



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و پنجم، پاییز ۱۳۹۹

صص ۳۷-۲۱

DOI: <https://dx.doi.org/10.22067/geo.v9i3.87970>

مقاله پژوهشی

## منشأیابی و بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات گردوغبار در شهرستان سرخس

معصومه درمانی - دانش آموخته دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان، ایران

هایده آراء<sup>۱</sup> - استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده کورشناسی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

علیرضا راشکی - دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

آبرادات مافی - کارشناس زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرق کشور، مریی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۶/۲۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۷/۱۵

### چکیده

شهرستان سرخس در شمال شرقی ایران، با آب و هوایی خشک و بیابانی در استان خراسان رضوی قرار دارد. این شهرستان اگرچه در حوزه آلاینده‌های گازی مشکلی ندارد، اما ریزگردها بیشتر از گذشته باعث بروز روزهای ناسالم می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، بر فراز شهرستان سرخس و شناسایی منابع و کانی‌های تشکیل‌دهنده گردوغبار است. نمونه‌برداری به صورت تکرار مکانی در هنگام فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۸ صورت پذیرفته است. این پژوهش بر روی ذرات ریز گرد با اندازه کمتر از ۱۰ میکرومتر در ارتفاع ۲-۴ متری از سطح زمین انجام شده است. با استفاده از روش‌های طیف‌سنجی القایی، پراش پرتو ایکس، فلزات و کانی‌های حاضر در ذرات گردوغبار شناسایی و با به کارگیری میکروسکوپ الکترونی و آنالیز لیزری، شکل ذرات و اندازه آن‌ها تعیین گردیده است. طبق نتایج به دست آمده. فلزات: کلسیم، آلومینیوم، سدیم، آهن، گوگرد، تیتانیوم، بر، منگنز، روی و استرانسیوم بالاترین میزان غلظت را در گردوغبار روستاهای تعیین شده، دارند. بررسی کانی‌شناسی ذرات گردوغبار نشان می‌دهد که بیشترین غلظت کانی رسی تشکیل‌دهنده ذرات شامل: کائولینیت، کلریت، کوارتز، کلسیت، ژیبس است. کلسیم و آلومینیوم نیز با بالاترین میزان غلظت در بین فلزات محلول نشانگر منشأ خاکزاد بودن گردوغبار منطقه می‌باشد. همچنین برای عناصر همانند: استرانسیوم و گوگرد و ژیبس می‌توان منشأ تبخیری برای آن در نظر گرفت، از سوی دیگر غلظت بالای عناصر سمی و شیمیایی شامل:

آرسنیک، سرب و روی را می‌توان به پالایشگاه خانگیران نسبت داد. بنابراین گردوغبار منطقه سرخس دارای سه منشأ خاکزاد، تبخیری و شیمیایی می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** ذرات گردوغبار، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، XRD, SEM

## ۱. مقدمه

گردوغبار به عنوان یکی از مهم‌ترین منبع آلودگی‌های جوی از ابعاد مختلف مورد توجه محققان بوده است. اگرچه رویدادی طبیعی است، اما فعالیت‌های انسانی در تشدید آن می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای داشته باشد. این پدیده در بخش‌هایی از جهان که دارای مناطق خشک و بیابانی وسیع هستند، ایجاد می‌شود. کشور ایران به دلیل این مشکل و همجواری بودن با بخش وسیعی از پهنه‌های بیابانی تحت اثر نامطلوب پدیده گردوغبار قرار می‌گیرد (رسولی و همکاران، ۱۳۸۹). بررسی سابقه مطالعات توفان گردوغبار از منابع اطلاعاتی نشان داد که بیشتر محققان (۶۱/۴۰ درصد) از روش آماری-سینوپتیکی برای مطالعه توفان‌های گردوغبار استفاده کردند و مهم‌ترین شاخص‌هایی که در ویژگی‌های فیزیکی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت، فراوانی و تراکم بود که به ترتیب ۳۴/۲۱ و ۳۴/۲۱ درصد از مطالعات را به خود اختصاص داده‌اند (آرامی و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعات پژوهشگران نشان می‌دهد ترکیب کانی‌شناسی ذرات گردوغبار با توجه به منطقه‌ای که ذرات از آن منشأ گرفته‌اند تغییر می‌کند و به عبارت دیگر منعکس کننده ترکیب کانی‌شناسی منبع می‌باشد (زراسوندی، ۱۳۸۸).

کریمیان و همکاران در سال (۱۳۹۵) به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی ذرات گردوغبار ریزشی بر فضای شهر اهواز پرداخته‌اند و منشأ توفان‌های گردوغبار با غلظت و مدت زیاد را به عوامل خارجی مانند اراضی خشک شده و مستعد فرسایش در مرز ایران و عراق مانند: تالاب هورالعظیم نسبت دادند که فاکتورهای داخلی تشدیدکننده آن‌ها می‌باشد. خاتونی در سال (۱۳۹۵) به بررسی رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی رسوبات دشت خوزستان با نگرش بر پتانسیل ایجاد ریزگرد پرداخت. در این مطالعه، ۷۱ نمونه رسوب سطحی از دشت برداشت گردید. نمونه‌ها در آزمایشگاه مورد آنالیز دانه‌بندی و عنصری قرار گرفت. بررسی‌های رسوب‌شناسی نشان داد که اندازه رسوبات در حد گل، گل ماسه‌ای و ماسه گلی در برخی نقاط با کمی گراول می‌باشد که غالباً دارای منشأ رودخانه‌ای می‌باشد، با توجه به پراکنش درصد رس (ذرات زیر ۲ میکرون) می‌توان مناطق دارای پتانسیل ایجاد ریزگرد را شناسایی کرد. بر اساس مطالعات زمین‌شیمی، سه منشأ اصلی برای عناصر موجود در رسوبات دشت خوزستان می‌توان در نظر گرفت: عناصر As, Be, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Er, Eu, Ga, Gd, Ge, Hf, La, Li, Lu, Mn, Nb, Nd, Ni, P, Pr, Rb, Sc, Sm, Sn, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tm, U, V, Y, Yb, Zn, Zr, B, Ag, Mo, S, Sr با منشأ آواری، عناصر Ba, Pb, Se, Dy, Tl, W با منشأ تبخیری و برخی نقاط آلودگی‌های برجای مانده از جنگ تحمیلی و عناصر Ba, Pb, Se, Dy, Tl, W تحت تأثیر آلودگی‌های شیمیایی و آلی می‌باشد، نتیجه تغییرات عناصر نادر و نسبت آن‌ها، خاستگاه رسوبی و نزدیک به

سطح را، برای سنگ یا رسوبات مادر نمونه‌های دشت خوزستان تأیید می‌کند. بشیری خوزستانی در سال (۱۳۹۵) نیز به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی ذرات معلق بزرگ‌تر از ۱۱ میکرومتر در استان کردستان، غرب ایران پرداخت. او اندازه‌گیری میزان بارش ذرات معلق در واحد سطح از دانشگاه کردستان انجام داد. همچنین مقادیر فلزات قلیایی و قلیایی خاکی  $\text{Na, K, Ca}$  و  $\text{Mg}$  را با استفاده از روش جذب اتمی و در کنار آن فراوانی و نوع کانی‌های تشکیل دهنده این ذرات با استفاده فروردین‌ماه لغایت اسفندماه ۱۳۸۹ به مدت یک سال را به روش سنجش انباشت در محوطه از آنالیز تفرق اشعه ایکس (XRD) در نمونه‌های آوری شده مورد بررسی قرارداد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ترکیبات موجود در این ذرات می‌تواند تأکیدی بر منشأ خاک‌زاد برای این ذرات معلق در غرب ایران باشد. همچنین جعفری در سال (۱۳۹۶) با بررسی ریزگردهای شهر کرمان منشأ گردوغبار را از خاک‌های شور و قلیایی اطراف کرمان معرفی نمود.

در پژوهشی که توسط مودیش<sup>۱</sup> بر روی ریزگردهای موجود در شهر ریاض در عربستان سعودی صورت پذیرفت به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ترکیب کانی‌شناسی و نیز مطالعات دانه‌بندی ذرات پرداخته شد و منجر به شناخت منشأ رسوبات در سه بیابان احاطه‌کننده منطقه مورد مطالعه گشت. همچنین نتایج حاکی از این بوده است که تمامی نمونه‌های برداشت شده دارای مقادیر فراوان کربنات کلسیم بوده است که نشانگر وجود خاک‌های غنی از آهک و دولومیت متعلق به قاره عربی می‌باشد.

برومندی<sup>۲</sup> و همکاران در سال (۲۰۱۷) به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گردوغبار شهر اهواز پرداخت و به منظور توزیع دانه‌بندی از آنالیز لیزری و بررسی ترکیبات شیمیایی از اشعه فلورانس X اسپکتروفتومتر جذب اتمی پراش اشعه X استفاده نمود. نتایج حاکی از آن بود که طوفان‌های شهر اهواز از کشورهای همسایه بود. تجزیه و تحلیل میکروسکوپ الکترونی از نمونه‌های گردوغبار نشان می‌دهد که گردوغبار هوا، نامنظم، زاویه‌ای گرد شده است، اندازه ذرات گردوغبار از ۰/۱ تا ۰/۵۵ میکرومتر متفاوت بوده است. تجزیه و تحلیل شیمیایی و کانی‌شناسی ذرات گردوغبار منطقه نشان داده است که بیشترین سهم ترکیبات تشکیل دهنده آن شامل: سیلیس، آلومین و کربنات کلسیم است و نشان داده است که منشأ احتمالی این ذرات کشورهای همسایه و جنوب غربی ایران بوده است. عناصر ردیابی تشخیصی  $\text{Cr, Co, Ni, Zn, S, Mo, Hg}$  منابع غیر پوسته‌ای داشتند به‌طورکلی، گردوغبار هوا در شهر اهواز از نظر ژئوشیمیایی بسیار مشابه نمونه‌های گردوغبار در سایر نقاط جهان است.

پاراجولی و ژندر<sup>۳</sup> در سال (۲۰۱۷) به بررسی ارتباط واحدهای ژئومورفولوژی و انتشار گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به کمک نقشه‌های زمین‌شناسی، به تولید نقشه رسوب در مقیاس جهانی پرداخت و در نهایت واحد

---

1 Modish

2 Broomandi

3 Parajuli and Zender

پلایا و سبخاها را در تولید گردوغبار معرفی کرد و نشان داد که رسوب عرصه و ذرات گردوغبار به نوع سطح زمین مرتبط است.

طرقه<sup>۱</sup> و همکاران در سال (۲۰۲۰) به منظور ارزیابی و بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی ذرات گردوغبار جوی در شهر شیراز (جنوبی) پرداخته است، نمونه‌های گردوغبار جو با استفاده از سینی‌های شیشه‌ای با روش جمع‌کننده خشک جمع‌آوری شد. ترکیب عناصر از طریق نوری پلاسما به صورت القایی انجام شد. طیف‌سنجی انتشار داده‌های هواشناسی نشان داد که گردوغبارترین روزها معمولاً در بهار و تابستان بوده است، تجزیه و تحلیل پراش پرتو X از نمونه‌های گردوغبار جوی نشان داد که درصد ترکیبات کانی‌شناسی گردوغبار جوی به ترتیب از بیشترین به کمترین شامل: کلسیت و دولومیت (۲۴٪)، پالیگورسکیت (۱۸٪)، کوارتز (۱۴٪) مسکویت (۱۳٪)، آلیت (۱۱٪)، کائولونیت و گچ (۷٪)، زیرگون (۴٪)، آنتاز (۳٪) بوده است. میکروسکوپ الکترونی رویشی (SEM)<sup>۲</sup> نشان داد: اندازه گردوغبار جمع‌آوری شده از ۵۰-۰/۸ میکرومتر متفاوت است، اما اندازه ۱۰ میکرومتر اندازه غالب بود. گردوغبار جوی جمع‌آوری شده دارای بلورهای مثلثی و اشکال نامنظم و نیمه گرد است. علاوه بر آن تولید گازهای گلخانه‌ای از دریاچه‌های خشک، مانند تالاب هور العظیم (واقع در جنوب غربی ایران)، همچنین به گردوغبار منطقه کمک کرده است.

وجود عرصه‌های بیابانی، فقر رطوبت، کاهش پوشش گیاهی، خشکسالی، هم‌جهت بودن با بادهای غالب ۱۲۱ روزه سیستان، کانون بحرانی مهم‌ترین عوامل داخلی و خارجی وقوع ریزگردها در سرخس است، بنابراین بررسی دقیق خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات گردوغبار به طور کامل احساس می‌گردد. در این پژوهش با استفاده از آنالیز فلزات محلول با روش طیف القایی<sup>۳</sup> (ICP) (مونتینی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) و تکنیک میکروسکوپ الکترونی (SEM)، (پیرسیتال<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰) و (پی-پایپر<sup>۶</sup> ۲۰۱۶)، (خاتونی و همکاران، ۱۳۹۵) و دانه‌بندی لیزری<sup>۷</sup> (LPSA) (سیرو<sup>۸</sup>، ۲۰۰۵) به منشأ احتمالی ذرات گردوغبار در یک دوره سه ماهه از مرداد تا مهر ۱۳۹۸ پرداخته شد. لازم به ذکر است اطلاعات حاصل از این تحقیق به بررسی اثرات ذرات گردوغبار بر هوا، آب و خاک و همچنین سلامتی انسان کمک نموده و زمینه ساز اقدامات لازم در راستای کاهش مضرات ناشی از این پدیده در حوزه‌های سلامت انسان، محیط‌زیست و اقتصاد می‌گردد.

1 Torghabeh

2 Scanning Electron Microscope

3 Inductively Coupled Plasma

4 Mounteney

5 Pearceetal

6 Pe-Piper

7 Laser particle Sizer Analyze

8 Siro

## ۲. منطقه مورد مطالعه

## ۱.۲. موقعیت جامعه آماری و منطقه مورد مطالعه

شهر سرخس در همسایگی جنوب صحرای بزرگ قره قوم ترکمنستان قرار دارد و از این رو تحت تأثیر عوامل حاکم بر توسعه کویر قرار دارد و منطقه از نظر طبیعی استعداد گسترش کویر را دارد که همجواری با کویر قره قوم آن را تشدید کرده است. حد طبیعی شهرستان را در جنوب، رودخانه کشف رود، حد شرقی را رودخانه تجن (بعد از پیوستن رودخانه هریرود و کشف رود) و حدود طبیعی غربی و جنوب غربی را آخرین امتدادهای ارتفاعات کپه داغ مشخص می‌نماید. به لحاظ جغرافیایی این منطقه در مختصات ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۰۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است. به لحاظ ارتفاعی، قسمت عمده شهرستان را دشت نسبتاً مسطحی تشکیل می‌دهد، بطوری‌که حداقل ارتفاع شهرستان ۲۵۵ متر و حداکثر ارتفاع ۱۷۳۲ متر از سطح دریا می‌باشد (گزارش زمین‌شناسی شهرستان سرخس: مجد آب شرق) شکل شماره ۱ موقعیت منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان سرخس (منبع: یافته‌های تحقیق)

## ۳. مواد و روش‌ها

اقدامات لازم به منظور انجام عملیات پژوهشی و میدانی به شرح ذیل می‌باشد:

## ۳.۱. نمونه برداری گردوغبار

پس از هماهنگی با شوراهای اهالی روستا در روستاهای منتخب شهرستان سرخس، ۳۰ دستگاه نمونه بردار شیشه‌ای شکل در پشت بام منازل روستایی مستقر شد. نمونه‌های گردوغبار دستگاه (ابعاد ذرات زیر ۱۰ میکرون) پس

از پایان سه ماه به کمک قلم مو منحصر به فرد (به منظور جلوگیری از ترکیب شدن عناصر شیمیایی ذرات) از روی هر دستگاه جمع آوری شد و نمونه‌های هر روستا در هم ادغام شد و به آزمایشگاه مرکزی در مشهد انتقال داده شد. موقعیت استقرار دستگاه نمونه‌بردار در جدول ۱ و موقعیت روستاهای مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.

### ۲.۳. اقدامات آزمایشگاهی

نوع آزمایشات شامل دانه‌بندی و آنالیز عنصری و توزیع اندازه ذرات (PSA) میکروسکوب الکترونی (SEM) برای هر نمونه انجام شد.

#### ۲.۳.۱. آزمایش تعیین کانی و عناصر شیمیایی

در آزمایشگاه نوع کانی‌ها و عناصر آن‌ها بر اساس روش‌های ICP انجام شد. در این روش تمامی عناصر جدول تناوبی بجز گازها قابل شناسایی است. از جمله ویژگی‌های آنالیز طیف‌سنجی القایی شامل: آنالیز همزمان چند عنصر و تعیین ترکیبات عناصر می‌باشد (جهان، ۲۰۰۵).

#### ۲.۳.۲. آنالیز دانه‌بندی ذرات گردوغبار

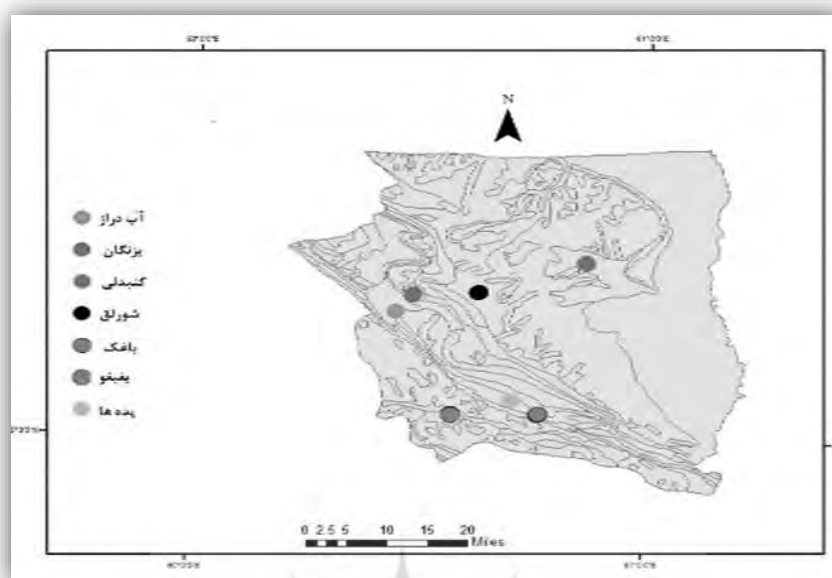
برای هر نمونه در مناطق نمونه‌برداری خصوصیات دانه‌بندی توسط دانه‌بندی تکنیک میکروسکوب الکترونی (SEM) و دانه‌بندی لیزری<sup>۲</sup> (LPSA) بر روی نمونه‌ها انجام شد. هدف از آنالیز میکروسکوب الکترونی تصویر برداری از سطح نمونه به صورت سه بعدی و تعیین خصوصیات مورفولوژی، شکل، اندازه و نحوه قرارگیری ذرات در سطح جسم می‌باشد.

#### ۲.۳.۳. دانه‌بندی لیزری

به منظور تعیین الگوی توزیع اندازه ذرات نیز مقدار ۳ گرم از هر نمونه توزین و به مدت یک ساعت با ۵ میلی لیتر هگزا متا فسفات سدیم مخلوط شد تا ذرات بهم پیوسته شده به طور کامل از هم جدا شوند. سپس الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار توسط دستگاه پراش اشعه لیزر تعیین می‌گردد. میکروسکوب الکترونی در کنار خروجی‌های آنالیز لیزری در شناخت نوع کانی‌ها و ترکیبات آن و ریخت‌شناسی کمک شایانی خواهد کرد (زرأسوندی، ۱۳۹۰).

1 Johan

2 Laser particle Sizer Analyze



شکل ۲- موقعیت روستاهای مورد مطالعه شهرستان سرخس

جدول ۱- موقعیت قرار گرفتن دستگاه نمونه بردار شیشه‌ای در پشت بام ساختمان

نوع آزمایش	طول جغرافیایی			عرض جغرافیایی			نام روستا
	درجه	دقیقه	ثانیه	درجه	دقیقه	ثانیه	
SEM	۶۰	۵۱	۵۷/۱	۳۶	۲۳	۷/۹	گنبدلی
SEM/PSA <sup>1</sup>	۶۰	۳۷	۵۷	۳۶	۱۹	۷/۵	شورلق
PSA	۶۰	۲۹	۴/۲	۳۶	۱۸	۳۴/۶	بزنگان
SEM/PSA	۶۰	۲۶	۵۱	۳۶	۱۶	۲۶/۵	آب دراز
SEM/PSA	۶۰	۴۲	۳۲/۸	۳۶	۵	۱۰/۸	پده ها
SEM/PSA	۶۰	۴۵	۵۰/۳	۳۶	۳	۲۵/۸	باغک
SEM/PSA	۶۰	۳۴	۲۴/۹	۳۶	۳	۲۱/۶	بغیغو

<sup>1</sup> particle Size Analysts

## ۴. بحث و نتایج

در تصاویر میکروسکوپ الکترونی (شکل ۳) برای ذرات گردوغبار در روستاهای مد نظر نمونه برداری در دو مقیاس ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومتر بررسی شده است. بررسی میکروسکوپ الکترونی ذرات گردوغبار کمک شایانی به تعیین اندازه واقعی، شکل ذرات، انبوه‌های مختلف موجود در ذرات و در نهایت ترکیب شیمیایی و خاستگاه ذرات می‌کند، در بررسی‌های SEM ریخت شناسی ذرات تا حدود بسیار زیادی نشان‌دهنده نوع کانی‌های تشکیل دهنده ذرات گردوغبار است. در شش تصویر (شکل ۳) اندازه ذرات تقریباً از یکنواختی خاصی برخوردارند. شکل کروی، نامنظم، کشیده و منشوری، بلوری ماکله و یا لوزی رخ در این نمونه‌ها معرف ذرات آلومینوسیلیکاتی رسی و کوآرتز است. در ذرات گردوغبار به کمک نرم افزار آنیکس امیکا<sup>۱</sup> حدود ۳۰-۵۰ ذره انتخاب شد و با اندازه‌گیری میانگین قطر کوچکتر ابعاد ذره اندازه‌گیری شد و به کمک قاعده اندازه‌گیری بافت خاک بر اساس اندازه ذرات (ذرات ماسه بزرگتر از ۲ میلی متر سیلت ۰/۰۵-۲ میلی متر و رس کمتر از ۰/۰۰۲ میلی متر) درصد ذرات تشکیل دهنده محاسبه شد و غالب ذرات را سیلت تشکیل داد و بافت ذرات در کلاس سیلتی قرار گرفت (جدول ۲). همچنین خروجی نرم افزار پارتیکل سائز (جدول ۳) بر اساس قاعده نیز بافت ذرات را در کلاس سیلتی قرار داد. میانگین قطر ذرات ذرات گردوغبار در پارتیکل سائز و SEM در گروه کمتر از ۱۰ میکرون قرار گرفت.

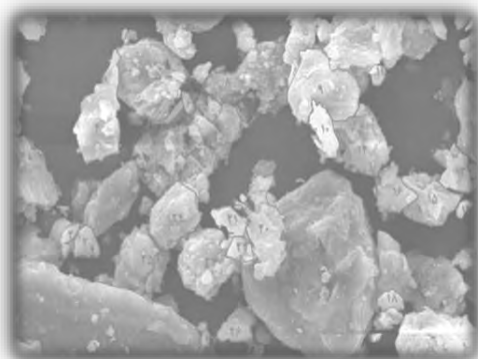
جدول ۲- خروجی حاصل از آنالیز SEM به کمک نرم افزار Anix Emica

	گنبدلی	شورلق	آب دراز	پده	باغک	بغیغو
میانگین (میکرون)	۷/۲	۴/۴	۵/۹	۶/۳	۳/۷	۶/۷
حداکثر (میکرون)	۲۵/۳	۱۱/۷	۲۰/۳	۲۱/۶	۷/۸	۱۵/۴
حداقل (میکرون)	۱/۶	۰/۸	۱/۷	۱/۸	۱/۳	۰/۸

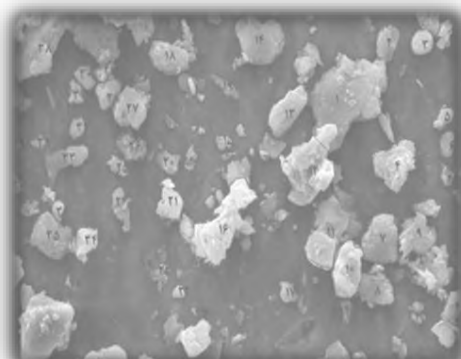
جدول ۳- خروجی حاصل از آنالیز دانه‌بندی لیزری ذرات

نام روستا	شورلق	پده	باغک	بغیغو
میانگین (میکرون)	۲	۳	۳	۳
حداکثر (میکرون)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
حداقل (میکرون)	۲	۶	۲	۲

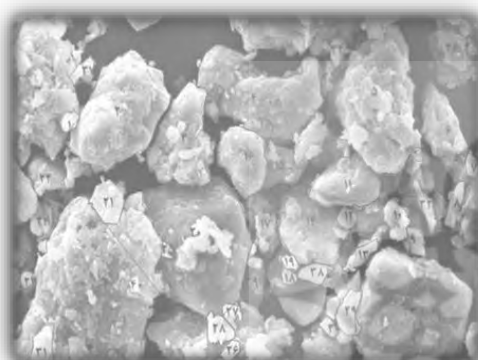




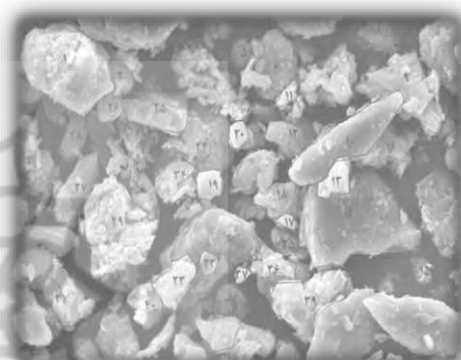
گنبدلی



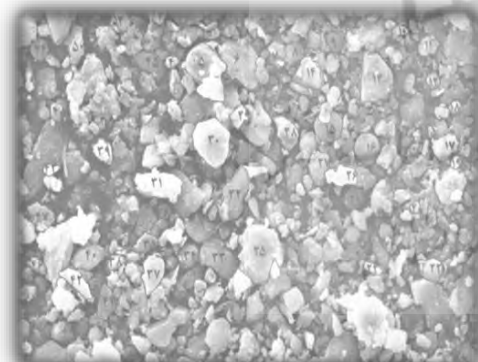
شورلق



آبدراز



پده‌ها



باغک



بغسو

شکل ۳- خروجی حاصل از آنالیز SEM در مقیاس ۵۰۰ میکرون

تکنیک تفرق اشعه ایکس امکان تشخیص فازهای کانی‌های تشکیل دهنده نمونه‌های گردوغبار را می‌دهد. این آنالیز با استفاده از الگوی پراش متأثر از ویژگی‌های نوع کانی و همچنین با توجه به موقعیت، شدت و عرض پیک‌های تصاویر XRD صورت می‌گیرد (موسوی و پورخباز، ۱۳۹۶). با توجه به نتایج حاصل از بررسی می‌توان گفت که عمده کانی‌های تشکیل دهنده شامل: کلسیت، ژیس و کوارتز و کائولونیت می‌باشد. نتایج حاصل از XRD در جدول (۴) شامل کانی‌های تشکیل دهنده و در شکل شماره ۴ شامل طیف عبوری از ذرات گردوغبار در روستاهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آنست که در روستای شورلق کانی رسی شامل: کائولونیت (با توجه به شرایط آب و هوایی گرم و خشک منطقه و با منشأ آواری (از رسوبات واحدهای زمین‌شناسی) و تبخیری است. در روستای آب دراز و شورلق کانی کوارتز با منشأ سیلیکاتی و کانی‌های کربناته کلسیت و ژیس با منشأ تبخیری حضور دارند، درصد کانی‌های تشکیل دهنده روستای پده شامل: کلریت، کوارتز و کلسیت است، همچنین کانی‌های تشکیل دهنده روستای بغغو و باغک شامل شرایط گردوغبار مشابه روستاهای نامبرده می‌باشد.

جدول ۴- درصد کانی‌های تشکیل دهنده روستاهای مورد بررسی در منطقه سرخس

نام روستا	کائولونیت <sup>۱</sup>	سیلیس <sup>۲</sup>	کلسیت <sup>۳</sup>	ژیس <sup>۴</sup>	کلریت <sup>۵</sup>
شورلق	۴۶/۸	۱۰/۶	۱۶/۳	۲۶/۳	۰
آب‌دراز	۰	۱۷/۴	۳۱/۶	۵۱	۰
پده	۰	۱۲/۲	۵/۲	۰	۸۲/۶
باغک	۶۲/۱	۱۶/۲	۲۱/۷	۰	۰
بغغو	۰	۱۴/۴	۱۹/۲	۰	۶۶/۴

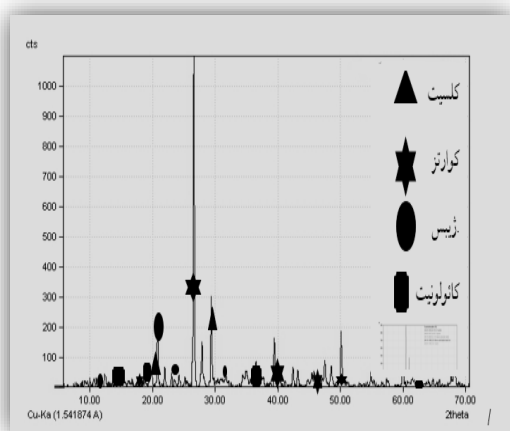
1 kaolinite( $Al_2H_4O_9Si_2$ )

2  $sio_2$

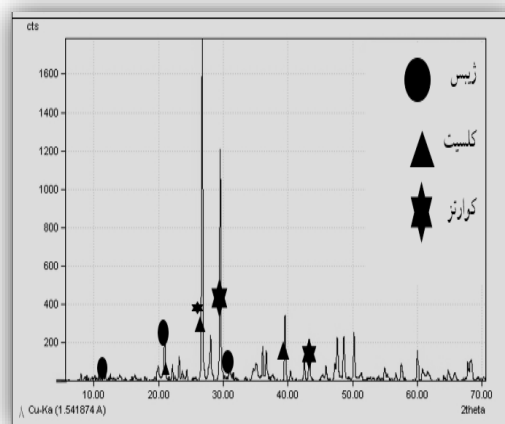
3 Calcite( $CaCO_3$ )

4 Gypsum

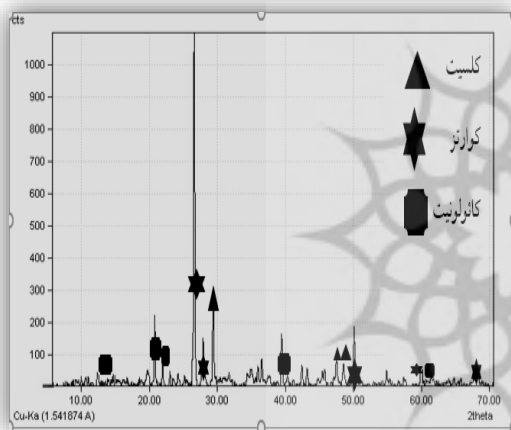
5 Cholorit( $H_4Mg_3O_9Si_2$ )



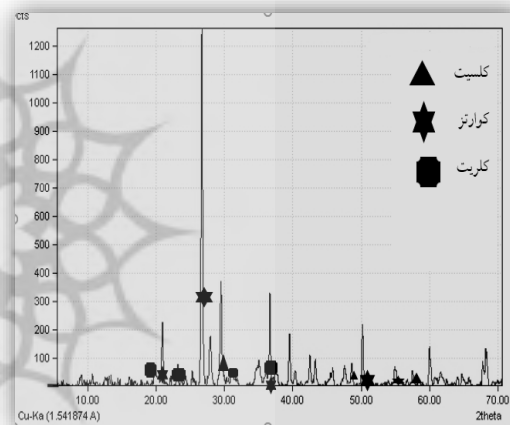
روستای آب دراز



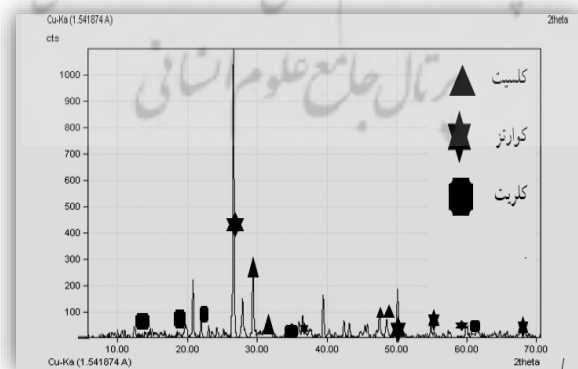
روستای شورلق



روستای باغک



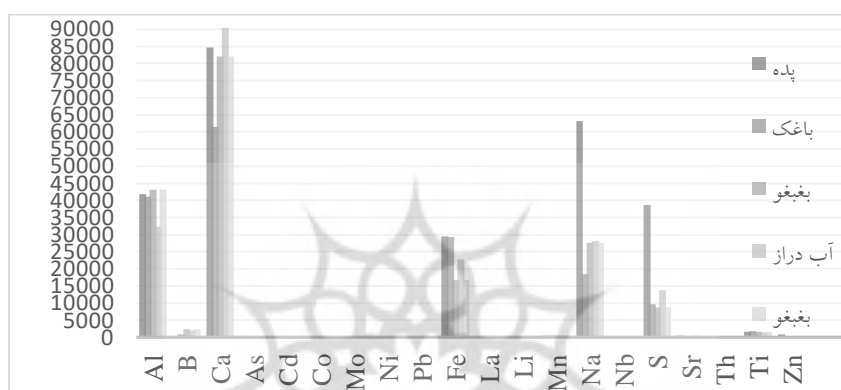
روستای پدها



روستای بغغو

شکل ۴- نتایج آنالیز XRD منطقه سرخس

نتایج حاصل از ICP: شکل ۵ غلظت عناصر تشکیل دهنده ذرات گردوغبار روستاهای منطقه سرخس (پده، بغبغو، باغک و آب دراز) نشان داده است. در این جدول عناصر: کلسیم، سدیم، آلومینیوم، آهن و گوگرد بیشترین درصد عناصر را در روستاهای نامبرده به خود اختصاص داده، همچنین عناصر: آرسنیک، کادمیوم، بر، نیکل، سرب، منگنز و روی تیتانیوم در گروه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از طیف‌سنجی القایی مؤید این مطلب است که سه منشأ آواری، تبخیری و شیمیایی برای ذرات گردوغبار می‌توان در نظر گرفت. دامنه تشخیص عناصر در جدول (۵) بیان شده است.



شکل ۵- غلظت عناصر (PPM) ذرات گردوغبار

جدول ۵- دامنه تشخیص عناصر با روش ICP-OES برحسب PPM منبع: (پوتز<sup>۱</sup>، ۱۹۸۷)

EL	Na	Ti	P	Nb	Pb	Te	Th	Y	Tl
DL <sup>۲</sup>	۰۰	۰۰	۰۰	۱	۰/۵	۰/۱۱	۱	۰/۲	۰/۲
EL	Fe	Cs	SC	La	Ni	Mo	S	K	Cd
DL	۰۰۰	۰/۵	0/۱	۰۰	۱	۰/۳	۵۰	۰۰	۰/۱
EL	Cr	Ba	Mg	As	Mn	Co	Zn	Rb	Be
DL	۲	۰/۲	۰۰	۱	۵	۰/۵	۰/۵	۰/۱	۰/۱
EL	Tl	U	W	Eu	Ga	Sm	Ge	Zr	V
DL	۰/۲	۱	۱	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۱	۲
EL	Cd	Sn	Sr	Ce	Yb	Er	Nd	Gd	Li
DL	۰/۱	۱	۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۲
EL	Be	Ag	Al	Cu	Ca	Se	Dy		
DL	۰/۱	۰/۱	۰۰	۰/۵	۰۰	۱	۰/۳		

1 Potts

2 Limit detection

به طور کلی، خصوصیات شیمیایی و کانی شناسی ذرات گردوغبار مشابه خاک منطقه می باشد. با این حال عملکرد های فیزیکی خاک در طول انتشار گردوغبار می تواند خصوصیات شیمیایی گردوغبار را نسبت به منبع تغییر دهد. به عنوان مثال، فرسایش بادی ترجیحاً ذرات ریز خاک را که اغلب غنی از عناصر کمیاب می باشند از خاک حذف می کند (لی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). به علاوه در هر مرحله از چرخه گردوغبار نیز ممکن است ویژگی های شیمیایی و یا فیزیکی گردوغبار تغییر نماید؛ بنابراین اندازه ذرات، کانی شناسی و خصوصیات شیمیایی ذرات گردوغبار بسیار وابسته به فرآیندهایی می باشد که در طول انتشار از خاک، انتقال در اتمسفر و رسوب اتفاق می افتد (لاورنس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹).

عموماً به لحاظ کیفی، ذرات گردوغبار در دو دسته صنعتی و طبیعی جای می گیرند. ذرات صنعتی از نظر اندازه کوچکتر از ذرات بیابانی بوده و در تصاویر میکروسکوپی ظاهری تیز و لبه دارند. این ذرات بر اثر فعالیت انسانی وارد اتمسفر می شوند. ذرات بیابانی گردوغبار از اندازه بزرگتری برخوردار بوده و عمدتاً شکل کروی دارند که بر اثر فرسایش در مسیر جابجایی ایجاد می شوند (بشیری خوزستانی، ۱۳۹۰). تصاویر SEM در روستای پده و گنبدلی دارای کشیدگی لبه های نوک تیز اند و نشانگر این است که ذرات از مسافت نزدیک تر وارد منطقه شده است و احتمالاً در اثر فعالیت های انسانی وارد اتمسفر شده است. گردوغبار با توجه به غیر یکنواخت بودن و دارا بودن از ذرات ریز تا درشت از رس تا سیلت متوسط، همچنین بعضی ذرات کروی و بعضی ذرات نیمه زاویه دار تا زاویه دار بودن را می توان به عنوان منشأ فرا محلی در نظر گرفت.

یکی از مهم ترین عواملی که بر ترکیب و غلظت شیمیایی ذرات گردوغبار اثر می گذارد، کانی شناسی و مواد منبع گردوغبار می باشد (احمدی بیرگانی و همکاران). تصاویر XRD عمده کانی های تشکیل دهنده ذرات گردوغبار را در سه فاز کربناته و تبخیری (کلسیت، ژیس) سیلیکاته (کوارتز) و رسی (کائولونیت) قرار می دهد. با توجه به قطر ذرات در تصاویر SEM می توان به نوع کانی ها پی برد. به عنوان نمونه ذرات کروی با ابعاد زیر ۵ میکرون کانی های رسی هستند که انبوه های خوشه ای ایجاد می کنند (ویدرکر<sup>۳</sup>، ۱۹۹۸).

ساختارهای بلوری منظم در اندازه ۱۰-۲۱ بیشتر از بلورهای کلسیت هستند که معمولاً در اندازه های PM<sub>10</sub> تمرکز بالایی دارند. ذرات نزدیک به کروی و یا دارای شکل های نامنظم که همراه با اندازه های PM<sub>10</sub> هستند، بیشتر بلورهای کوارتزی هستند که به صورت تک کانی در بیشتر نمونه ها نمود کاملاً مشخصی دارند (زراسوندی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج کانی شناسی در مناطق شهری دشت سیستان نشان داد که کانی های غالب در نمونه های گردوغبار به ترتیب کلسیت، کوارتز و فلدسپات ها بوده اند که منعکس کننده شرایط اقلیمی گرم و پوشش گیاهی ضعیف در یک محیط رسوبی هستند (دانش شهرکی، ۱۳۹۵) که شباهت بسیاری با ترکیب کانی های گردوغبار شهرستان بیرجند و سرخس

1 Li

2 Lawrence

3 Wiederkehr

دارند (موسوی و خباز پور، ۱۳۹۶). ترکیب کانی‌شناسی و تاحدودی ریخت‌شناسی ذرات گردوغبار از دیدگاه زمین‌شناسی منطقه تحت تأثیر مسیر غالب باد است، همچنین جهت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، با باد غالب در منطقه سرخس بر هم منطبق است (زمین‌شناسی شمال شرق، مجد آب شرق). با توجه به وجود کانی کلسیت و کوارتز بیشتر نمونه‌ها به عنوان محصولات فرعی محیط‌های رسوبی تخریبی نشان دهنده خاستگاه کاملاً رسوبی برای ذرات گردوغباری‌رند و سرخس می‌باشد. همچنین خاستگاه کانی کلسیت می‌تواند در نواحی دارای صحرا باگسترده‌گی زیاد رسوبات بادی همراه باشد (زراسوندی و همکاران، ۱۳۹۰، زراسوندی، ۱۳۸۸). علاوه بر آن در بررسی فلزات محلول کلسیم و پتاسیم، آهن و آلومینیوم و منگنز بیشترین مقدار غلظت را در بین تمامی فلزات در روستاها دارا بوده است که نشان از طبیعی و خاکزاد بودن منشأ گرد و غبار می‌باشد علاوه بر آن فراوانی بالای کانی‌های کلسیت و کوارتز نیز تأیید منابع انتشار زمین شناختی برای ریزگردها می‌باشد (گراولیس و همکاران، ۲۰۰۹)، (بشیری خوزستانی و همکاران، ۱۳۹۵).

با بررسی میزان بالای غلظت فلزات محلول، می‌توان به منشأ بادهای ۱۲۰ روزه سیستان اشاره کرد (موسوی و خباز پور، ۱۳۹۶) در بین فلزات کلسیم در بالاترین میزان به ۳۲۱۴۶۶ (ppm) می‌تواند حاکی از جابه‌جایی ذرات درشت گردوغبار و یا نزدیکی منبع تغذیه و منشأ را نیز نشان داد. وجود عناصر کلسیم، بر و گوگرد به دلیل نزدیکی منابع تغذیه کننده گردوغبار به ایستگاه و نزدیکی به رسوبات تبخیری و واحدهای زمین‌شناسی آهکی و دولومیتی و همچنین معدن گچ و عناصر سمی همانند آرسنیک و روی به پالایشگاه خانگیران نسبت داد.

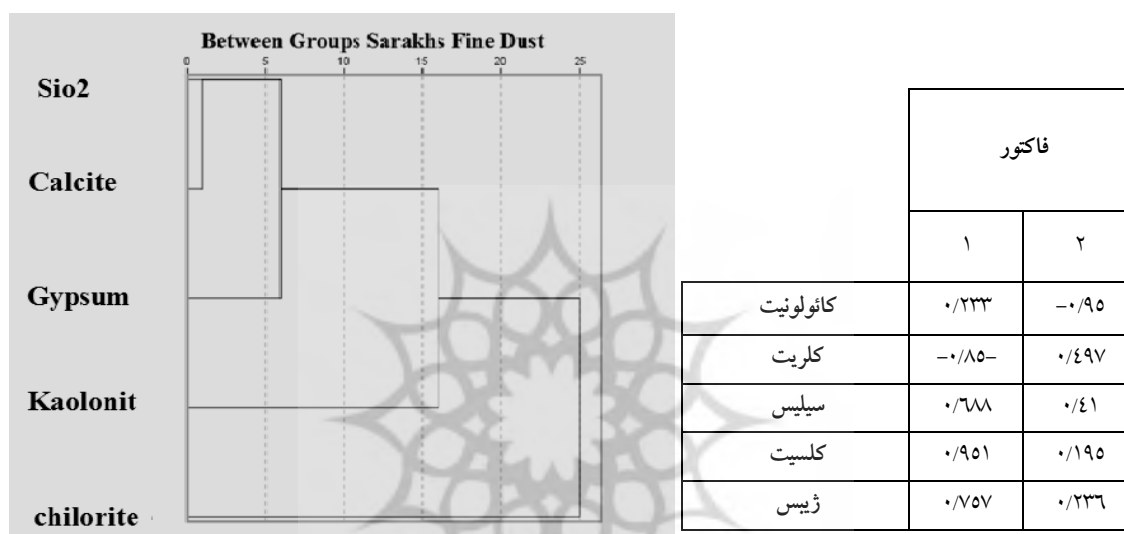
##### ۵. نتیجه‌گیری

بیشترین میزان غلظت فلزات در ذرات گردوغبار مربوط به روستای آبدراز، پده، بزنگان می‌باشد. موقعیت این روستاها هم‌جهت با بادهای ۱۲۱ روزه سیستان و در راستای باد غالب منطقه که شمال غربی - جنوب شرقی (گزارش زمین‌شناسی شمال شرق، مجد آب شرق) است. به نظر می‌رسد ذرات گردوغبار در منطقه سیستان شباهت به ذرات گردوغبار این مناطق دارد.

عناصر آلومینیوم، بر، کلسیم، سدیم، آهن، گوگرد، تیتانیوم، منگنز، روی و استرانسیوم ۱۰ گروه عنصری هستند که بیشترین غلظت را در ذرات گردوغبار منطقه، تشکیل داده‌اند.

با توجه به خروجی SEM، XRD می‌توان برای گردوغبارهای حاضر در سرخس چند منشأ در نظر گرفت، بدین صورت که منشأ تبخیری شامل: کانی کلسیت به بادهای ۱۲۰ روزه سیستان نسبت داد و عناصر تبخیری شامل گوگرد و بر را به معدن گچ، عناصر سمی را به پالایشگاه گاز خانگیران و کانی‌های رسی و عناصر آهن، آلومینیوم و نیکل را به منشأ آوارای و زمینی نسبت داد، اما نتایج PSA گویا این مطالب است: جورشدگی بسیار بالا و ذرات غالباً دانه رسی تا سیلت متوسط را تشکیل می‌دهند که بیان کننده این مطلب است که می‌تواند منشأ ذرات دور هم باشد که

بادهای ۱۲۰ روزه سیستان به علت هم جهت بودن با بادهای منطقه سرخس نیز مؤید این مطلب است. هر چه سرعت باد بیشتر باشد و ذرات کوچکتر و کروی تر باشند، نشان می دهد ذرات از فاصله دورتری آمده اند، لذا باید از PSA در کنار نتایج SEM، XRD، استفاده کرد و هر کدام از این آزمایش ها به یکدیگر وابسته هستند و در واقع مکمل یکدیگرند. همچنین طبق نتایج آنالیز فاکتوری و خوشه ای (شکل ۶) کانی های تشکیل دهنده منطقه شامل: کائولونیت، کورتز و کلسیت و ژیس دارای یک منشأ مشترک و تبخیری هستند اما کانی کلریت منشأ جدا گانه ای دارد و احتمالاً منشأ آواری یا شیمیایی دارد. نتایج آنالیز فاکتوری و خوشه ای برهم منطبقند.



شکل ۶- نتایج حاصل از آنالیز فاکتوری (سمت راست) و خوشه ای (سمت چپ) کانی های تشکیل دهنده ذرات

گرددو غبار  
ژئوشناسان و مطالعات فزنی

کتابنامه

احمدی بیرگانی حسام؛ فیض نیا، سادات؛ میرنژاد، حسن؛ کوئین، کن مک؛ ابراهیمیان، سعید؛ تابع الحججه، محمد علی؛ ابراهیمی، شاکر؛ سالمی مجرد، اسکندر؛ خلیفه زاده، عبدالرضا؛ بدری، جواد؛ ۱۳۹۵. ترکیب شیمیایی ذرات TSP گرد و غبار به عنوان شاخصی در منشأیابی ژئو شیمیایی در رسوبات، محیط زیست طبیعی. منابع طبیعی ایران. شماره ۶۹. ۲۸۳-۳۰۱.

احمدی، حسن؛ ۱۳۷۷. ژئومرفولوژی کاربردی (بیابان-فرسایش بادی). جلد دوم. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

آرامی، سید عبدالحسین؛ اوتق، مجید؛ محمدیان بهبهانی، علی؛ اکبری، مهري؛ زراسوندی، علیرضا؛ ۱۳۹۷. تحلیل مطالعات مخاطره گردو غبار در جنوب غرب ایران در دوره ۲۲ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹۶). تحلیل فضایی مخاطرات محیطی

۱۳۹۷. سال پنجم. شماره ۱. ۳۹-۶۶.

بشیری خوزستانی، رضا؛ سوری، بابک؛ ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات خصوصیات فیزیکوشیمیایی ذرات معلق بزرگتر از ۱۱ میکرومتر در استان کردستان. غرب ایران. علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره ۳. ص ۷۹-۸۰.

جعفری، فریبا؛ خادمی، حسین؛ ۱۳۹۶. مهم ترین ویژگی های شیمیایی و فیزیکی گردوغبار اتمسفری شهر کرمان. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). سال بیست و یک، شماره ۱. ص ۲۱-۱۸.

خاتونی درویشی جواد؛ ۱۳۹۵. رسوب شناسی و زمین شیمی رسوبات دشت خوزستان با نگرش پتانسیل تولید گردوغبار. یافته های نوین زمین شناسی و کاربردی. دوره ۱۰. شماره ۲۰. ۹۲-۱۰۵.

رسولی، علی اکبر؛ اساری صراف بهروز؛ محمدی، غلام حسین؛ ۱۳۸۹. تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵ سال اخیر با استفاده از روش های آماری ناپارامتری. فصل نامه جغرافیا. شماره ۹، ص ۱۵-۲۸.

زراسوندی، علیرضا؛ مر، فرید؛ نظریور، احد؛ ۱۳۹۰. ترکیب کانی شناسی ذرات تشکیل دهنده پدیده گردوغبار در استان خوزستان با تکیه بر آنالیز XRD و SEM، مجله بلورشناسی و کانی شناسی. دوره ۱۹. شماره ۳. ۵۱۱-۵۱۸.

زراسوندی، علیرضا؛ ۱۳۸۸. بررسی اثرات زیست محیطی پدیده گردوغبار در استان خوزستان (فاز اول). اداره کل حفاظت از محیط زیست استان خوزستان. ص ۲۰۰.

کریمیان، بهناز؛ لندی، احمد؛ حاجتی، سعید؛ احدیان، جواد؛ ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی و کانی شناسی گردوغبار شهر اهواز. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۴۷. شماره ۱. ۱۵۹-۱۷۳.

الگوی مشارکت جوامع محلی و دستگاه های اجرایی در احیاء منابع طبیعی، زمین شناسی شهرستان سرخس. مهندسی مشاور مجد آب شرق.

موسوی، حوریه؛ پورخجاز، علیرضا؛ ۱۳۹۶. منشأیابی ذرات گردوغبار با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن ها در شهرستان بیرجند. فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی. محیط زیست. سال یازدهم. شماره ۸۳. بهار ۹۶. ص ۱-۹.

- Broomandi, P., Dabir, B., Bonakdarpour, B., Rashidi, Y., 2017. Mineralogical and Chemical Characterization of Suspended Atmospheric Particles in Ahvaz. Int J Environ Rest
- Folk R.L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing company texac78703.
- Grazulis S, Chateigner D, Downs R. T, Yokochi A. T, Quiros M, Lutterotti L, Manakova E, Butkus, J, Moeck, P & Le Bail, A., 2009. Crystallography Open Database - an open-access collection of crystal structures. J. Appl. Cryst. 42, 726-72.
- Jaradat Q, Momani M, Kamal A, Jbarah, Abdel-Aziz Q Massadeh A., 2004. Inorganic analysis of dust falls and office dust in an industrial area of Jordan. Environmental Research, 96, pp. 139-144.
- John R. Dean., 2005. Practical Inductively Coupled Plasma Spectroscopy, ASM Metal Handbook, Materials Characterization Induction coupled plasma spectroscopy and its application, Volume 10, Steve J.Hill, second edition.
- Karimian Torghabeh, A., Afzali, S. F., Jahandari, A., Mahmudy Gharaie, M. H., & Al-Khashman, O. A., 2020. Evaluation of trace elements concentration in surface sediments of Parishan International Wetland (Fars Province, SW Iran) by using geochemical and sedimentological analysis. Toxin Reviews.P1-9.



- Lawrence, C. R. and J. C. Jason., 2009. The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition Chem. Geol. 267: 46- 63
- Li, J., G. S. Okin, L. Alvare and H. Epstein., 2008. Effects of wind erosion on the spatial heterogeneity of soilnutrients in two desert grassland communities. Biogeochemi. 88: 73-88
- Modaish,A.S. M., 1997. characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh city Saudi Arabia. Journal of Arid Environments. V. (36), P. (211-213).
- Mouteney I, Burton A. K, Farrant A. R, Watts M. J, Kemp S. J. & Cook J. M., 2018. Heavy mineral analysis by ICP-AES a tool to aid sediment provenancing. Journal of Geochemical Exploration, 184, 1–10.
- Potts, P. J., 1987. A Handbook of Silicate rock analysis. Blackie and Son Ltd, 549 p
- Siirio P, Rasanen M, Gingras M, Harris C, Irion G, Pemberton G, Ranzi. A., 2005. Application of Laser diffraction grain-size analysis to reveal depositional processes in tidally influenced systems. Fluvial Sedimentology VII, Special Publication Number 35 of the International Association of Sedimentologists. Vol. 159-180.
- Wiederkehr P, Yoon S.J., 1998. Air quality indicators. In: Fenger J, Hertel O, Palmgren F(eds) Urban air pollution European aspects. Kluwer. Dordrec.

