشأ کانی‌های تبخیری موجود، از ترکیبات نمکی دریاچه‌ها و تالاب‌های فصلی و رسوبات آبرفتی جوان پراکنده در استان، به‌ویژه جنوب و جنوب غرب خوزستان نشأت می‌گیرد. نکته‌ی قابل توجه در باب پایش کانی‌شناسی گرد و غبارها در خوزستان این است که فراوانی کوارتز نسبت به کانی‌های فلدسپار (فقدان فراوانی بالای کانی‌ها نظیر پلاژیوکلاز،

میکروکلین و ارتوکلاز) در تمام منطقه بیشتر است. مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی کانی‌شناسی گرد و غبار در مناطق مختلف دنیا نیز نشان از این واقعیت دارد که فراوانی کانی کوارتز (تقریباً ۵۰ درصد) در مناطق نزدیک به منشأ تولیدکننده‌ی این کانی، بیش از سایر ترکیبات است؛ درحالی‌که با فاصله از منشأ، بر میزان کانی‌های فلدسپار (پلاژیوکلاز و میکروکلین) و کانی‌های فیلسیلیکاته (نظیر ایلیت و کائولینیت) افزوده می‌شود (Lawrence and Neff, 2009). به علاوه، کانی‌شناسی رسوبات برداشت شده از مناطق فرسایشی-بیابانی مستعد ایجاد هسته‌های غباری درون استانی را نیز همچون ترکیب کانیایی گرد و غبارها، می‌توان در ۳ گروه کربنات، سیلیکات و تبخیری جای داد.

نتایج حاصل به خوبی تأیید می‌کند که از نظر جنس و کیفیت کانی‌ها، در نمونه‌های رسوبی با نمونه‌های غباری در استان خوزستان تفاوت و تمایز قابل توجهی وجود ندارد و تمایزات، تنها به فراوانی کانی‌ها محدود می‌شود؛ به عبارت بهتر، مهم‌ترین فازهای کانیایی اصلی در نمونه‌های رسوبی و غباری بررسی شده عبارتند از: کلسیت، کوارتز، هالیت، ژیپس، آلپیت و دولومیت. در مورد فازهای فرعی نیز در هر دو مجموعه‌ی مورد پایش، کانی‌های ایلیت، کلریت، ژیپس و آلپیت مهم‌ترین کانی‌های فازهای فرعی است. مقایسه‌ی کانی‌شناسی گرد و غبار در استان خوزستان با غبارهای شرقی نظیر سیستان نیز از این واقعیت حکایت دارد که فراوانی کانی‌های اصلی در هر منطقه تا حد زیادی مشابه یکدیگر بوده و شامل کوارتز و کلسیت (گروه‌های کانیایی سیلیکات و کربنات) است. فراوانی سایر کانی‌ها از قبیل کلریت و آلپیت نیز در گرد و غبار خوزستان تشابه قابل ملاحظه‌ای با رخدادهای گرد و غبار در سیستان دارد و تنها تفاوت، فراوانی بالاتر کانی‌های میکایی نظیر موسکویت در منطقه‌ی سیستان است (Rashki et al, 2013). به علاوه، مقایسه‌ی ترکیب کانیایی گرد و غبار داخلی و داده‌های مربوط به گرد و غبارهای با منشأ خارجی گزارش شده توسط پژوهش‌هایی نظیر زراسوندی، ۱۳۸۸ (Zarasvandi, 2009)، زراسوندی و همکاران، ۱۳۹۴ (Zarasvandi et al, 2014) مبین این واقعیت است که ساختار کانیایی گرد و غبارهای با منشأ خارجی در ۳ گروه سیلیکات، کربنات و فیلسیلیکات قرار می‌گیرد؛ در صورتی که عمده کانی‌شناسی رخدادهای داخلی استان خوزستان در فازهای کانیایی اصلی را می‌توان در ۳ گروه سیلیکات، کربنات و تبخیری جای داد؛ به عبارتی، حضور کانی‌های تبخیری نظیر ژیپس و هالیت در وقایع غباری داخلی، بسیار پررنگ و انکارناپذیرتر است. فراوانی کوارتز در رخدادهای داخلی نیز حدود ۴۵٪ بیش از گرد و غبارهای خارجی است. افزون بر این کانی‌های هالیت، دولومیت و آلپیت در فاز اصلی کانی‌شناسی غبارهای داخلی مشاهده می‌شوند؛ در صورتی که هیچ کدام از این کانی‌ها در فازهای اصلی کانی‌شناسی رخدادهای خارجی وجود ندارد. پژوهش دیگر نیز نتایج فوق‌الذکر را تأیید می‌کند (Ahmady-Birgani et al, 2015).

مقایسه‌ی داده‌های کانیایی طوفان‌های غباری سایر مناطق دنیا با غبارهای خوزستان نیز نشان داد که ترکیب کانیایی گرد و غبارهای رخ داده در نواحی گوناگون جهان نیز به مانند وقایع غباری داخلی در استان خوزستان، در فازهای اصلی کانی‌شناسی خود، کانی‌هایی نظیر آلومینوسیلیکات‌ها، کلسیت، کوارتز و کانی‌های رسی را در بر می‌گیرد. قابل توجه اینکه کانی‌هایی مانند همتایت، فلدسپار و پلاژیوکلاز نیز به مانند گرد و غبارهای مورد پایش در پژوهش کنونی، در فازهای فرعی و کمیاب قرار می‌گیرند. البته نکته‌ی بسیار مهمی که به تمایز آشکار میان گرد و غبارهای داخلی خوزستان با سایر مناطق مورد مطالعه می‌انجامد، این است که در اکثر بررسی‌های منتشر شده، کانی‌های تبخیری نظیر هالیت و ژیپس سهم به‌سزایی در کانی‌شناسی غبارها ندارند؛ در حالی که در استان خوزستان تبخیری‌ها به ویژه هالیت،

پراکنش قابل ملاحظه‌ای در نمونه‌های مطالعه شده دارند. افزون بر این، آنچه مهم به نظر می‌رسد این است که آنالیز دانه‌بندی نمونه‌های برداشتی از تپه‌ها و مراکز ماسه‌ای مناطق مختلف استان نظیر شمال بستان و امیدیه- آغاچاری، همگی بیانگر پراکنش دانه‌های سیلتی است. در بسیاری از مناطق به خصوص نواحی مجاور مراکز بیابانی، گرد و خاک‌های ماسه‌ای نیز از اهمیت برخوردارند. در نتیجه در بسیاری از مطالعات، از گرد و غبارهای به وقوع پیوسته با عنوان گرد و خاک‌های ماسه و غبار (SDS یا DSS) یاد می‌شود. باید خاطر نشان کرد که اندازه‌ی ذرات در گرد و غبارهای در محدوده‌ی ۰/۱-۰/۰۵ میلی‌متر (Azhdari et al, 2015) و در گرد و خاک‌های ماسه‌ای در محدوده‌ی ۰/۳۰-۰/۱۵ میلی‌متر قرار می‌گیرد (Varoujan et al, 2013). در این راستا، بررسی اندازه‌ی ذرات در نمونه‌های گردآوری شده از استان خوزستان نشان می‌دهد که میانگین دانه‌بندی این نمونه‌ها با حدود ۱۸/۹ میکرومتر، از توان غبارزایی در تمامی مراکز بیابانی استان حکایت می‌کند. همچنین بررسی منحنی تجمع ذرات در نمونه‌های مذکور، نشان از این واقعیت دارد که تمامی مراکز بررسی شده در استان خوزستان از منظر دانه‌بندی با اندازه‌ی کمتر از ۰/۰۵ میلی‌متر، از این توان برخوردارند که در آن، رخدادهای گرد و غبار صورت گیرد. نکته‌ی مهم اینکه نتایج ارائه شده، نقش گرد و خاک‌های ماسه‌ای نسبت به گرد و غبارها را در نواحی پایش شده به صورت کمرنگ نشان می‌دهد.

منابع

1. Abed, A. M.; Al Kuisi, M.; & H. Abul Khair, 2009. Characterization of the Khamaseen (spring) dust in Jordan, *Atmospheric Environment*, 43(18), 2868-2876.
2. Achudume, A. C., & B. O. Oladipo., (2009). Effects of dust storm on health in the Nigerian environment. *Biology and Medicine*. 1(4), 21-27.
3. Ahmady-Birgani, H.; Mirnejad, H.; Feiznia, S.; & K. G. McQueen, 2015. Mineralogy and geochemistry of atmospheric particulates in western Iran, *Atmospheric Environment*, 119, 262-272.
4. Al-Dabbas, M.; Ayad Abbas, M.; & R. Al-Khafaji, 2011. The Mineralogical and Micro-Organisms Effects of Regional Dust Storms over Middle East Region, *International Journal of Water Resources and Arid Environments*, 1(2), 129-141.
5. Anuforum, A. C., 2007. Spatial distribution and temporal variability of Harmattan dust haze in sub-Sahel West Africa, *Atmospheric Environment*, 41(39), 9079-9090.
6. Azhdari, A.; Heidarian, P.; Joudaki, M.; Darvishi khatouni, J.; & R. Shahbazi., 2015. Identification the focus dust in Khuzestan province (preliminary report), *Geological survey and mineral exploration of Southwest*.
7. Chan, C. C.; Chuang, K. J.; Chen, W. J.; Chang, W. T.; Lee, C. T.; & C. M. Peng, 2008. Increasing cardiopulmonary emergency visits by long-range transported Asian dust storms in Taiwan, *Environmental Research*, 106(3), 393-400.
8. Chiapello, I.; Moulin, C.; & J. M. Prospero, 2005. Understanding the long-term variability of African dust transport across the Atlantic as recorded in both Barbados surface concentrations and large-scale total ozone mapping spectrometer (TOMS) optical thickness, *Journal of Geophysical Research*, 110 (18).
9. Ghiasi khalaf, R., 2016. Distribution and geochemical source of street dust in Asaluyeh petrochemical complex (one of the petrochemical complex in Asaluyeh). M.Sc. Thesis, Shahid Chamran University, Ahvaz., 114 pp. (in Persian)
10. Golsha, M.; Amra, B.; & M. Faghihi, 2003. Effects of Long-Term Occupational Silica Exposure on Pulmonary Function Tests in Fire Brick Workers, *Tanaffos*, 2(5), 23-28.

11. Goudie, A. S.; & N. J. Middleton, (2001). Saharan dust storms: nature and consequences, *Earth-Science Reviews*, 56(1-4), 179–204.
12. Gunawardena, J.; Ziyath, A. M.; Bostrom, T. E.; Bekessy, L. K.; Ayoko, G. A.; & P. Egodawatta, 2013. Characterisation of atmospheric deposited particles during a dust storm in urban areas of Eastern Australia, *Science of the Total Environment*, 461–462, 72–80.
13. Guo, J. H.; Rahn, K. A.; & G. S. Zhuang, 2004. A mechanism for the increase of pollution elements in dust storms in Beijing, *Atmospheric Environment*, 38(6), 855–862.
14. Houser, C. A.; & W. G. Nickling., (2001). The emission and vertical flux of particulate matter b10 µm from a disturbed clay-cruled surface, *Sedimentology*, 48(2), 255–267.
15. Iranian Meteorology Orgenization of Khuzestan Province, 2015. Daily reports of synoptic systems in 2009-2015 periods, 50 pp.
16. Huang, J.; Minnis, P.; Yan, H.; Yi, Y.; Chen, B.; Zhang, L.; & J. K. Ayers, 2010. Dust aerosol effect on semi-arid climate over Northwest China detected from A-Train satellite measurements, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 6863–6872.
17. Khuzestan Enviromental Protection Office, 2016. The map of Khuzestan erosion center, 2pp.
18. Kimura, R., & M. Shinoda, 2010. Spatial distribution of threshold wind speeds for dust outbreaks in northeast Asia, *Geomorphology*, 114(3), 319–325.
19. Krueger, B. J.; Grassian, V. H.; Cowin, J. P.; & A. Iaskin, 2005. Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy, *Atmospheric Environment*, 39(2), 395–395.
20. Lawrence, C. R., & J. C. Neff, (2009). The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition, *Chemical Geology*, 267(1-2), 46–63.
21. Lee, S.; Choi, B.; Yi, S. M.; & G. P. Ko, 2009. Characterization of microbial community during Asian dust events in Korea, *Science of the Total Environment*, 407(20), 5308–5314.
22. Linares, C.; Tobías, A.; & J. Díaz, 2010. Is there new scientific evidence to justify reconsideration of the current WHO guidelines for particulate matter during dust intrusions?, *Science of the Total Environment*, 408(10), 2283–2284.
23. Ma, Q.; Liu, Y.; Liu, C.; Ma, J.; & H. He, 2012. case study of Asian dust storm particles: Chemical composition, reactivity to SO₂ and hygroscopic properties , *Journal of Environmental Sciences*, 24(1), 62–71.
24. Martinez, C.; Prieto, A.; Garcia, L.; Quero, A.; Gonzalez, S.; & P. Casan, 2010. Silicosis: a Disease with an Active Present, *Archivos de Bronconeumologia*, 46, 97–100.
25. Meng, Z., & B. Lu., (2007). Dust events as a risk factor for daily hospitalization for respiratory and cardiovascular diseases in Minqin, China, *Atmospheric Environment*, 41(33), 7048–7058.
26. Meng, Z., & Q. Zhang, 2006. Oxidative damage of dust storm fine particles instillation on lungs, hearts and livers of rats, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 22(3) , 277–282.
27. Mush, D. R., & J. B. Benedict., 2006. Eolian additions to late quaternary alpine soil, Indian peaks Wilderness Area, Colorado Front Range, *Antractic and Alpine Research*, 38(1), 120–130.
28. Nadafi, K., 2009. Air pollution with emphasis the dust and their health effects and environmental, 12th National Conference on Environmental Health.
29. Niu, H.; Zhang, D.; Hu, W.; Shi, J.; Li, R.; & H. Gao.; et al, 2016. Size and elemental composition of dry-deposited particles during a severe dust storm at a coastal site of Eastern China, *Journal of Environmental Alsciences*, 40, 161–168.
30. Offer, Z. Y., & A. E. Azmon., 1994. Chemistry and mineralogy of four dust storms in the northern Negev Desert, Israel (1988-1992), *The Science of the Total Environment*, 143(2-3), 235–243.

31. Patey, M. D.; Achterberg, E. P.; Rijkenberg, M. J.; & R. Pearce., 2015. Aerosol time-series measurements over the tropical Northeast Atlantic Ocean: Dust sources, elemental composition and mineralogy, *Marine Chemistry*, 174 , 103–119.
32. Rashki, A.; Eriksson, P. G.; Rautenbach, C. J. d. e. W.; Kaskaoutis, D. G.; Grote, W.; & J. Dykstra, 2013. Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran, *Chemosphere*. January; 90(2), 227–236.
33. Rodriguez, I. E.; Ire, A.; & S. G. M. Marcos, 2009. Atmospheric inorganic aerosol of a non-industrial city in the centre of an industrial region of the North of Spain, and its possible influence on the climate on a regional scale, *Environmental Geology*, 56, 1551-1561.
34. Schussler, U.; Balzer, W.; & A. Deeken, 2005. Dissolved Al distribution, particulate Al fluxes and coupling to atmospheric Al and dust deposition in the Arabian Sea, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 52(14-15) , 1862–1878.
35. Shi, Z. B., & L. Y. Shao., (2004). Oxidative stress on plasmid DNA induced by inhalable particles in the urban atmosphere. *Chinese Science Bulletin*. 49(7), 692–697.
36. Spyrou, C.; Kallos, G.; Mitsakou, C.; Athanasiadis, P.; Kalogeri, C.; & M. Iacono, 2013. Modeling the radiative effects of desert dust on weather and regional climate, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 1327–1365.
37. Sweeten, J. M.; Parnell, Jr. CB.; Shaw, B.W.; & B. W. Auvermann, 1998. Particle size distribution of cattle feedlot dust emission, *Transactions of the ASAE, American Society of Agricultural Engineers*, 41(5), 1477-1481.
38. Tsai, Y. I., & C. L. Chen., (2006). Characterization of Asian dust storm and non-Asian dust storm PM_{2.5} aerosol in southern Taiwan, *Atmospheric Environment*. 40(25), 4734–4750.
39. Usher, C. R.; Michel, A. E.; & V. H. Grassian, 2003. Reaction on mineral dust, *Chemical review*, 103(12) , 4883-4940.
40. Varoujan, K. S., & N. Al-Ansari., (2013). Knutsson, S., Sand and dust storm events in Iraq. *Journal of Natural Science*. 10(5), 1084-1094.
41. Wang, X.; Dong, Z.; Zhang, J.; & L. Liu, 2004. Modern dust storms in China: an overview, *Journal of Arid Environments*, 58(4), 559–574.
42. Wei, A., & Z. Meng., 2006. Evaluation of micronucleus induction of sand dust storm fine particles (PM_{2.5}) in human blood lymphocytes. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 22(3), 292–297.
43. Wu, G.; Xu, B.; Zhang, C.; Gao, S.; & T. Yao, 2009. Geochemistry of dust aerosol over the Eastern Pamirs, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73(4) , 977–989.
44. Zarasvandi, A.; Carranza, E. J. M.; Heidari, M.; & E. Mousapour, 2014. Environmental factors of urinary stones mineralogy, Khuzestan Province, Iran, *Journal of African Earth Sciences*, 97, 368–376.
45. Zarasvandi, A.; Carranza, E. J. M.; Moore, F.; & F. Rastmanesh, 2011. Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran), *Journal of Geochemical Exploration*, 111(3), 138-151.
46. Zarasvandi, A., & M. Heidari, 2015. Iranian Dust Storm; from geological perspective. Shahid Chamran University of Ahvaz Publisher.
47. Zarasvandi, A., 2009. Environmental assessment of dust phenomenon in Khuzestan province. First phase, the plan of Khuzestan Environmental Protection Office, 270pp.

Distribution of Spatio-Temporal Mineralogy and Micro-Morphology of Dust Occurrences and Centers with Internal Sources in the Khuzestan Province

Ahmadreza Lahijanzadeh: *Ph.D Student of Environmental Geology, Azad University, Science and Research Branch, Ahvaz & Environmental Protection Office of Khuzestan Province*

Alireza Zarasvandi¹: *Professor of Department of Geology, Faculty of Earth Sciences & Dust Research Center, Shahid Chamran University of Ahvaz*

Ziauddin Shoaie: *Assistant Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute & Environmental Protection Office of Iran*

Majid Heidari: *Ph.D candidate in Economic Geology, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz*

Sedigheh Jalali: *Ms.C Student in Environmental Geology, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz*

Zahra Fereydouni: *Ph.D Student in Economic Geology, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz*

Article History (Received: 13.05.2017 Accepted: 21.10.2017)

Extended abstract

1- Introduction

Dust occurrences as natural events are common in arid, semi-arid and desert areas. Investigation of the dust with internal sources in the Khuzestan province including about 15 percent of the dust events coming to the region and the presence of the annual average of 50 times of the internal dust (with the concentration maximum of PM₁₀ particles more than 8000ppm in Khuzestan) is very important. Recently, air pollution due to the occurrence of dust is one of the worst environmental problems in the western and southwestern Iran, especially the Khuzestan province. Dust mineralogy is an important factor in source identification of the particles. In this way, frequency, distribution, mineralogy and morphology of the internal dust and so the depositional centers susceptible to dust production in this province were studied for the first time. The source, generation, transport and sediment of dust have been paid significant attention by the scientific community. Investigations of dust events are important because of the impact of the dust on the environment, particularly on the health and human biological system. The regional dust had negative effects on the health of human life which can cause asthma, bronchitis and lung diseases due to their carrying micro-organisms. Dust causes severe soil erosion, desertification, and a significant reduction in the agricultural production and farming as well. Thus, such a crisis is concerned with economic consequences in the short- and long-term periods. In this way, distribution, mineralogy and morphology of the internal dust and so depositional centers susceptible to dust producing in this province were studied for the first time.

2- Methodology

At first, the frequency and the spatial-temporal data related to the internal dust (Code 07) over the 2009-2015 periods were investigated using 13 synoptic data stations in Khuzestan. 32 TSP samples of dust and 65 sediment sample were taken. Mineralogical study of the 11 dust samples associated with 11 sediments samples were determined by X-Ray Diffraction (XRD) using Philips 3040 PW at Kansaran Binaloud Company in Pardis Science and Technology Park, Tehran, Iran. With regard to morphology studies, Scanning Electron Microscopy (SEM) was used on 20 internal and external dust samples at the central laboratory of Shahid Chamran University of Ahvaz (LEO 1455 VP). Also, grading analysis of the erosional zones using LPSA method and Q10- Q50- Q90% standards were done on 11 samples at the central laboratory in Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

3- Results

The obtained data shows 406 times internal dust in the studied period. Also, the internal dust has a continuity between 1-3 day(s). Bostan, the northeastern city, with the annual frequency of 78 days, has the maximum, and Izeh

¹ Corresponding Author: Zarasvandi_a@scu.ac.ir

and Masjid Suleiman, with the annual mean of 6 days, has the minimum duration of the dust in the province. With regard to time, the year of 2009 and the month of June have experienced the largest amounts of dust. Also, the frequency and duration of the internal-derived dust are compatible with the east-western and north-southern increasing trend. The temperature, height, relative humidity and precipitation indexes do not show the same pattern as the frequency of the internal dust in 2009-June, 2015 period.

4- Discussion & Conclusions

Mineralogical study of the 11 dust samples and 11 sediments samples using XRD shows that carbonates, silicates and evaporates are the main mineralogy composition of the internal dust and the erosional sediments in Khuzestan. Halite and dolomite are considered as the main minerals of dust particles, respectively, in over the 70 and 30 percent of the samples, respectively. Evaporate minerals such as gypsum and halite are found more in the internal dust compared with the external dust coming to Khuzestan. Also, quartz frequency in the internal dust occurrences is about 45% more than the dust occurrences from the neighboring country. In addition, minor minerals such as albite are present in all the samples and the other minerals including gypsum, chlorite, illite, and muscovite are the minor minerals in the dust samples as well. SEM analysis shows that spherical and crystalline shapes are the most abundant ones in the dust with calcite, quartz and halite composition. Grading analysis of the erosional zones using LPSA method and Q10- Q50- Q90% standards, illustrates high amounts of silt particles in the Province. But clay distribution was seen in 10-35% of the samples. 15-24 μm is the predominant grading range in Khuzestan. Mean grading of these samples with about 18.9 μm , is a sign of dust-producing potential of all the desert centers in the Khuzestan province.

Key Words: Khuzestan, Grading, Morphology, Mineralogy, Internal dust.