

رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی رسوبی ریزگردها در کلان‌شهر اهواز

علی حسین جلیلیان^(۱)

۱. استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۴/۲۱

چکیده

ریزگرد توده‌ای از ذرات جامد در مقیاس میکرون است که در هوا پخش می‌شود و اثرات زیانبار زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی بسیار از خود برجای می‌گذارد. در سال‌های اخیر، در آسمان ایران به‌ویژه مناطق جنوبی و غربی، ریزگردها به‌طور گسترده‌ای ظاهر شده و در برخی موارد غلظت آلاینده‌های ناشی از آنها تا ۶۶ برابر حد مجاز هم رسیده است. به‌منظور آگاهی از ویژگی‌های بافتی، کانی‌شناسی و ترکیب شیمیایی ریزگردها در اهواز نمونه‌هایی از رسوبات برجای مانده از توفان‌های گرد و غبار این کلان‌شهر در تابستان ۱۳۹۳ جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج دانه‌سنجی نشان می‌دهد که این نمونه‌ها از ۱۱/۵۰ درصد ماسه بسیار دانه‌ریز، ۶۱ درصد سیلت و ۲۷/۵۰ درصد رس تشکیل شده و از نظر بافتی در محدوده سیلت (رده Z) و سیلت ماسه‌ای (رده sZ) قرار می‌گیرند. میانگین اندازه دانه‌ها ۶/۱۰+ فی (سیلت متوسط)، انحراف معیار ۲/۱۷ فی (جورشدگی بسیار بد)، کج‌شدگی مثبت (۰/۱۴+) و کشیدگی پهن (۰/۷۱) تعیین شد. با توجه به شکل منحنی تجمع‌ی، دامنه تغییرات اندازه دانه‌ها و پارامترهای آماری، نمونه‌های مورد مطالعه در گروه لُس‌های سیلتی قرار می‌گیرند. کانی‌های اصلی موجود در بخش درشت‌تر ریزگردها را کانی‌های روشن به‌ویژه کوارتز، فلدسپات، کلسیت و ژیپس تشکیل می‌دهند که با درصد کمی از کانی‌های تیره مثل پیروکسن، گوتیت، هورنبلند و بیوتیت همراه هستند. این ترکیب بیانگر فراوانی نکتوسیلیکات‌ها و آلومینوسیلیکات‌ها در خاستگاه ریزگردها است که عمدتاً از بیابان‌های عراق و عربستان منشأ گرفته‌اند. در نمودارهای پراش اشعه ایکس هم‌رس‌هایی از نوع کائولینیت، پالی‌گورسکیت و کلریت شناخته شدند که شرایط آب و هوایی خشک و محیط قلیایی منشأ این ذرات را تأیید می‌کنند. پایش توفان‌های نیمه دوم سال ۱۳۹۳ از یک تغییر مشخص در منشأ ریزگردها به کانون‌های داخل کشور حکایت می‌کند که ضرورت بررسی مداوم این پدیده را گوشزد می‌کند. نتایج طیف‌سنجی جذب اتمی و فلورسانس اشعه ایکس نشان می‌دهند که سیلیسیم، آلومینیم و آهن فراوان‌ترین عناصر موجود در گرد و غبار اهواز هستند. محاسبه ضریب غنی‌شدگی برخی از عناصر کمیاب هم حاکی از غلظت بالا و منشأ غیرطبیعی بعضی فلزهای سنگین مثل نیکل، کبالت، کادمیم و روی در ریزگردهای مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: کلان‌شهر اهواز، توفان ریزگرد، لُس سیلتی.

مقدمه

منشأ این پدیده معمولاً در مناطق خشک و نیمه خشک است، اما دامنه تأثیر آن بسیار گسترده و حتی به مناطق مرطوب مثل استان گیلان هم می‌رسد. در مناطق متأثر از خشکسالی‌های مکرر که میانگین بارش سالیانه در یک زمان

زمانی که غلظت گرد و غبار به اندازه‌ای باشد که دید افقی به کمتر از یک کیلومتر کاهش یابد؛ در اصطلاح توفان ریزگرد ایجاد شده است (Youlin, 2001; Goudie, 2009).

* نویسنده مرتبط: Jalilan@pnu.ac.ir

زراسوندی (۱۳۸۸ و ۱۳۹۲)، زراسوندی و همکاران (۱۳۹۰) و زراسوندی و حیدری (۱۳۹۳) بررسی شده است. علاوه بر این موارد باید به مطالعات گریوانی و همکاران (Gerivani et al., 2011) در ارتباط با منشأ توفان‌های گرد و غبار در ایران هم توجه کرد. در هر صورت، برنامه‌ریزی برای مقابله با پدیده گرد و غبار و کاهش زیان‌های آن مستلزم انجام مطالعات همه‌جانبه‌ای است که گام نخست آن بررسی و شناخت ویژگی‌های فیزیکی و ترکیب شیمیایی این ذرات می‌باشد. به همین منظور در این تحقیق به رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی رسوبی ریزگردها در کلان‌شهر اهواز پرداخته شده است تا اطلاعات نسبتاً جامع و دقیقی از بافت، پارامترهای آماری، کانی‌شناسی و ترکیب شیمیایی آنها ارائه شود.

روش کار

مراحل مختلف این تحقیق شامل نمونه‌برداری، آماده‌سازی نمونه‌ها، دانه‌سنجی و تجزیه شیمیایی بوده است. در نخستین گام، با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار با دبی بالا مجهز به فیلتر فایبرگلاس در ماه‌های تیر و مرداد ۱۳۹۳ با وقوع توفان‌های گرد و غبار، نمونه‌هایی از ذرات برجای مانده در منطقه پردیس کلان‌شهر اهواز جمع‌آوری گردید. به‌منظور کاهش تأثیر عوامل محلی، دستگاه نمونه‌گیر روی تراس برج پردیس در ارتفاع حدود چهار متری از سطح زمین نصب و نمونه‌های مورد نظر جمع‌آوری شد (شکل ۱ و جدول ۱). منطقه پردیس در حاشیه جنوب غربی اهواز واقع است و اغلب توفان‌های ریزگرد از این محل وارد شهر می‌شوند. این منطقه از آن جهت انتخاب شد که نمونه‌های گرد و غبار تا حد ممکن ترکیب طبیعی خود را داشته باشند و پیش از اختلاط با آلاینده‌های فضای شهر نمونه‌برداری شوند. بدیهی است که ادغام ریزگردها با ذرات معلق صنعتی به تغییر ترکیب شیمیایی آنها منجر خواهد شد که بررسی این موضوع مستلزم آنالیزهای متعدد در نواحی مختلف شهر است.

نسبتاً طولانی از حد طبیعی کمتر می‌شود، تکرار و شدت توفان‌های ریزگرد افزایش می‌یابد. آثار اقتصادی، اجتماعی و اکوسیستمی همچون به مخاطره افتادن سلامت انسان‌ها، نابودی خاک و پوشش گیاهی، کاهش جمعیت و یا حذف بعضی از گونه‌های جانوری و اثرات نامطلوب بر محیط‌زیست تنها بخشی از نتایج آشکار وقوع توفان‌های گرد و غبار است. البته، شاید اثرات پنهان و دراز مدت این پدیده بیشتر از موارد ذکر شده باشد. کشور ایران به دلیل مجاورت با بخش وسیعی از پهنه‌های بیابانی خاورمیانه، از گذشته‌های دور تحت اثرات نامطلوب این پدیده قرار گرفته است. نگاهی گذرا به گزارش‌های آب و هوایی استان خوزستان گواه آن است که از اوایل دهه ۸۰ خورشیدی شدت و تعداد وقوع گرد و غبار به‌صورت قابل توجهی افزایش یافته است. به‌گونه‌ای که در سال ۱۳۸۷ با وقوع ۵۵ مورد توفان گرد و غبار این پدیده مخرب به اوج خود رسید (سازمان هواشناسی، ۱۳۸۰). در برخی از توفان‌های اخیر غلظت ریزگردها تا ۹۳۶۰ میکروگرم در متر مکعب هم رسید که حدود ۶۶ برابر حد مجاز است (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۱). در مواردی غلظت ریزگردها حتی از توانایی دستگاه‌های سنجش آلودگی هوای موجود در سطح استان نیز بالاتر بوده است.

در ارتباط با علت افزایش ریزگردها نظری یکسان و فراگیر وجود ندارد. برخی آن را ناشی از تغییرات آب و هوایی دانسته‌اند و برخی نیز آن را به دخالت انسان در خشک شدن تالاب‌ها و گسترش بیابان‌ها در خاورمیانه به‌ویژه عراق نسبت داده‌اند (Hamidi et al., 2013; Zoljoodi et al., 2013). کنکاش در پیشینه مطالعات مرتبط با ریزگردها حکایت از آن دارد که این پدیده بیشتر از جنبه آب و هوایی، نحوه شکل‌گیری و اثرات زیست‌محیطی مورد توجه قرار گرفته است. برای نمونه می‌توان به مطالعات ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴) و فتاحی و همکاران (Fattahi et al., 2012) با عنوان تحلیل سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران و رئیس‌پور (۱۳۸۷) در تحلیل آماری و همدیدی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان اشاره کرد. جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی و زمین‌شناختی توفان‌های گرد و غبار در خوزستان توسط



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه و برج پردیس در اهواز

بادهای سموم و قوس که به ترتیب از جنوب غربی و جنوب شرقی می‌وزند، در درجات بعدی قرار می‌گیرند (شکل ۲). با این داده‌ها میانگین حداکثر جهت باد در فصل تابستان ۲۶۴ درجه تعیین گردید. سرعت وزش باد در اهواز بین یک تا چهار متر بر ثانیه است که در زمان وقوع توفان تا ۲۵ متر بر ثانیه هم می‌رسد (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۳).

پوشش گیاهی ضعیف، وزش بادهای شدید و دمای زیاد مهم‌ترین شاخص‌های اقلیمی کلان‌شهر اهواز است که در تشدید توفان‌های گرد و غبار مؤثرند. بررسی اطلاعات مربوط به ایستگاه هواشناسی این شهر نشان می‌دهد که بادهایی که از غرب (باد چعب) و شمال غربی (باد شمال) می‌وزند از فراوانی و مداومت بیشتری برخوردار هستند.

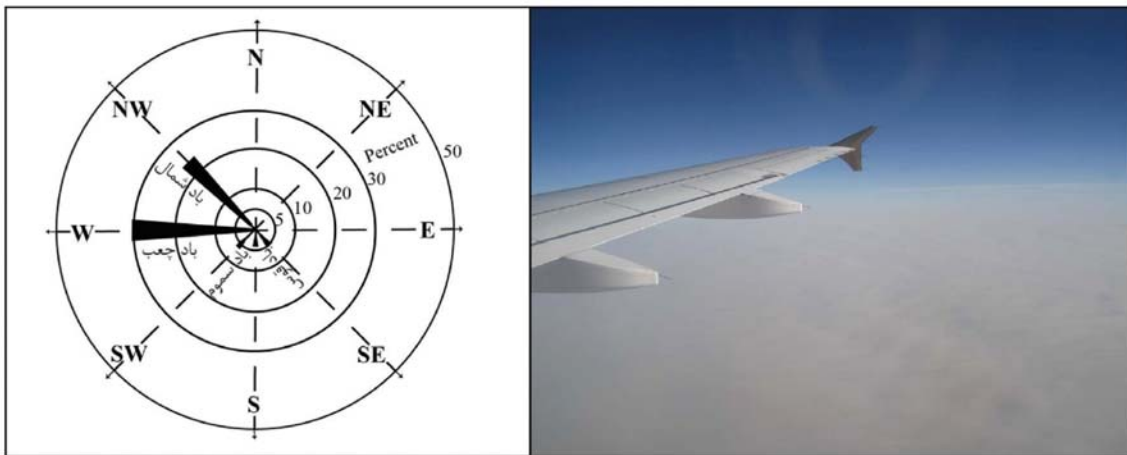
جدول ۱. اطلاعات مربوط به روزهای وقوع توفان ریزگرد در اهواز که از ذرات گرد و غبار نمونه‌برداری شد

ردیف	روز وقوع توفان	تاریخ وقوع	غلظت گرد و غبار (میکروگرم بر متر مکعب)	شدت آلودگی (مقایسه با حد مجاز)
۱	سه‌شنبه	۹۳/۰۴/۱۷	۱۵۰۰	۱۵ برابر
۲	چهارشنبه	۹۳/۰۵/۱۵	۳۴۷۱	۲۳ برابر

آنالیز مکانیکی قرار گرفتند. برای جلوگیری از انعقاد رس‌ها، به ازای هر گرم نمونه، یک میلی لیتر از محلول ۱۰ درصد هگزامتافسفات سدیم (کالگون) استفاده شد. دمای مخلوط آب و گل حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری و بر اساس آن زمان جدایش رس‌ها از بخش سیلتی حدود سه ساعت و نیم تعیین شد (ارزانی، ۱۳۷۴).

در هر نمونه، غلظت کل ذرات معلق برحسب میکروگرم در متر مکعب از طریق وزن سنجی تعیین شد. برای جداسازی ماسه‌ها از سیلت و رس، نمونه‌ها را به صورت خشک غربال شده و از الک ۲۳۰ مش^۱ یا ۶۳ میکرون عبور داده شدند. چیدمان غربال‌های مورد استفاده بر اساس استاندارد امریکایی^۲ و فاصله رده‌ها یک فی^۳ بوده است. در مرحله دوم دانه سنجی، ذرات زیر الک ۲۳۰ مش با استفاده از پیپت مورد

1. Mesh
2. A.S.T.M
3. Phi



شکل ۲. تصویر هوایی از آسمان استان خوزستان در زمان وقوع توفان ریزگرد و گلابد تابستان ۱۳۹۳ ایستگاه هواشناسی اهواز که نشانگر جهت وزش بادهای غالب از سمت غرب و شمال غربی است

(موسوی حرمی، ۱۳۸۲). نتایج دانه سنجی به روش غربال نشان می‌دهد که نمونه‌های مورد نظر دارای ۷ تا ۱۶ درصد ماسه (متوسط ۱۱/۵۰ درصد) و ۸۴ تا ۹۳ درصد (متوسط ۸۸/۵۰ درصد) گل هستند. معنای دیگر این اعداد آن است که میانگین نسبت ماسه به گل در ریزگردهای اهواز از ۱:۹ کمتر است. نتایج پیپت ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون این نمونه‌ها در جدول ۲ درج شده است.

با تکمیل عملیات دانه سنجی و تلفیق داده‌های غربال و پیپت، چگونگی توزیع دانه‌ها در رده‌های مختلف مشخص گردید و درصد‌های وزنی و تجمع‌های مربوط به هر یک از رده‌ها به دست آمد (جدول‌های ۳ و ۴). بررسی اجمالی این داده‌ها نشان می‌دهد که بخش گلی نمونه‌های مورد مطالعه از ۵۹ تا ۶۳ درصد سیلت (میانگین ۶۱ درصد) و ۲۵ تا ۳۰ درصد رس (میانگین ۲۷/۵۰ درصد) تشکیل شده است (جدول ۵). این اعداد گویای فراوانی بیشتر سیلت به‌ویژه سیلت درشت (پنج تا شش فی) در ریزگردهای جمع‌آوری شده است. به‌عبارت‌دیگر، بیش از دو سوم ریزگردهای اهواز را دانه‌های سیلت تشکیل داده‌اند.

پس از تفکیک رده‌های مختلف و مشخص شدن درصد‌های وزنی و تجمع‌های، نمونه‌ها بر اساس روش فولک (Folk, 1974) نام‌گذاری شدند. برای توصیف دقیق‌تر مؤلفه‌های فیزیکی رسوبات مورد مطالعه، پارامترهای آماری مربوط به هر نمونه از جمله میانگین اندازه دانه‌ها، جورشدگی، کج‌شدگی و کشیدگی بر اساس روابط فولک و وارد (Folk and Ward, 1957) محاسبه شد. به‌منظور آگاهی از ترکیب کانی‌شناسی ریزگردها و بررسی بعضی ویژگی‌های بافتی مثل گردش‌دگی دانه‌ها، از ذرات ماسه‌ای و سیلنتی مقطع نازک تهیه نموده و با میکروسکوپ پلاریزان مورد بررسی قرار گرفتند. برای تکمیل مطالعات کانی‌شناسی به‌خصوص تشخیص انواع رس‌ها بخشی از نمونه‌ها به دو صورت TSP و PM2.5 در مؤسسه پژوهش‌های زمین‌شناسی دانشگاه ورشو با XRD مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین، برای اطلاع از مقادیر عناصر اصلی و کمیاب بخش دیگری از نمونه‌ها به‌صورت کامل^۱ با روش‌های طیف‌سنجی جذب اتمی^۲ و XRF مورد آنالیز قرار گرفتند که نتایج آن در بخش‌های بعدی ارائه خواهد شد.

بحث

دانه سنجی ریزگردها

اندازه دانه‌ها یا قطر ذرات رسوبی از چند میکرون تا چند متر متغیر است و به عوامل متعددی نظیر طبیعت دانه‌ها، شرایط محیطی و عامل حمل و نقل بستگی دارد

1. Bulk
2. AAS

جدول ۲. نتایج دانه سنجی نمونه‌های گرد و غبار اهواز به روش پیپت

مراحل	زمان	عمق برداشت	اندازه دانه‌ها		نمونه ۱ وزن رده (گرم)	نمونه ۲ وزن رده (گرم)
			میکرون	فی		
۱	s۲۰	cm۲۰	۶۲/۵۰	۳ تا ۴	۱۰/۶۰	۱۱/۳۷
۲	s۴۱m۱	۱۰	۳۱/۲۰	۴ تا ۵	۱۰/۰۰	۱۰/۲۵
۳	s۴۵m۶	۱۰	۱۵/۶۰	۵ تا ۶	۷/۲۰	۶/۸۴
۴	s۱m۲۷	۱۰	۷/۸۰	۶ تا ۷	۵/۳۵	۵/۴۸
۵	s۲m۵۴	۵	۳/۹۰	۷ تا ۸	۴/۳۲	۳/۵۲
۶	m۳۶h۳	۵	۱/۹۵	۸ تا ۹	۳/۲۲	۲/۸۴

جدول ۳. توزیع اندازه دانه‌ها و درصد‌های وزنی و تجمعی نمونه ریزگرد شماره ۱

نوع رسوب	اندازه دانه‌ها (فی)	وزن (گرم)	درصد وزنی	درصد تجمعی
ماسه بسیار دانه‌ریز	۳ تا ۴	۳/۵۱	۷	۷
بسیار درشت	۴ تا ۵	۲/۴۸	۴/۹۵	۱۱/۹۵
	۵ تا ۶	۱۱/۸۰	۲۳/۵۵	۳۵/۵۰
سیلت	۶ تا ۷	۸/۲۶	۱۶/۴۹	۵۱/۹۹
	۷ تا ۸	۴/۳۴	۸/۶۷	۶۰/۶۶
ریز	۸ تا ۹	۴/۶۵	۹/۲۹	۶۹/۹۵
بسیار ریز	۹ تا ۱۰	۱۵/۰۳	۳۰	۹۹/۹۵
رس				

ناچیز رس موجود هم توسط بارهای ناهمنام اشباع نشده به هم می‌چسبند و در مقابل فرسایش مقاومت می‌کنند (ارزانی، ۱۳۸۹). میزان گرد و غباری که از مناطق مختلف سطح زمین بر می‌خیزد تابع عوامل متعددی است که از مهم‌ترین آنها باید به سرعت باد، رطوبت هوا، طبیعت خاک، فراوانی ذرات کوچک و موانع احتمالی در مقابل باد اشاره کرد. در مقابل، فاصله از منشأ و نوع جریان‌های هوایی (رژیم باد) عوامل اصلی تعیین کننده مقدار گرد و غبار ورودی به یک منطقه هستند (Laity, 2008).

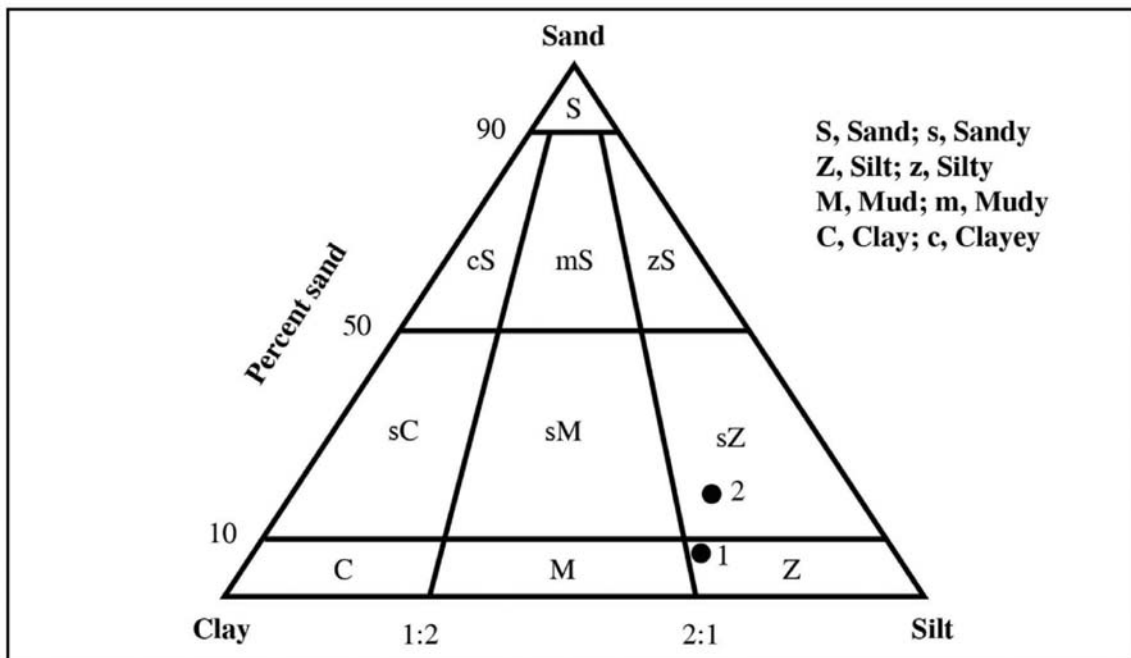
این موضوع اساساً به چگالی پایین و ناتوانی باد در حمل ذرات درشت‌تر از ماسه‌های دانه‌ریز (۲۵/۰ میلی متر) به صورت معلق مربوط است (Selley, 2000; Pye and Tsoar, 2009). توانایی عبارت است از اندازه یا قطر بزرگ‌ترین ذراتی که عامل حمل و نقل می‌تواند با خود حمل کند (معماریان و صداقت، ۱۳۸۹). علاوه بر این، در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک به دلیل کمبود رطوبت، هوازدگی شیمیایی چندان فعال نیست و کانی‌های رسی به صورت گسترده تشکیل نمی‌شوند. مقادیر

جدول ۴. توزیع اندازه دانه‌ها و درصد‌های وزنی و تجمعی در نمونه ریزگرد شماره ۲

نوع رسوب	اندازه دانه‌ها (فی)	وزن (گرم)	درصد وزنی	درصد تجمعی
ماسه بسیار دانه‌ریز	۳ تا ۴	۸/۵۳	۱۶	۱۶
بسیار درشت	۴ تا ۵	۳/۸۶	۷/۶۷	۲۳/۶۷
	۵ تا ۶	۱۱/۸۸	۲۳/۶۰	۴۷/۲۷
سیلت	۶ تا ۷	۴/۷۵	۹/۳۴	۵۶/۶۱
	۷ تا ۸	۶/۸۳	۱۳/۵۷	۷۰/۱۸
ریز	۸ تا ۹	۲/۳۸	۴/۷۲	۷۴/۹۰
بسیار ریز	۹ تا ۱۰	۱۲/۵۸	۲۵	۹۹/۹۰
رس				

رسوب‌گذاری بستگی دارد (Julien, 2010). از میان عوامل کنترل‌کننده اندازه و شکل دانه‌ها در محیط‌های بادی، نقش سایش به‌ویژه در ماسه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است (پروین، ۱۳۷۵). تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل گویای آن است که میانگین اندازه ریزگردهای اهواز $6/10 + \phi$ فی (۱۵ میکرون) یا در حد سیلت متوسط است. این رسوبات با ضریب جورشدگی $2/17$ انحراف معیار بسیار بد دارند که به حضور رده‌های مختلف از جمله رس، سیلت بسیار دانه‌ریز تا بسیار درشت و ماسه در آنها مربوط می‌شود. علاوه بر این، کج شدگی مثبت ($+0/14$) نشانه فراوانی بیشتر ذرات دانه‌ریز در نمونه‌ها است. شاخص کشیدگی معادل $0/71$ به دست آمد که معادل کشیدگی پهن^۲ و بیانگر جورشدگی بهتر دنباله منحنی نسبت به قسمت وسط آن است.

با این داده‌ها در روش طبقه‌بندی فولک (Folk, 1974) نمونه‌های مورد نظر در محدوده سیلت یا رده Z و سیلت ماسه‌ای یا رده sZ قرار می‌گیرند (شکل ۳). با تعیین درصد‌های تجمعی رده‌های مختلف اکنون می‌توان نمودار تجمعی هر نمونه را ترسیم کرد و صدک‌های^۱ مورد نیاز برای محاسبه پارامترهای آماری را به دست آورد (شکل ۴ و جدول ۶). محاسبه پارامترهای آماری مرحله‌ای مهم و ضروری در آنالیز اندازه دانه‌ها است که مجموعه داده‌های آن در شناخت فرآیندهای حمل و نقل و رسوب‌گذاری نقش کلیدی ایفا می‌کنند (Tucker, 2001). توزیع اندازه دانه‌های رسوبات مختلف به اختصاصات سنگ منشأ، فرآیندهای هوازدگی، همچنین سایش و جورشدگی انتخابی در زمان حمل و نقل و

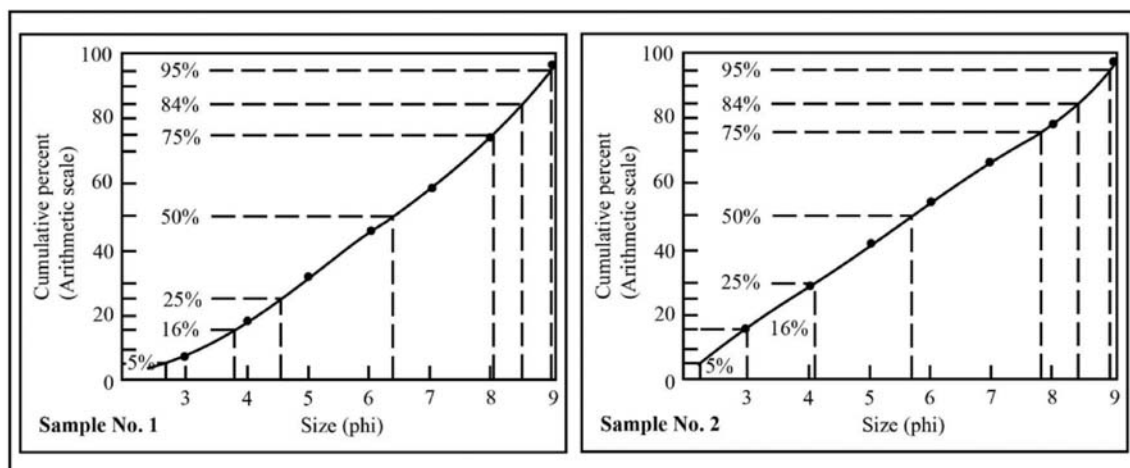


شکل ۳. نام‌گذاری نمونه‌های ریزگرد اهواز بر اساس روش ترسیمی فولک (Folk, 1974)

شود. این بررسی‌ها با مقایسه کج شدگی و جورشدگی نمونه‌های گوناگون، رسوبات متعلق به محیط‌های رسوبی مختلف را از هم تفکیک نموده‌اند.

بررسی توزیع اندازه دانه‌ها در رسوبات مختلف نشان داده است که یک رابطه کلی بین پارامترهای آماری وجود دارد. بر این اساس، در مطالعات متعدد از جمله فریدمن (Friedman, 1967) تلاش شده است که توزیع دانه‌ها از نظر آماری به محیط رسوبی آنها ارتباط داده

1. Percentiles
2. Platykurtic



شکل ۴. نمودار تجمعی ریزگردهای اهواز با مقیاس حسابی و تعیین صدک‌های مورد نیاز برای محاسبه پارامترهای آماری

بررسی دامنه تغییرات اندازه دانه‌ها و مقایسه شکل منحنی تجمعی و پارامترهای آماری ریزگردها با رسوبات شناخته شده این اجازه را می‌دهد که این رسوبات در گروه‌س‌ها قرار داده شود (Krumbein and Sloss, 1963). س‌س محصول رسوب‌گذاری بار معلق باد است که عمدتاً در مناطق پیرامون صحراها پدید می‌آید (موسوی حرمی، ۱۳۸۲). بر اساس منابع موجود بیش از سه چهارم از س‌س‌های شناخته شده دنیا در محدوده سیلت قرار دارند؛ یک پنجم آنها رسی و مابقی ماسه‌ای هستند (Lutenegger and Hallberg, 1988). با این شرایط و فراوانی زیاد سیلت در نمونه‌های مورد مطالعه، ریزگردهای اهواز هم در دسته س‌س‌های سیلتي قرار می‌گیرند.

جدول ۵. مقایسه درصد فراوانی ماسه، سیلت و رس در ریزگردهای اهواز

نمونه	درصد ماسه	درصد سیلت	درصد رس	نام نمونه	رده
۱	۷	۶۳	۳۰	سیلت	Z
۲	۱۶	۵۹	۲۵	سیلت ماسه‌ای	sZ
متوسط	۱۱/۵۰	۶۱	۲۷/۵۰		

جدول ۶. پارامترهای آماری نمونه‌های ریزگرد در اهواز

نمونه	ماسه درصد	سیلت درصد	رس درصد	میانگین (فی)	جورشدهگی	کشیدگی	کج شدگی
۱	۷	۶۲	۳۱	۶/۵۰	۲/۱۴	۰/۷۰	+۰/۱۶
۲	۱۶	۵۹	۲۵	۵/۷۰	۲/۲۰	۰/۷۳	+۰/۱۲
متوسط	۱۱/۵۰	۶۰/۵۰	۲۸	۶/۱۰	۲/۱۷	۰/۷۱	+۰/۱۴

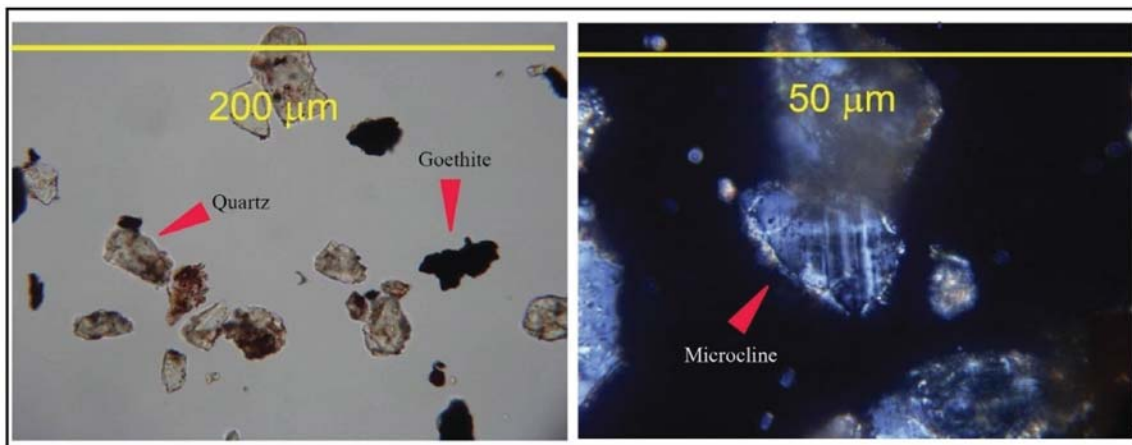
کانی‌شناسی ریزگردها

یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده و مؤثر بر رفتار ذرات رسوبی در محیط و تغییرات تدریجی مؤلفه‌های فیزیکی دانه‌ها در مسیر حمل و نقل و رسوب‌گذاری، کانی‌شناسی آنها است. علاوه بر این، کانی‌شناسی و مطالعه ترکیب در تعیین خاستگاه رسوبات و منشأ ریزگردها نیز اهمیت زیادی دارد.

کانی‌شناسی میکروسکوپی

پس از دانه سنجی ریزگردها با الک، از ماسه‌ها و سیلت‌های درشت مقطع نازک تهیه نموده و در زیر میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفتند (شکل ۵). با توجه به نزدیکی اندازه دانه‌ها با شمارش حدود ۳۰۰ ذره فراوانی نسبی کانی‌های سازنده این بخش تعیین شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که حدود ۹۸ درصد از ماسه و

سیلت موجود در ریزگردها را کانی‌های روشن شامل کوارتز، فلدسپات، کلسیت و ژیپس تشکیل می‌دهند. کمتر از دو درصد کانی‌شناسی نمونه‌های مطالعه شده هم به حضور کانی‌های تیره مثل پیروکسن، گوتیت، هورنبلند و بیوتیت مربوط می‌شود. در میان کانی‌های روشن، کوارتز با حدود ۶۰ درصد دارای بیشترین فراوانی است و پس از آن فلدسپات‌ها ۱۸ درصد، کلسیت ۱۵ درصد و ژیپس حدود پنج درصد مشارکت دارند. همان‌گونه که در تصاویر میکروسکوپی مشاهده می‌شود ذرات موجود در بخش درشت‌تر ریزگردها از گردش‌دگی خوب برخوردار هستند که نشانه مسافت طولانی حمل و نقل و سایش بادی است. مفهوم دیگر عبارت اخیر آن است که بخش عمده ریزگردها از مناطق دوردست و بیابان‌های کشورهای دیگر منشأ می‌گیرند.



شکل ۵. تصویر میکروسکوپی انواع کانی‌های موجود در مقاطع نازک ریزگردها

کانی‌شناسی پرتو ایکس

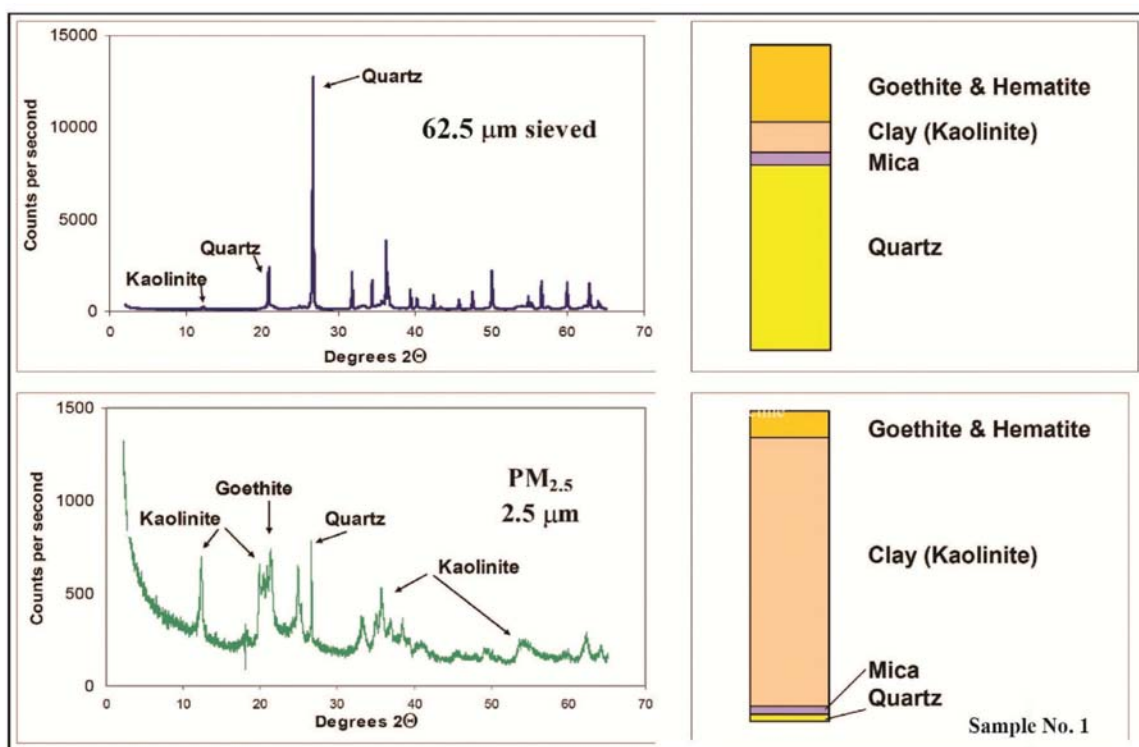
ذرات کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) با دستگاه پراش اشعه ایکس مورد بررسی قرار گرفتند (شکل‌های ۶ و ۷). مقایسه نمودارهای پراش اشعه ایکس نشان می‌دهد که در نمونه‌های TSP کوارتز و کلسیت کانی‌های اصلی هستند؛ اما در نمونه‌های $PM_{2.5}$ رس‌ها و کانی‌های اوپک مثل گوتیت از فراوانی بیشتری برخوردارند. فراوانی کلسیت و کوارتز به‌عنوان محصولات اصلی محیط‌های رسوبی تخریبی و شاخص منشأ کاملاً طبیعی برای ذرات گرد و غبار خوزستان

به دلیل اندازه بسیار کوچک بخش عمده ذرات متشکله ریزگردها، شناسایی همه کانی‌های موجود در آنها به‌خصوص سیلت‌های دانه‌ریز و رس‌ها با مطالعات میکروسکوپ معمولی کاری دشوار و حتی غیرممکن است. به همین خاطر، علاوه بر مطالعه مقاطع نازک از آنالیز XRD هم برای شناسایی کانی‌های رسی و غیر رسی بسیار دانه‌ریز استفاده شد. به این منظور از هر یک از نمونه‌های ریزگرد دو نمونه یکی شامل همه ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون (TSP) و دیگری

شرق عربستان این منطقه به‌عنوان منشأ بخشی از گرد و غبارها در جنوب غربی ایران مطرح شده است (زرأسوندی، ۱۳۸۸). در این منطقه بزرگ‌ترین بیابان به‌هم‌پیوسته جهان با مساحت ۶۶۰/۰۰۰ کیلومتر مربع به نام ربع الخالی^۱ (خالی از سکنه) گسترده است. میانگین بارش سالیانه این بیابان کمتر از ۵۰ میلی‌متر است و با وزش بادهای شدید به‌خصوص در تابستان حجم زیادی از گرد و غبار به سمت مناطق پیرامون از جمله شمال خلیج فارس منتقل شود (Edgell, 2006). البته نباید نقش باد شمال را که از روی عراق می‌وزد و گرد و غبار ناشی از خشک شدن تالاب‌های مرکز و شرق این کشور را به‌سوی ایران روانه می‌کند، در این میان نادیده گرفت. در منابع مختلف بیابان‌های عراق هم به‌عنوان یکی از خاستگاه‌های اصلی تولید ریزگردها در خاورمیانه و به تبع آن استان خوزستان معرفی شده‌اند (Zarasvandi et al., 2013; Heidari-Farsani et al., 2011).

مطرح شده است (زرأسوندی، ۱۳۸۸). از میان کانی‌های رسی کلریت، ایلیت، مونتموریلونیت، پالی‌گورسکیت و کائولینیت در نمونه‌های مورد مطالعه شناخته شدند. مجموعه کانی‌های یاد شده از سنگ‌های مختلف و در شرایط متفاوت به وجود می‌آیند؛ به همین خاطر فراوانی نسبی آنها در ریزگردهای همه مناطق یکسان نیست. با این حال، حضور کائولینیت و پالی‌گورسکیت شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک را در منشأ ریزگردها گواهی می‌کند (Murray, 2007). کلریت نیز تحت همین شرایط آب و هوایی و در محیط‌های قلیایی به وجود می‌آید و ایلیت هم یکی از رس‌های متداول در خاک‌های مناطق صحرایی است (Meunier, 2005).

با توجه به حضور کانی‌های غیر رسی نظیر ارتوکلاز و میکروکلین (شکل ۴) و بیوتیت در نمونه‌های ریزگرد مورد مطالعه و رخنمون سنگ‌های آذرین و دگرگونی در شمال



شکل ۶. نمودار پراش اشعه ایکس نمونه شماره ۱ ریزگردها

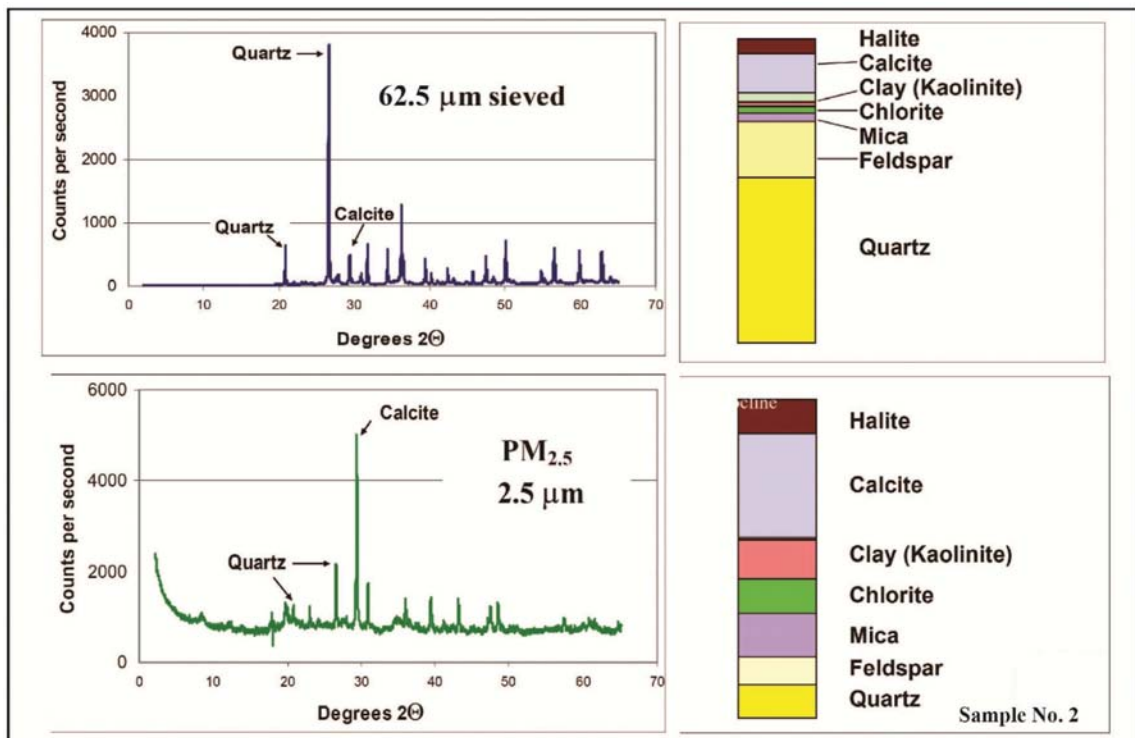
1. Rub al Khali

صیانت از تالاب‌های منطقه بیش از پیش احساس می‌شود.

ژئوشیمی رسوبی ریزگردها

در یک مطالعه رسوب‌شناسی جامع علاوه بر پرداختن به توصیف و تفسیر جنبه‌های فیزیکی اجزای متشکله رسوبات، ضروری است که ترکیب شیمیایی دانه‌ها نیز مورد کنکاش قرار گیرد. اطلاع از مقدار عناصر اصلی و فرعی در نمونه‌های مختلف در تعیین خاستگاه رسوبات و ارائه تفسیر درست امری ضروری است. بسیاری از ترکیبات و عناصر موجود در رسوبات هم می‌توانند دارای ارزش و اهمیت اقتصادی باشند و هم سبب مشکلات و مخاطرات زیست‌محیطی شوند.

با این حال، اطلاعات حاصل از پایش توفان‌های ریزگرد در نیمه دوم سال ۱۳۹۳ توسط مراکز ذریبط از جمله سازمان‌های هواشناسی و حفاظت محیط‌زیست از یک تغییر مشخص در منشأ گرد و غبارها به کانون‌های داخلی حکایت می‌کند. از مهم‌ترین این کانون‌ها باید به بخش‌های خشک شده هور هویزه و حاشیه شمالی تالاب شادگان (جاده اهواز-ماهشهر) اشاره کرد. نکته مهم در این میان لزوم بررسی دلایل تغییر کانون‌ها و مطالعات تکمیلی برای تعیین سهم هر یک از این مناطق در تشکیل ریزگردها است. با این شرایط، ضرورت بررسی مداوم این پدیده و برنامه‌ریزی دقیق و درازمدت برای آمایش سرزمین به‌خصوص مدیریت بهینه آب‌های سطحی و



شکل ۷. نمودار پراش اشعه ایکس نمونه شماره ۲ ریزگردها

پراکنش عناصر اصلی

گویای همین مطلب است که فراوانی نسبی عناصر اصلی در ریزگردهای اهواز با اندکی تغییر از میانگین جهانی تبعیت می‌کند. ملاحظه می‌شود که در نمونه تجزیه شده سیلیسیم با ۱۳/۶۸ درصد وزنی بیشترین مقدار را دارد و پس از آن به ترتیب آلومینیم ۶/۰۵، آهن ۳/۴۴، منیزیم ۰/۶۴، سدیم

بررسی اکسیدهای اصلی تشکیل‌دهنده ذرات گرد و غبار در صحراها و نواحی گوناگون نشان می‌دهد که سیلیس^۱ مهم‌ترین اکسید تشکیل‌دهنده ذرات گرد و غبار در نواحی مختلف جهان است و اکسیدهای آلومینیوم و آهن در اولویت‌های بعدی قرار دارند (Guangjin, 2008). نتایج حاصل از XRF که در شکل ۸ نشان داده شده است نیز

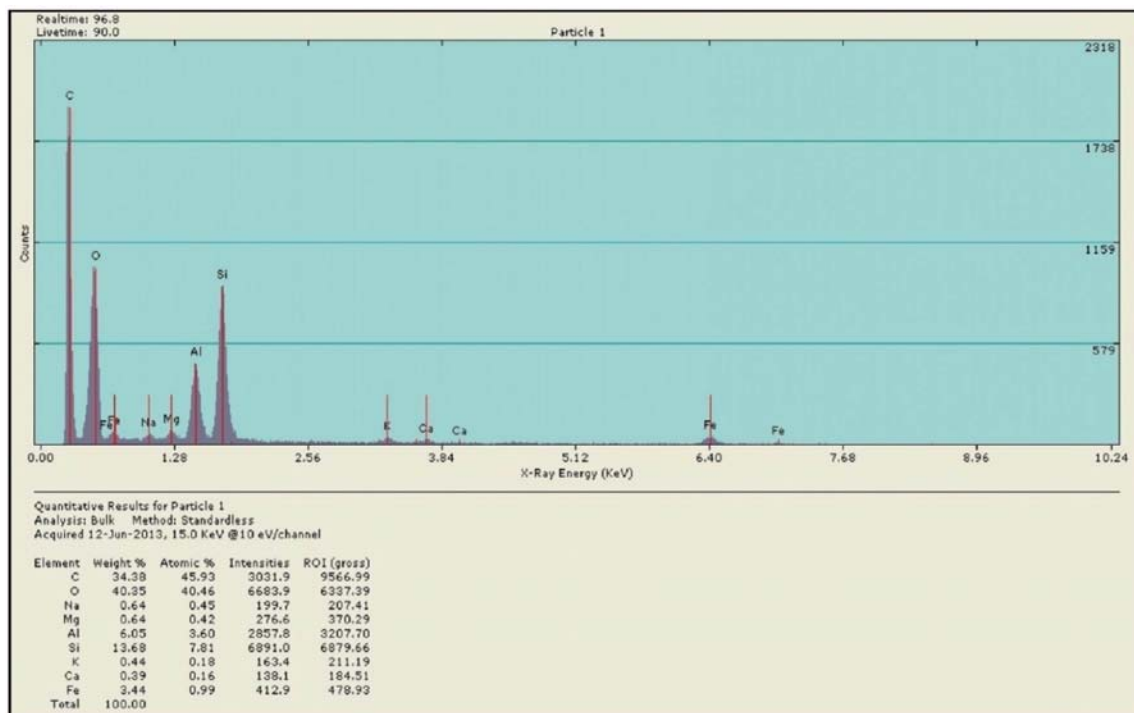
1. SiO₂

نزدیکی با آلومینوسیلیکات‌ها به‌خصوص رس‌ها دارند؛ زیرا از ساختار مناسب‌تری جهت به دام انداختن این عناصر برخوردار هستند. همچنین، بعضی از فلزهای سنگین ذاتاً نوع خاصی از ذرات را در توفان‌های مختلف همراهی کرده و به‌صورت گزینشی عمل می‌نمایند (زرأسوندی، ۱۳۸۸). نتایج به‌دست‌آمده گویای آن است که سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، سرب، روی، نیکل، مس، کبالت و کادمیم به ترتیب فراوان‌ترین عناصر موجود در ریزگردهای مورد مطالعه هستند. از میان عناصر یاد شده فلزهای سنگین اهمیت زیادی در کاهش کیفیت هوا و بروز مشکلات زیست‌محیطی دارند (Heidari-Farsani et al., 2013). در حقیقت، عنوان فلز سنگین از آسیب‌زایی و خطرناک بودن آن بر آمده است و شامل فلزها و شبه فلزهایی است که چگالی بالاتر از چهار دارند. به‌عنوان نمونه، مسمومیت ناشی از سرب به کم‌خونی و اختلالات مغزی منجر می‌شود و غلظت بالای کادمیم با افزایش احتمال ابتلا به سرطان ریه، نرمی استخوان و آسیب به کلیه‌ها همراه است.

۰/۶۴، پتاسیم ۰/۴۴ و کلسیم ۰/۳۹ در رتبه‌های بعد قرار دارند. با این داده‌ها نسبت Si/Al برابر با ۲/۲۶، Mg/Al برابر با ۰/۱۱، Ca/Al برابر با ۰/۰۶ و Fe/Al برابر با ۰/۵۷ به دست می‌آید. این اعداد نشان‌دهنده فراوانی تکتوسیلیکات‌ها و آلومینوسیلیکات‌ها در مناطقی است که ریزگردها در آنجا پدید آمده‌اند (زرأسوندی، ۱۳۸۸؛ ارزانی، ۱۳۹۱).

پراکنش عناصر کمیاب

منظور از عنصر کمیاب، عنصری است که فراوانی آن کمتر از یک درصد وزنی یا ۱۰/۰۰۰ ppm باشد. مطالعه این عناصر علاوه بر تشخیص منشأ کمک شایانی به تعیین شاخص‌های آلاینده‌گی و زیست‌محیطی می‌نماید (زرأسوندی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج طیف‌سنجی به روش جذب اتمی (AAS) و XRF بر وجود برخی ترکیبات سمی، عناصر کمیاب و فلزهای سنگین مثل سرب، روی، نیکل، مس، کبالت و کادمیم در نمونه‌های گرد و غبار اهواز دلالت می‌کنند (جدول ۷). عناصر کمیاب و فلزهای سنگین عمدتاً همراهی بسیار



شکل ۸. نمودار حاصل از فلورسانس اشعه ایکس و فراوانی عناصر مختلف در ریزگردها

اثرات زیانبار ناشی از ریزگردها را تا حد زیادی تشدید نمایند. یکی از شاخص‌های اصلی در بررسی پراکنش و منشأ عناصر مختلف در نمونه‌های گرد و غبار ضریب غنی‌شدگی^۱ است که در این مطالعه بر اساس روش کانگ و همکاران (Cong et al., 2007) تعیین شده است. عناصر با ضریب غنی‌شدگی کمتر از ۱۰ منشأ پوسته‌ای و یا طبیعی دارند و مقادیر بالاتر از آن بیانگر منشأ غیرطبیعی^۲ است (Morata et al., 2007).

غلظت عناصر کمیاب و فلزهای سنگین و سمی اساساً به دو عامل اصلی شامل منشأ ریزگردها و عوامل غیرطبیعی مربوط می‌شود. برخی از عناصر نادر موجود در گرد و غبار منشأ طبیعی دارند و از مواد زمین‌شناسی مثل سنگ‌ها، رسوبات و خاک تأمین می‌شوند. معمولاً مقدار عناصر کمیاب در شرایط طبیعی چندان مخاطره‌آمیز نیست؛ اما فعالیت‌های صنعتی و آلودگی‌های مصنوعی می‌توانند غلظت آنها را افزایش داده و

جدول ۷. غلظت عناصر مختلف و فلزهای سنگین در نمونه‌های ریزگرد

نمونه	مقدار عنصر کمیاب (ppm)									
	سدیم	منیزیم	پتاسیم	کلسیم	سرب	روی	نیکل	مس	کبالت	کادمیم
۱	۶۴۰۰	۶۴۰۰	۴۴۰۰	۳۹۰۰	۲۷۱	۲۱۸	۱۱۴	۶۳	۴۲	۳۸
۲	۶۱۳۰	۶۰۸۰	۴۰۵۰	۴۰۱۰	۲۸۳	۲۷۶	۱۳۲	۵۱	۶۰	۲۲
متوسط	۶۲۶۵	۶۲۴۰	۴۲۲۵	۳۹۵۵	۲۷۷	۲۴۷	۱۲۳	۵۷	۵۱	۳۱

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر مناطق وسیعی از جنوب و غرب ایران تحت تأثیر توفان‌های ریزگرد قرار گرفته و متحمل زیان‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی فراوان شده‌اند. در ارتباط با دلایل افزایش وقوع این پدیده مخرب عوامل مختلفی مثل تغییرات آب و هوایی و دخالت انسان در خشک شدن تالاب‌ها و گسترش بیابان‌ها بیان شده است. نتیجه دانه سنجی نمونه‌های ریزگرد ناشی از توفان‌های تیر و مرداد ۱۳۹۳ کلان‌شهر اهواز نشان می‌دهد که این مجموعه از ماسه بسیار دانه‌ریز، سیلت و رس تشکیل شده و از نظر بافتی در رده سیلت تا سیلت ماسه‌ای قرار می‌گیرد. سیلت، فراوان‌ترین جزء تشکیل‌دهنده ریزگردها است و میانگین اندازه دانه‌های این رسوبات ۱۵ میکرون می‌باشد. از نظر پارامترهای آماری این رسوبات دارای انحراف معیار ۲/۱۷ فی، کج‌شدگی ۰/۱۴+ و کشیدگی ۰/۷۱ هستند و در گروه کس‌های سیلتی قرار می‌گیرند. کوارتز، فلدسپات، کلسیت و ژئپس کانی‌های اصلی سازنده ماسه‌ها و سیلت‌ها هستند که با مقادیر اندکی از پیروکسن، گوتیت، هورنبلند و بیوتیت همراهی می‌شوند. ذرات بخش ماسه‌ای گردش‌دهی خوب دارند که نشانه مسافت طولانی حمل و نقل و سایش بادی است. بخش رسی ریزگردها بیشتر

از میان عناصر مورد بررسی ضریب غنی‌شدگی کلسیم، سدیم، نیکل، روی، کبالت و کادمیم بیشتر از ۱۰ است که منشأ غیرطبیعی آنها را تأیید می‌کند. بالا بودن تمرکز کلسیم و سدیم در ریزگردها را می‌توان به تبخیر دریاچه‌های فصلی و نمک‌زارهای منشأ (سبخاها^۳) متأثر از آب و هوای گرم و خشک آن مناطق نسبت داد (Engelbrecht, et al., 2009). وجود برخی کانی‌های رسی مثل کائولینیت و پالی‌گورسکیت نیز این موضوع را تأیید می‌کند (Darmoian, 2000). در مورد علت بالا بودن ضریب غنی‌شدگی سایر عناصر آلودگی‌های صنعتی به‌خصوص فعالیت‌های مرتبط با صنایع نفت و گاز در کشورهای مبدأ و استان خوزستان مطرح شده است (Zarasvandi et al., 2011). نکته قابل توجه در این میان، غلظت بسیار بالای کادمیم در نمونه‌های مورد مطالعه است که چنین مقادیری معمولاً در مناطق با آلودگی‌های صنعتی زیاد مشاهده می‌شود. در تجزیه شیمیایی ریزگردهای برخی مناطق عراق از جمله بصره مقدار عنصر یاد شده تا ۶۱ ppm هم گزارش شده است (Al-Dabbas et al., 2010). با توجه به مجاورت استان‌های بصره و خوزستان می‌توان بالا بودن غلظت کادمیم را به کانون مشترک تشکیل ریزگردهای این مناطق و آلودگی‌های پس از آن مربوط دانست.

1. Enrichment factor
2. Anthropogenic
3. Sabkha

- پروین، ح.، ۱۳۷۵. رسوب‌شناسی. انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۹۱.
- ذوالفقاری، ح. و عابدزاده، ح.، ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار در غرب ایران. مجله جغرافیا و توسعه، ۶، ۱۸۳-۱۷۳.
- رئیس‌پور، ک.، ۱۳۸۷. تحلیل آماری و همبندی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۹۸.
- زراسوندی، ع. ر.، ۱۳۸۸. ارزیابی زیست‌محیطی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان (فاز اول). سازمان محیط‌زیست استان خوزستان، ۳۷۰.
- زراسوندی، ع. ر.، ۱۳۹۲. ترکیب و منشأ زمین‌شیمیایی توفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان با استفاده از زمین‌شیمی عناصر نادر خاکی (REE): تأکیدی بر شاخص‌های زمین‌زیست‌محیطی. همایش تخصصی ریزگردها، پایش، اثرات و راهکارهای مقابله با آن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۷.
- زراسوندی، ع. ر. و حیدری، م.، ۱۳۹۳. توفان‌های گرد و غبار ایران: از دیدگاه زمین‌شناختی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۹۲.
- زراسوندی، ع. ر.، راست منش، ف.، پورکاسب، ه. و آزرمی، ز.، ۱۳۹۰. بررسی اثر پدیده گرد و غبار بر میزان جذب فلزهای سنگین در سه گونه منتخب گیاهی و خاک آن‌ها در شهر اهواز. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، ۲ (۱)، ۱۱۲-۱۰۱.
- سازمان هواشناسی کشور ۱۳۸۰. اقلیم و گردشگری استان خوزستان. انتشارات سازمان هواشناسی، ۷۶.
- شاهسونی، ع.، یاراحمدی، م.، مصداقی‌نیا، ع. ر.، یونسیان، م.، جعفرزاده، ن.، نعیم‌آبادی، ا.، ثالثی، م. و ندافی، ک.، ۱۳۹۱. تحلیل روند گرد و غبار ورودی به ایران با تأکید بر استان خوزستان. مجله پژوهشی حکیم، ۳، ۲۰۲-۱۹۲.
- معماریان، ح. و صداقت، م.، ۱۳۸۹. مبانی زمین‌شناسی فیزیکی. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۹۴.
- موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸۲. رسوب‌شناسی. انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ نهم، ۴۷۹.
- مهربانی، ش.، سلطانی، س. و جعفری، ر.، ۱۳۹۳. بررسی رابطه بین پارامترهای اقلیمی و وقوع ریزگردها (مطالعه موردی: استان خوزستان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۷۱، ۸۰-۶۹.

شامل کاتولینیت، کلریت و پالی‌گورسکیت است که شرایط آب و هوایی خشک و محیط قلیایی را در منشأ گواهی می‌کنند. تجزیه شیمیایی ریزگردها نشان می‌دهد که سیلیسیم، آلومینیم و آهن عناصر اصلی هستند و مقادیر کمی منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلسیم هم وجود دارد. ویژگی‌های بافتی و ترکیب شیمیایی ریزگردهای تابستان ۱۳۹۳ اهواز به‌گونه‌ای است که می‌توان نتیجه گرفت این مواد عمدتاً از بیابان‌های عربستان و عراق منشأ گرفته‌اند. با این حال، پایش توفان‌های نیمه دوم سال ۱۳۹۳ از یک تغییر مشخص در منشأ گرد و غبار به کانون‌های داخل استان خوزستان مثل بخش‌های خشک شده هور هویزه و حاشیه شمالی تالاب شادگان حکایت می‌کند. نکته مهم حضور برخی ترکیبات سمی و فلزهای سنگین از جمله سرب، نیکل، کبالت و کادمیم در ریزگردها است که نقش زیادی در کاهش کیفیت هوا و بروز مشکلات زیست‌محیطی دارند. در این شرایط، بررسی مداوم توفان‌های ریزگرد و تدوین یک برنامه دقیق برای آمایش سرزمین به‌خصوص صیانت از تالاب‌های منطقه بیش از پیش ضرورت دارد.

قدردانی

نویسنده لازم می‌داند مراتب امتنان خویش را نسبت به دکتر ناصر ارزانی، دکتر الخاص ویسی و دکتر محمود نقی‌زاده به خاطر مطالعه مقاله و بیان نکات اصلاحی و دکتر محمد امین رکنی برای همکاری و تسهیل در انجام بعضی تجزیه‌ها در دانشگاه ورشو اعلام نماید. همچنین، از داوران ارجمندی که کاستی‌های مقاله را تذکر دادند و با پیشنهادهای خود زمینه بهتر شدن آن را فراهم کردند، صمیمانه سپاسگزارم. دست‌اندرکاران گرانقدر فصلنامه زمین‌شناسی ایران نیز با پیگیری مجدانه مراحل مختلف داوری، پذیرش و امکان چاپ مقاله را فراهم کردند که از همه آنها قدردانی می‌شود.

منابع

- ارزانی، ن.، ۱۳۷۴. آزمایشگاه رسوب‌شناسی. انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۲۹.
- ارزانی، ن.، ۱۳۸۹. مبانی خاک‌شناسی. انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۹۳.
- ارزانی، ن.، ۱۳۹۱. ژئوشیمی رسوبی. انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۰۴.

- Al-Dabbas, M. A., Abbas, M. A. and Al-Khafaji, R. M., 2010. Dust storms loads analyses-Iraq. Springer, Arabian Journal of Geosciences, 5(1), 121-131.
- Cong, Z., Kang, S., Liu, X. and Wang, G., 2007. Elemental composition of aerosol in the Nam Co region, Tibetan Plateau, during summer monsoon season. Atmospheric Environment, 41, 1180-1187.
- Darmoian, S. A., 2000. Sedimentary characters and accumulation of dust fallout southern Mesopotamian plain, Basrah. Journal of Sciences, 18(1), 141-156.
- Edgell, H. S., 2006. Arabian Deserts: Nature, Origin, and Evolution. Springer, 592 p.
- Engelbrecht, J. P., McDonald, E. V., Gillies, J. A., Jayanty, R. K. M., Casuccio, G. and Gertler, A. W., 2009. Characterizing mineral dusts and other aerosols from the Middle East. Inhalation Toxicology, 21, 297-326.
- Fattahi, E., Noohi, K. and Shiravand, H., 2012. Study of Dust Storm Synoptical Patterns in Southwest of Iran. Desert, 17, 49-55.
- Folk, R. L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill, Austin, Texas, 182 p.
- Folk, R. L. and Ward, W. C., 1957. A study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27, 3-26.
- Friedman, G. M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. Journal of Sedimentary Petrology, 37, 327-354.
- Gerivani, H., Lashkaripour, G. R., Ghfoori, M. and Jalali, N., 2011. The source of dust storm in Iran: A case study based on geological information and rainfall data. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6(1), 297-308.
- Goudie, A. S., 2009. Dust storms: Recent developments. Journal of Environmental Management, 90, 89-94.
- Guangjin, W. A., 2008. Geochemistry of dust aerosol over the Eastern pamirs, Journal of Arid Environment, 73(4), 977-989.
- Hamidi, M., Kavianpour, M. R. and Shao, Y., 2013. Synoptic Analysis of Dust Storms in the Middle East. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 49(3), 279-286.
- Heidari-Farsani, M., Shirmardi, M., Goudarzi, Gh., Alavi-Bakhtiarivand, N., Ahmadi-Ankali, K. and Zallaghi, E., 2013. The evaluation of heavy metals concentration related to PM10 in ambient air of Ahvaz city, Iran. Journal of Advances in Environmental Health Research, 1(2), 120-128.
- Julien, P., 2010. Erosion and Sedimentation. 2nd Edition, Cambridge University Press, 371.
- Laity, J., 2008. Deserts and Desert Environments. Wiley-Blackwell, 342.
- Krumbein W. C. and Sloss L. L., 1963. Stratigraphy and Sedimentation. Freeman and Company, 660.
- Lutenegeger, A. J. and Hallberg, G. R., 1988. Stability of loess. Engineering Geology, 25, 247-261.
- Meunier, A., 2005. Clays. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 472.
- Morata, D., Polve, A., Valdes, A., Belmar, M. I., Dinator, M. and Aigouy, T., 2007. Characterisation of aerosol from Santiago, Chile: an integrated PIXE-SEM-EDX study. Environmental Geology, 56, 81-95.
- Murray, H. H., 2007. Applied Clay Mineralogy. Elsevier, 180 p.
- Pye, K. and Tsoar, H., 2009. Aeolian Sand and Sand Dunes. Springer, 458.

- Selley, R. C., 2000. Applied Sedimentology. Academic Press, Second Edition, 521.
- Tucker, M. E., 2001. Sedimentary Petrology. Third edition, Blackwell science, 262.
- Youlin, Y., 2001. Global Alarm: Dust and sand storms from the world's drylands. UN-CCD, 345.
- Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F. and Rastmanesh, F., 2011. Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). Journal of Geochemical Exploration, 111, 138-151.
- Zoljoodi, M., Didevarasl, A. and Ranjbar Saadatabadi, A., 2013. Dust Events in the Western Parts of Iran and the Relationship with Drought Expansion over the Dust-Source Areas in Iraq and Syria. Atmospheric and Climate Sciences, 3, 321-336.