مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال نوزدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۹۰، از صفحهٔ ۵۱۱ تا ۵۱۸

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

ترکیب کانی‌شناختی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل دهنده‌ی پدیده‌ی گرد و غبار در استان خوزستان با تکیه بر آنالیزهای XRD و تصاویر SEM

علیرضا زراسوندی*[۱]، فرید مر[۲]، احد نظرپور[۳]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- بخش علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز

۳- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

(دریافت مقاله: ۸۹/۱/۲۲ ، نسخه نهایی: ۸۹/۸/۲۵)

چکیده: امروزه علاوه بر تعیین شاخص‌های شیمیایی ذرات گردو غبار، بررسی ویژگی‌های فیزیکی و نقش آن‌ها در آلودگی محیط زیست نیز حائز اهمیت است. در این راستا تعداد ۱۰ نمونه برداشته شده در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸در روزهای گرد و غباری با خاستگاه فرا محلی در استان خوزستان برای بررسی‌های کانی‌شناسی و ریخت‌شناسی مورد بررسی XRD و SEM قرار گرفتند. نتایج حاصل از بررسی‌های XRD نشان داد که ترکیب کانی‌شناسی ذرات گرد و غبار خوزستان را می‌توان در سه گروه کانیایی خلاصه کرد (۱) کروه کربنات (کانی غالب کلسیت) (۲) گروه سیلیکات (کانی غالب کوارتز) و گروه رس‌ها (کانی غالب کائولن)، و مهم‌ترین فاز فرعی نیز کانی ژیپس است. بررسی‌های SEM نشان می‌دهد که شکل‌های کروی، نامنظم، منشوری و لوزی رخ مهم‌ترین شکل‌های تشکیل دهنده‌ی ذرات گرد و غبار خوزستان را تشکیل می‌دهند. اندازه‌ی متوسط این ذرات بین ۲ تا ۴۴ میکرومترند، که ذرات رسی کمترین اندازه و سولفاتی و کربناتی بیشترین اندازه را دارند. به‌طور کلی ذرات با اندازه‌های ۲ تا ۵۰ میکرومتر در نمونه‌ها پراکندگی دارند که اندازه‌های بین ۱۰ تا ۲۲ میکرومتر در نمونه‌های گرد و غبار خوزستان ترکیب غالبند.

واژه‌های کلیدی: *گرد و غبار؛ کانی‌شناسی؛ XRD، SEM؛ خوزستان.*

مقدمه

پدیده‌های گردوغبار از جمله بزرگترین مشکلات جدی زیست محیطی در نواحی مختلف جهانند. این در حالی است که بیشترین گرد و غبار موجود در جو با خاستگاه ذرات ریز دانه رخ می‌دهد و این ذرات ریز در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از فراوانی بالاتری برخوردارند. در واقع ایجاد گرد وغبار می‌تواند نوعی واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد که نقش فعالیت‌های انسانی را در کنار شرایط طبیعی محیط‌های جغرافیایی نباید نادیده گرفت [۱]. البته انسان می‌تواند با بعضی طرح‌های مهندسی بزرگ مقیاس اثرهای منفی پدیده‌های زیست‌محیطی و پدیده‌های گردو غبار را تعدیل کرده، و از فراوانی رخداد، شدت و استمرار آن بکاهد. اثرهای پدیده‌های گرد و غبار ممکن است تا فاصله‌ی ۴۰۰۰ کیلومتری از خاستگاه اصلی تداوم داشته و سبب بروز اثرهای نامطلوب

* نویسنده مسئول، تلفن- نمابر: ۳۳۳۱۰۵۹ (۰۶۱۱)، پست الکترونیکی: Zarasvandi_a@scu.ac.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

زیستی و خسارات‌های فراوان در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل و سیستم‌های مخابراتی شوند. کشور ایران نیز به‌دلیل این مشکل و همجوار بودن با بخش گسترده‌ای از پهنه-های بیابانی تحت تاثیر نامطلوب این پدیده قرار می‌گیرد. یکی از نواحی ایران که تحت تاثیر این پدیده قرارگرفته است استان خوزستان در جنوب غربی ایران است. پدیده‌ی گرد و غبار که در مواردی با غلظت قابل ملاحظه‌ای همراه است و گاهی دید افقی را به ۱۰۰ متر تقلیل می‌دهد، در اکثر مواقع سال به-خصوص در فصول گرم این استان را با مشکلات جدی مواجه کرده است. این پدیده با مشکلات ناراحت کننده‌ای همراهند و موجب پیدایش عوارض نامطلوب بهداشتی، زیست‌محیطی و اقتصادی شده است. این پدیده به‌عنوان یک پدیده‌ی غیر بومی از کشورهای همسایه، این منطقه را تحت تاثیر قرار داده است و در سه سال اخیر بگونه‌ای است که لزوم آگاهی از پارامترهای فیزیکی و شیمیائی آن کاملا احساس می‌شود.

علاوه بر تعیین شاخص‌های شیمیایی ذرات گردو غبار، بررسی ویژگی‌های فیزیکی و نقش آن‌ها در آلودگی محیط زیست نیز اهمیت دارد. امروزه این دو پارامتر به‌عنوان اساس بررسی‌های زمین‌شناسی زیست‌محیطی توفان‌های گردو غبار به‌عنوان یکی از پدیده‌های ناخواسته‌ی طبیعی به موازات یکدیگر مورد بررسی قرار می‌گیرند به‌طوری که یکی از آن‌ها می‌تواند کامل کننده‌ی دیگری و نشان دهنده‌ی ارتباط نزدیک اجزا و ترکیب شیمیایی گردو غبار باشد[۲]. به‌طور کلی دو نوع آلوده‌کننده در گردو غبارها تشخیص داده شدند: گونه‌ی اول شامل ترکیبات So_2 ، No_2 ، Co، فلزات سنگین به‌خصوص سرب و کادمیوم و دوم شامل اجزای شیمیایی، فیزیکی و زیست‌شناختی موجود در گردو غبار هستند. منظور از ذرات گرد و غبار، توده‌ی تقریباً سیاه‌رنگی است که شامل کلیه مواد معلق در هوا (Total Suspended Particle) می‌شود، ولی از سال ۱۹۹۰ با گسترش فناوری و گسترش گستره‌ی وسایل اندازه‌گیری ذرات ، ذرات دیگری بنام PM10 از سوی US Environment Protection Agency (US-EPA) معرفی شدند که شامل کلیه‌ی ذرات با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۱۵ میکرون هستند. با ادامه‌ی این روند از سوی همین سازمان، ذرات با PM2.5 و PM1 نیز در سال ۱۹۹۷ گزارش شدند. معمولاً خاستگاه ذرات با PM10 را طبیعی و ذرات PM2.5 را انسان‌زاد و یا دارای خاستگاه غیرطبیعی می‌دانند. فراوانی این ذرات از سوی European Commision(EC) به‌عنوان استاندارد مشخص آلودگی هوا بر اثر ذرات در نظر گرفته شد، به‌طوری که چگالی ذرات PM10 در حد ۵۰ میکروگرم بر مترمکعب به مدت ۲۴ ساعت نباید ۳۵ بار در سال رخ دهد و بیشینه‌ی سالانه نیز باید در حد ۴۰ میکروگروم بر مترمکعب باشد. در خصوص ذرات با PM2.5 نیز تعداد روزهای با چگالی بیشتر از ۳۵ میکروگرم بر مترمکعب نباید از ۱۰ درصد تعداد روزهای سال تجاوز کند. با توجه به اینکه هر کدام از این ذرات می‌توانند حامل آلاینده‌های دیگر به‌خصوص ترکیبات شیمیایی باشند، و یا خود با کانی‌شناختی و یا ریخت‌شناسی ویژه‌ای می‌توانند یک آلاینده‌ی خطرناک باشند، لزوم بررسی این ذرات از نظر اندازه، شکل و ترکیب کانی‌شناسی کاملاً احساس می‌شود [۳]. با توجه به موارد یاد شده، هدف این پژوهش که بخشی از بررسی گسترده و سیستماتیک اقلیمی، ژئوشیمیائی، ایزوتوپی و کانی‌شناسی است، بررسی ترکیب کانی‌شناسی، اندازه و درصد فراوانی با اندازه‌ی مشخص و در نهایت شکل ذرات گرد و غبار روی خوزستان به‌عنوان اولین پژوهش صورت گرفته روی این پدیده در کشور و کشورهای دیگر همسایه است.

نمونه‌برداری و روش کار

در این پژوهش برای نمونه برداری، از دستگاه‌های نمونه‌گیر فعال High Volume Air Sampler استفاده شد. این دستگاه‌ها با توجه به موقعیت و شرایط مناسب و دسترسی سریع، در ایستگاه‌های هواشناسی اهواز و آبادان مستقر شده‌اند و در استقرار آن‌ها بدین نکته توجه شد که دستگاه‌ها در ارتفاع مشخصی از زمین قرار گیرند و از هرگونه فعالیت‌های انسان‌زاد به دور باشند. البته این دو ایستگاه با توجه به بحرانی بودن شرایط جوی گرد و غبار، چگالی بالای ذرات و کاهش شدید دید افقی به‌عنوان ایستگاه‌های مرجع انتخاب شدند و با اعلام سازمان هواشناسی استان مبنی بر ورود سامانه‌ی گرد و غبار فرا مرزی (کد ۰۶) نمونه برداری از نواحی دیگر استان توسط تیم نمونه‌برداری با دستگاه‌های قابل حمل نیز انجام می‌پذیرفت. این نمونه گیرها با پمپاژ هوا با قدرت ۲۰ تا ۶۰ متر مکعب در

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

دقیقه قادر به جمع آوری گرد و غبار با اندازه‌های (TSP, PM10,PM2.5) با استفاده از جداسازی پی دی پی ذرات (Impactor) بوده و ذرات جمع آوری شده را روی فیلترهای سلولزی و تفلونی تعبیه شده در درون دستگاه‌ها قرار می‌دهند. در هر مرحله نمونه‌ی برداری با توجه به ماندگاری پدیده‌ی گرد و غباردر استان، زمان هر نمونه‌برداری با دستگاه‌ها ۲۴ ساعت بوده است (شکل ۱). نمونه‌های جمع آوری شده همراه با فیلترهایی که نمونه روی آن قرار دارد درون ظروف مخصوص شیشه‌ای قرار گرفته و پس از کد گذاری به آزمایشگاه ارسال می‌شدند [۲].

در این راستا تعداد ۹ نمونه گرد و غبار خوزستان با اندازه-های مختلف جمع‌آوری شده در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ از نواحی مختلف، برای آنالیز XRD به‌منظور تعیین ترکیب کانی‌شناسی در دو فاز اصلی و کمیاب و SEM (نمونه‌های برداشت شده از اهواز و آبادان) به‌منظور تعیین اندازه‌ی، فراوانی و در نهایت ریخت‌شناسی ذرات برداشت شدند. با توجه به ریز بودن ذرات گرد و غبار (PM_{10} تا $PM_{2.5}$) شناسایی فازهای کانیایی ذرات با استفاده از روش های میکروسکوپی امکان‌پذیر نبود، بنابراین روش XRD برای بررسی و شناسایی این فازهای جامد پیشنهاد می‌شود. این بررسی با استفاده از XRD ، Philips مدل ۳۰۴۰ در آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود مستقر در پارک علم و فناوری پردیس انجام پذیرفت. بررسی-های SEM نیز با استفاده از Leo 1455 VP در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت[۲].

بحث و بررسی

بررسی‌های پراش پرتو ایکس(XRD)

نتایج حاصل از بررسی‌های XRD در جدول (۱) و شکل (۲) آورده شده‌اند. چنانکه در این جدول آمده‌اند کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی نمونه‌های بررسی شده بیشتر در ۳ فاز کانیایی اصلی شامل کربنات (بیشتر کلسیت)، سیلیکات (بیشتر کوارتز) و فیلوسیلیکات (بیشتر کائولینیت) قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از جدول (۱) نشان می‌دهد که تنوع کانی‌های تشکیل دهنده در نمونه‌های PM10 از بقیه‌ی اندازه‌ها بیشتر است و بیشتر شامل کانی‌های کلسیت و کوارتزند. حتی نمونه‌های TSP که نشان دهنده‌ی کل گرد و غبار از نظر اندازه‌ی ذرات اند نیز تک کانیایی و بیشتر شامل کلسیت است. کانی‌های رسی در بیشتر نمونه‌ها به‌صورت فازهای فرعی خود را نشان می‌دهند که این خود شاهدی دال بر ترکیب غالب گرد و غبار خوزستان به-صورت ذرات PM10 است. فراوانی کلسیت و کوارتز در بیشتر نمونه‌ها به‌عنوان محصولات اصلی محیط‌های رسوبی تخریبی نشان دهنده‌ی خاستگاه کاملاً رسوبی برای ذرات گردو غبار خوزستان است. از طرفی وجود کانی‌های رسی به‌عنوان فاز کانیایی فرعی نقش جاذب بعضی از فلزات سنگین را بازی می‌کند. عدم توانایی در حمل و واکنش بسیاری از فلزات با کوارتز وکلسیت نشان می‌دهد که این کانی‌ها نقش مهمی در تمرکز فلزات و عناصر سنگین نخواهند داشت و در صورت وجود عناصر خاص و یا فلزات سنگین، آن‌ها بیشتر از محیط پیرامون خود در ساختار ذرات گردو غبار تزریق شده‌اند و خاستگاه غیرطبیعی دارند[۱].

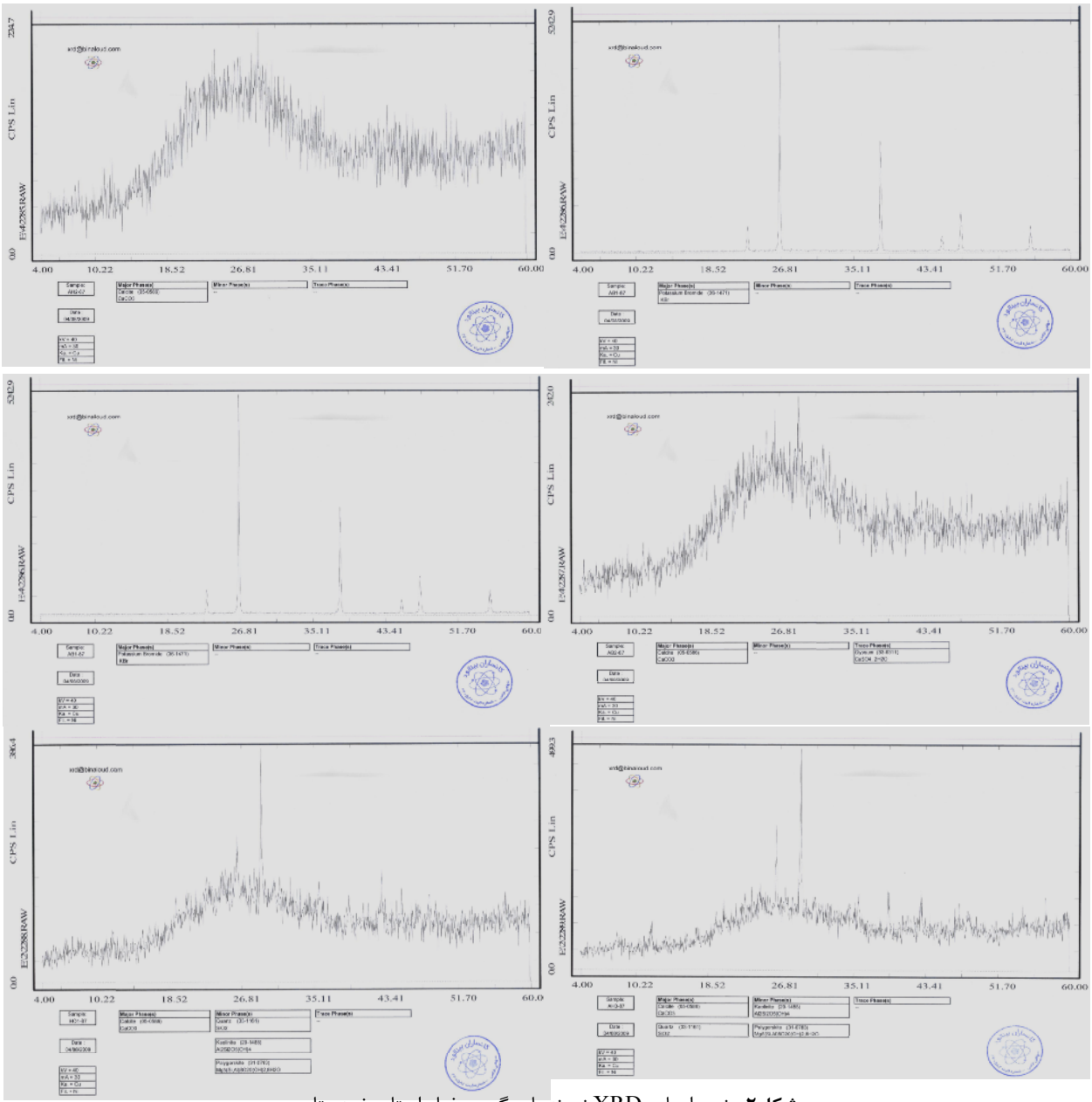


شکل ۱ نمایی از دستگاه High Volume Air Sampler مدل TCR (سمت چپ) و فیلتر سلولزی PM10 پس از نمونه برداری (سمت راست).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

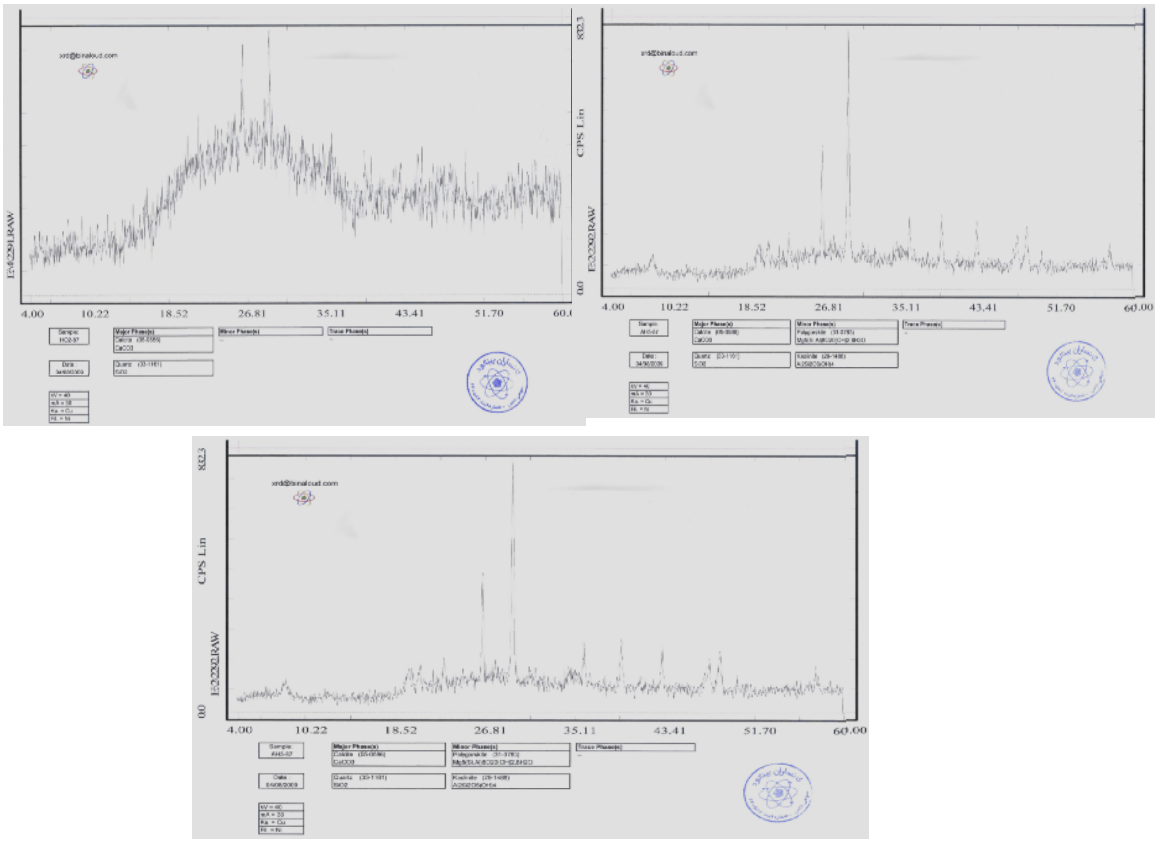
جدول ۱ نتایج حاصل از آنالیز XRD نمونه‌های گرد و غبار خوزستان در سال ۱۳۸۷.

ردیف	نمونه	اندازه	تاریخ	فازهای اصلی	فازهای فرعی	فازهای کمیاب
۱	AH1-87	PM10	۸۷/۱۱/۵	کلسیت، کوارتز	موسکویت، ایلیت	ـــ
۲	AH2-87	TSP	۸۷/۶/۳	کلسیت	ـــ	ـــ
۳	AB1-87	TSP	۸۷/۶/۳	کلسیت	ـــ	ـــ
۴	AB2-87	TSP	۸۷/۱۲/۵	کلسیت	ـــ	ژیپس
۵	HO1-87	TSP	۸۷/۶/۲۷	کلسیت	کوارتز،کائولینیت، پولی‌گورسکیت	ـــ
۶	AH3-87	PM10	۸۷/۱۱/۲۳	کلسیت، کوارتز	کائولینیت، پولی‌گورسکیت	ـــ
۷	AH4-87	TSP	۸۷/۷/۱۶	کلسیت، کوارتز	ـــ	ـــ
۸	HO2-87	TSP	۸۷/۶/۱۷	کلسیت، کوارتز	ـــ	ـــ
۹	AH5-87	PM10	۸۷/۱۲/۲۵	کلسیت، کوارتز	کائولینیت، پولی‌گورسکیت	ـــ



شکل۲ نمودارهای XRD نمونه‌های گرد و غبار استان خوزستان.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

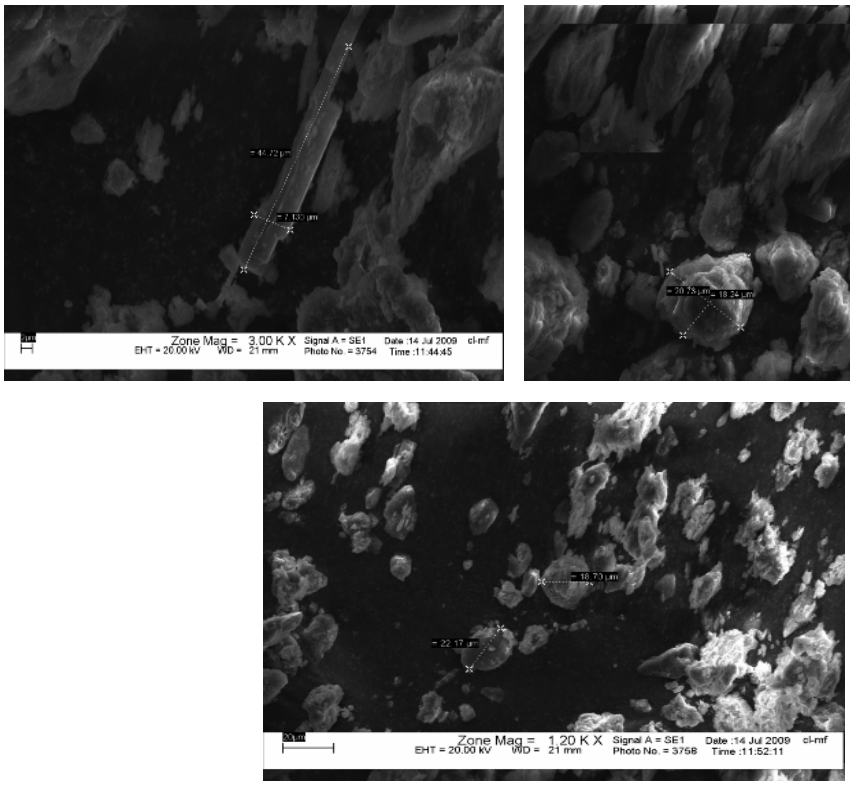


ادامه شکل ۲

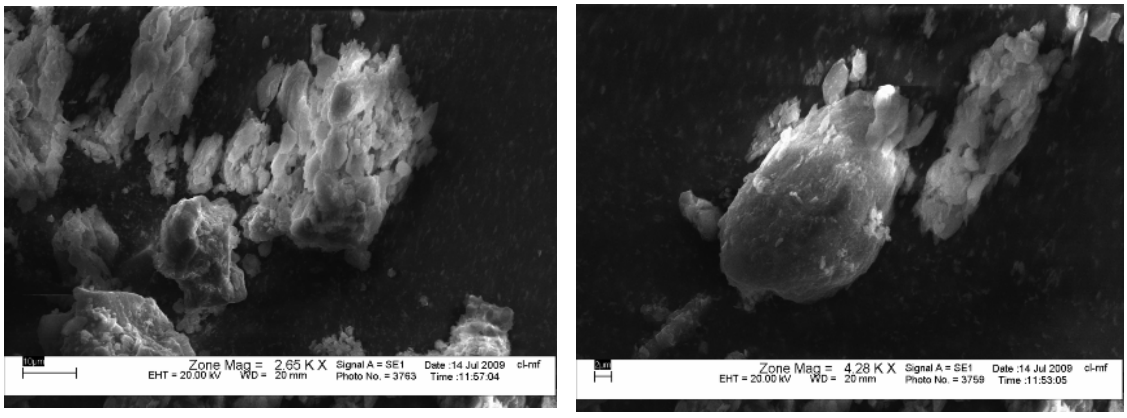
بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM)

بررسی میکروسکوپ الکترونی ذرات گرد و غبار کمک شایانی به تعیین اندازه‌ی واقعی ذرات، شکل ذرات، انبوه های مختلف موجود در ذرات و در نهایت ترکیب شیمیایی و خاستگاه ذرات می‌کند[۳]. در بررسی‌های SEM ریخت‌شناسی ذرات تا حدود بسیار زیادی نشان دهنده‌ی نوع کانی‌های تشکیل دهنده‌ی ذرات گردو غبار است [۳]. البته اگر روش SEM همراه با استفاده از میکروآنالیزر باشد (EDX) به خوبی ترکیب شیمیایی هر ذره علاوه بر شکل و انبوه‌های آن قابل اندازه‌گیری است. در این بررسی تنها از روش SEM استفاده شد. براین اساس از نمونه‌های AB-1(TSP)، AB-2(PM2.5)، AH-7 (PM2.5) ، AH-12 (PM2.5)، AH-13 (TSP)، AH-18 (PM10) تعداد ۷۰ عکس با بزرگنمائی‌های مختلف تهیه شدند. این تصاویر و بررسی شکل و اندازه‌ی ذرات نشان می‌دهد که نمونه‌ها از نظر شکل و کانی‌شناسی از یکنواختی خاص برخوردارند. شکل‌های کروی، نامنظم، کشیده و منشوری، بلوری ماکله و یا لوزی رخ در این نمونه‌ها به ترتیب معرف ذرات آلومینوسیلکاتی رسی، کوارتز، ژیپس،کلسیت در ذرات گرد و غبارند. شکل‌های (۳) ، (۴) و (۵) تصویرهای ذرات مختلف روی فیلترهای نمونه‌برداری در این پژوهش را نشان می‌دهند. ذرات کروی با اندازه‌های زیر μm ۵ بیشتر از کانی‌های رسی (آلومینوسیلیکات) هستند که انبوه‌های خوشه‌ای را ایجاد می‌کنند[۴]. ساختارهای بلوری منظم دراندازه‌های μm ۲۰-۱۰ بیشتر از بلورهای کلسیت هستند که معمولاً در اندازه‌های PM10 تمرکز بالائی دارند. بلورهای درشت (μm ۴۰-۲۰) با ساختار ماکلی و منشوری از کانی‌های ژیپس (سولفاتی) هستند که در نمونه‌های مورد بررسی فراوانی اندک دارند. ذرات نزدیک به کروی و یا دارای شکل‌های نامنظم که همراه با اندازه‌هایPM10 هستند و اندازه‌های در حد (μm ۲۰-۱۰) را از خود نشان می‌دهند بیشتر از بلورهای کوارتزی هستند که به‌صورت تک کانی در بیشتر نمونه‌ها نمود کاملاً مشخص دارند. چنانکه در تصاویر دیده می شود، به‌طور کلی ذرات در اندازه‌های ۲ تا ۵۰ میکرومتر در نمونه‌ها پراکندگی دارند و با نگاهی اجمالی می‌توان دریافت که اندازه‌های بین ۱۰ تا ۲۲ میکرومتر ترکیب غالب نمونه‌های گرد و غبار خوزستان را تشکیل می‌دهند[۲].

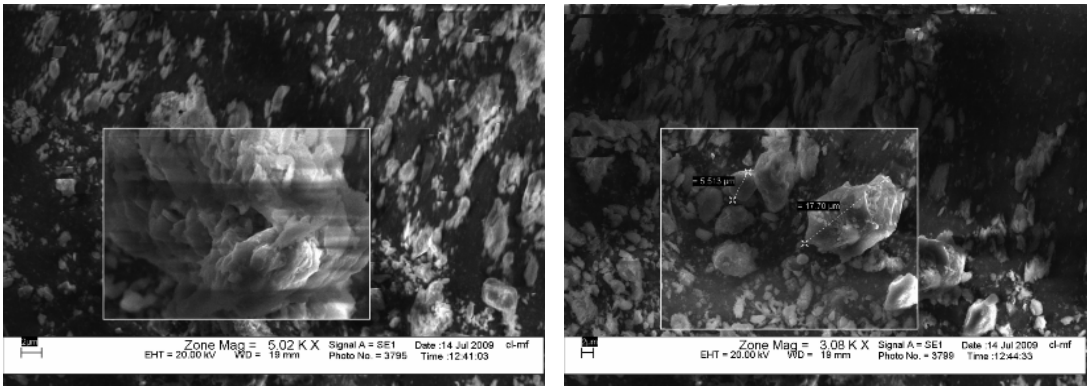
[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]



شکل۳ تصویر SEM از بلور ژیپس (بالا سمت چپ)، کلسیت (بالا سمت راست) و کوارتز (پائین) در ذرات گرد و غبار خوزستان.



شکل ۴ تصویر SEM از بلورکوارتز (سمت راست) و انبوهه‌های کلسیت و رس (سمت چپ) در ذرات گرد و غبار خوزستان.



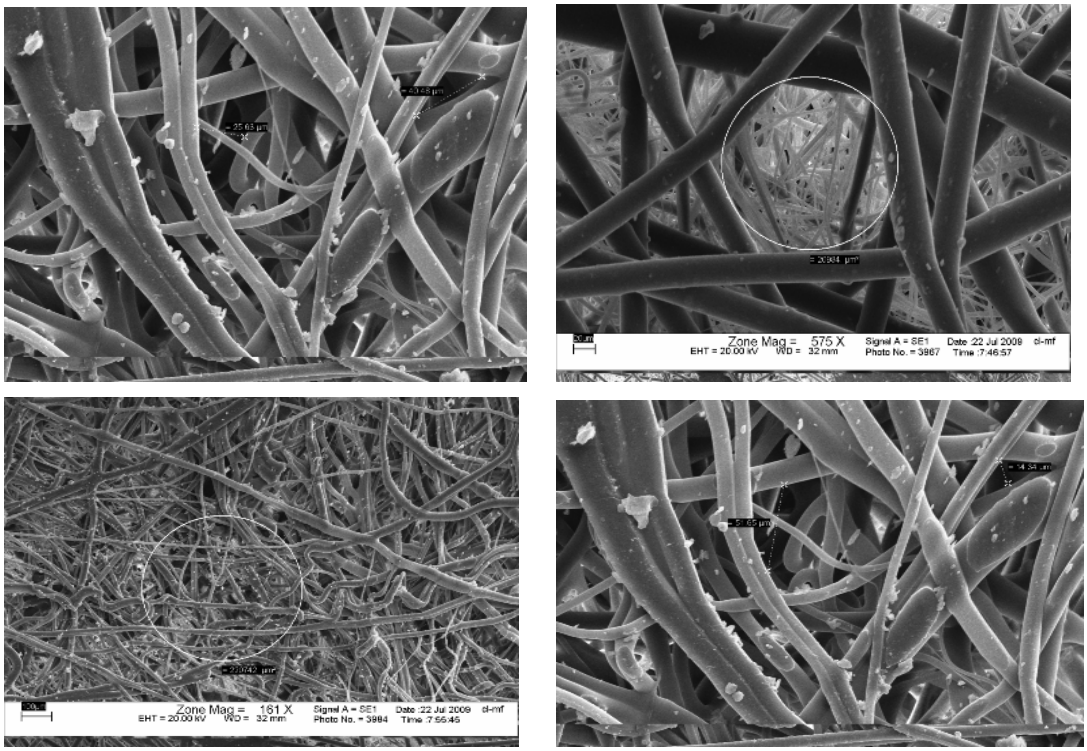
شکل۵ تصویر SEM از بلورهای رس (سمت راست) و کلسیت (سمت چپ) در ذرات گرد و غبار خوزستان.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

ترکیب کانی‌شناسی و تا حدودی ریخت‌شناسی ذرات گرد و غبار از دیدگاه زمین‌شناسی منطقه، تحت تاثیر این پدیده و مسیر باد غالب است. با توجه به اینکه ذرات PM_{10} فراوان‌ترین ذرات تشکیل دهنده‌ی گرد و غبار استان خوزستان‌اند علاوه بر کانون‌های شکل‌گیری و بحران در کشورهای همسایه، نواحی صحرائی خوزستان نیز می‌توانند تا حدودی تامین کننده‌ی این ذرات باشند. زمین‌شناسی نواحی غربی خوزستان و شرق و مرکز کشور عراق نشان می‌دهد که صحرا های با گستردگی زیاد ماسه بادی، خاستگاه اصلی کانی‌های کلسیت این ذرت است[۲]. کانی‌های رسی همراه با این توده‌های گرد و غبار بیشتر خاستگاه فرا محلی داشته و ترکیب غالب، یک محیط هوازده‌ی رسوبی را نشان می‌دهد[۴]. با توجه به عدم وجود کانی‌های شاخص محیط‌های آذرین و دگرگونی و کانی‌های سنگین در نمونه‌های مورد بررسی، چنین به نظر می‌رسد که نقش سرزمین‌های با این سنگ‌ها در خارج از استان خوزستان، به ویژه کشورهای عراق و عربستان که به‌عنوان کانون های اصلی برخاست این ذرات‌تند کم است و صحراهای پوشیده از رسوب‌های بادرفتی و آبرفتی خاستگاه اصلی این مواد هستند[۲].

بررسی‌های کانی‌شناختی و کاربرد زیست‌محیطی

برای تعیین ارتباط بین اندازه‌ی غالب ذرات گرد و غبار و نوع کانی‌های تشکیل دهنده‌ی ذرات با ماسک‌های بهداشتی رایج در استان، دو نمونه ماسک (سلولزی ساده و سلولزی فیلتردار) نیز تحت آنالیز SEM شدند، این پژوهش نشان می‌دهد که قطر متوسط منافذ این ماسک‌ها بین ۵ تا ۴۰ میکرومتر تغییر می‌کند، لذا منافذ بالای ۲۰ میکرومتر در این ماسک‌ها توانایی عبور این ذرات را دارند (شکل ۶)، ولی با نمناک کردن این ماسک‌ها و تهیه‌ی تصویر SEM مشخص شد که رطوبت روی این ماسک‌ها تقریباً بالای ۹۰ درصد ذرات را روی فیلترهای تشکیل دهنده‌ی ماسک‌ها نگه می‌دارند. از طرفی این ماسک‌های مرطوب در رو برو شدن با گرد و غبار با حداکثر دید افقی که بیشتر در حد PM2.5 با ترکیب کانی‌های رسی هستند، بسیار خوب عمل کرده و تقریبا تمامی ذرات را به دلیل واکنش این ذرات با رس‌ها جذب می‌کند. کانی‌های با اندازه‌ی بزرگ و شکل تیغه‌ای و یا شعاعی مانند ژیپس نیز به‌دلیل به دام افتادن در الیاف ماسک‌ها کمترین خطر عبور را دارند [۲].



شکل۶ تصویر SEM منافذ ماسک‌های رایج در حالت خشک (بالا سمت راست)، در حالت مرطوب (بالا سمت چپ و پائین سمت راست) و ماسک‌های با تراکم بالا (پائین سمت چپ).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

برداشت

۱. ترکیب کانی‌شناسی غالب ذرات گرد و غبار خوزستان را می‌توان در سه گروه کانیایی خلاصه کرد (۱) کربنات‌ها (کانی غالب کلسیت) (۲) سیلیکات‌ها (کانی غالب کوارتز) و رس‌ها (کانی غالب کائولن). مهم‌ترین فاز فرعی نیز کانی ژیپس است.

۲. بررسی‌های SEM نشان می‌دهد که شکل‌های کروی، نامنظم، منشوری و لوزی رخ مهم‌ترین شکل‌های تشکیل دهنده‌ی ذرات گرد و غبار خوزستانند.

۳. این شکل‌ها با ترکیب کانی‌شناختی آلومینوسیلیکاتی، سیلیکاتی، سولفاتی و کربناتی برای ترکیب کلی این ذرات همخوانی دارند.

۴. اندازه‌ی متوسط این ذرات بین ۲ تا ۴۴ میکرومترند، که ذرات رسی کمترین اندازه و سولفاتی و کربناتی بیشترین اندازه را دارند.

۵. خاستگاه اصلی ذرات گرد و غبار خوزستان با کانی‌شناسی یاد شده صحراهای متشکل از رسوب‌های آبرفتی و باد رفتی غرب خوزستان و در کشور عراق‌اند.

۶. استفاده از ماسک‌های معمولی مرطوب تاثیر به‌سزائی در جذب ذرات در حد PM2.5 با ترکیب رسی دارند.

۷. رطوبت تقریباً بالای ۹۰ درصد ذرات را روی فیلترهای تشکیل دهنده‌ی ماسک‌ها نگه می‌دارد.

۸. ذرات کوارتز با اندازه‌ی بین PM2.5 تا PM10 و شکل کروی به‌دلیل عدم واکنش پذیری با محیط بیشترین عبور از منافذ ماسک را دارند.

قدردانی

این پژوهش حاصل حمایت‌های بی‌دریغ اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان است. لذا از مدیریت محترم و کلیه کارشناسان اداره‌ی کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

[۱] رئیس‌پور کوهزاد، *"تحلیل آماری و همدیدی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان"*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان. (۱۳۸۷)، ۱۸۹ صفحه.

[۲] زراسوندی. ع، *"بررسی اثرات زیست محیطی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان (فازاول)"*، اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان، ۱۳۸۸، ۲۷۷ صفحه.

[3] Irene Rodrıguez E., Salvador GalıE Celia Marcos, *"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 (2009) 1551-1561.

[4] Wiederkehr P., Yoon S.J., *"Air quality indicators. In: Fenger J, Hertel O, Palmgren F (eds) Urban air pollution European aspects. Kluwer"*, Dordrecht. 1998.

[5] Goudie, midelton, *"Saharan dust storms, nature and consequences"*, Earth science review, 2002, pp:56

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]