



بررسی ویژگی‌های کانی شناختی و شیمیایی غبار مناطق مختلف شهر کرمان

سمیه رضائی^{*}، احمد عباس نژاد، زینب ذاکرین پور

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(دریافت مقاله: ۹۰/۹/۱۵، نسخه نهایی: ۹۱/۳/۷)

چکیده: یکی از مهمترین مشکلات زیست محیطی شهر کرمان، مسئله‌ی غبار آلودگی آن است. با توجه به اهمیت کانی‌شناسی در زمینه‌ی بررسی‌های زیست محیطی، غبار مناطق مختلف شهر کرمان از نظر کانی‌شناسی با استفاده از مقاطع نازک میکروسکوپی و پراش پرتو x (XRD) و نیز از نظر شیمیایی به روش جذب اتمی (ICP-MS) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس بررسی‌های کانی‌شناسی در تمام نواحی شهر، کانی‌های کوارتز، کلسیت، فلدسپار، پیروکسن، میکا، زئولیت، سیلیکات‌های کلسیم‌آبدار و کانی‌های رسی بیشترین میزان ذرات غبار را به خود اختصاص می‌دهند. کاهش اندازه و گرد شدگی کانی‌های کوارتز و کلسیت از غرب به شرق، نشان دهنده‌ی خاستگاه این ذرات از ناحیه‌ی غرب است. حضور کانی جافیت در غبار ناحیه‌ی مرکزی شهر می‌تواند ناشی از راه یافتن غبار کارخانه‌ی سیمان به آسمان شهر و فراوانی گیسموندین (نوعی زئولیت) در غبار ناحیه‌ی شمالی، ناشی از سطوح پلایایی شمال شهر است. بررسی‌های ژئوشیمیایی نیز بیانگر بالا بودن غلظت عناصر As, Cr, Sn, Zn, Cd در غبار ناحیه‌ی غربی شهر بدليل وجود فعالیت‌های انسانی و صنعتی به ویژه حضور کارخانه‌ی سیمان و ترافیک وسایل نقلیه در این مناطق است.

واژه‌های کلیدی: غبار؛ کرمان؛ گیسموندین؛ جافیت؛ آنیت؛ XRD؛ آلودگی هوا.

درجه‌ی تاثیرگذاری ذرات گرد و غبار وابسته به مقدار، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی این ذرات است [۲]. البته تعیین ترکیب عناصر موجود در غبار می‌تواند در شناسایی عوامل ورود این عناصر و نیز تعیین خاستگاه‌های طبیعی و انسان‌زاد آنها نقش مهمی داشته باشد.

کرمان با مختصات جغرافیایی 57° تا $57^{\circ} 57'$ طول شرقی و 14° تا $19^{\circ} 30'$ عرض شمالی، در گذشته و حال با پدیده‌ی گرد و غبار دست به گریبان بوده است، بطوریکه غبارهای با ترکیب‌های معدنی و آلاینده‌های صنعتی از مهمترین مشکلات زیست محیطی است که همواره کیفیت هوای این شهر را مورد تهدید قرار داده است. دارا بودن اقلیم گرم و خشک، وزش بادهای نسبتاً شدید، قرارگیری در یک کوهی رسی خشک، کمبود یا نبودن پوشش گیاهی مناسب، به

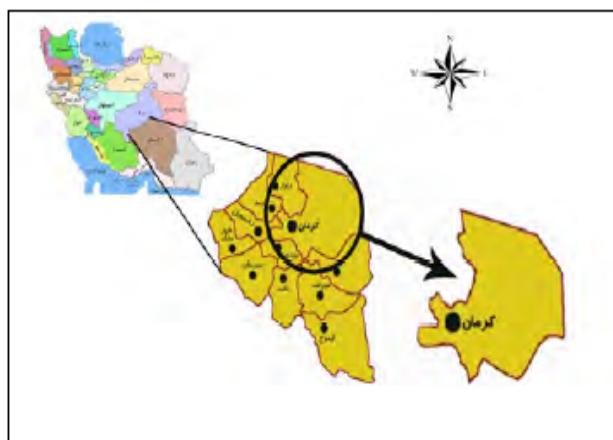
مقدمه

در سال‌های اخیر پدیده‌ی گرد و غبار به عنوان یک مسئله مهم زیست محیطی، بخش‌های گستره‌های از ایران را تحت تاثیر قرار داده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که بیش از ۱۰۰ میلیون هکتار اراضی کشورمان تحت تاثیر بیابان‌زایی و ۵۰ میلیون هکتار دستخوش تهدید فرسایش بادی است [۱]. گرد و غبار از جنبه‌های متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرد. تا کنون بررسی‌های بسیاری در زمینه‌ی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ذرات غبار صورت گرفته است، ولی بررسی غبار نیز بر اساس ویژگی‌های کانی‌شناسی و سرشتی‌های شیمیایی عناصر همزمان کمتر مورد توجه قرار گرفته است در حالی که، ترکیب کانی‌شناسی ذرات گرد و غبار می‌تواند در شناسایی خاستگاه ذرات، مؤثرتر از سرشتی‌های شیمیایی آنها باشد.

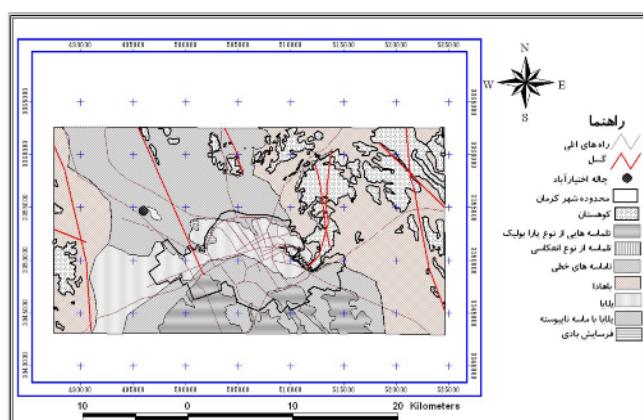
* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۸۴۰۹۱۲۳، نامبر: ۰۳۴۲۶۵۰۲۴۴، پست الکترونیکی: Srgeo.e87@gmail.com

آلودگی کرمان نقش دارند [۴]. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی کرمان را نشان می‌دهد. سازندهای زمین‌شناسی مختلف و چگونگی زمین‌ریخت‌شناسی شهر، بویژه رسوب‌های ناشی از فرسایش واحدهای آهکی کرتاسه در حاشیه‌ی شرق و شمال شرقی، باهادا در شمال غربی، مخروط افکنه‌های شمال شرقی، مخروط افکنه اختیار آباد در شمال غربی، مخروط افکنه بزرگ چاری در جنوب غربی، پلایای مت Shank از رسوب‌های ریز دانه رسی وسیلتی، کفه رسی در غرب و جنوب‌غربی و تلماسه‌های جنوب و جنوب‌غربی شهر، نقش مؤثری در ورود ذرات گرد و غبار به کرمان دارند. شکل (۲) نقشه زمین‌ریخت‌شناسی و شکل (۳) نقشه‌ی زمین‌شناسی کرمان را نشان می‌دهد. تاکنون هیچگونه بررسی در زمینه ترکیب کانیابی و شیمیابی ذرات گرد و غبار کرمان صورت نگرفته است. از این رو در این پژوهش به شناسایی کانی‌ها و برخی عناصر در گرد و غبار کرمان پرداخته می‌شود.

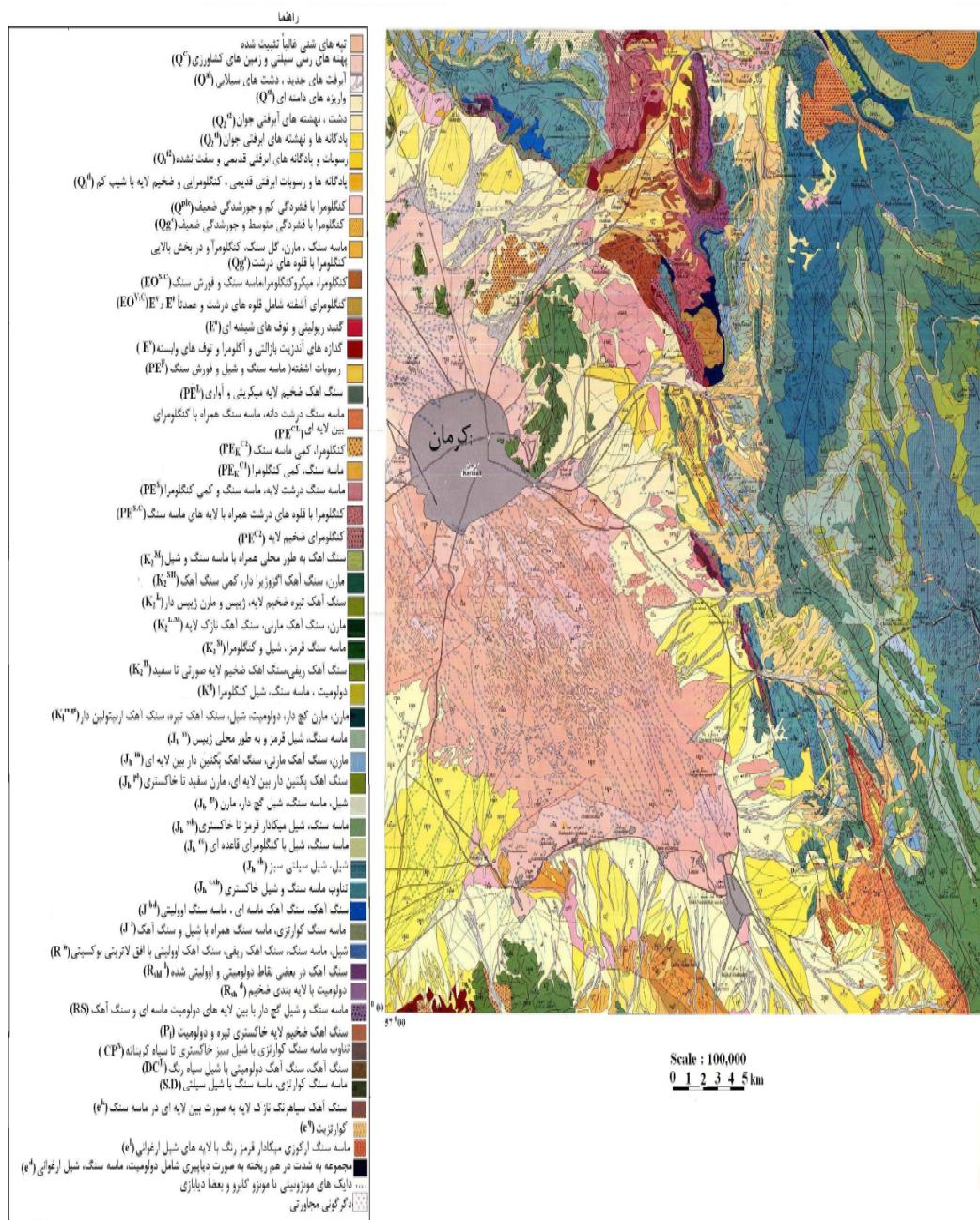
ویژه در جنوب شهر، قرار گیری صنایع مختلف مانند کارخانه سیمان، آزیست و شهرک‌های صنعتی در غرب، تخریب زمین‌های کشاورزی حاشیه شهر در اثر ساخت و ساز و افزایش جمعیت در سال‌های اخیر باعث حضور گرد و غبارهای آلوده و مواد معلق زیادی در هوای شهر کرمان شده است. در سده‌ی اخیر، کرمان همواره در معرض تهدید ماسه‌های روان بوده و حرکت ماسه‌ها علاوه بر کاهش درجه‌ی آسایش ساکنین منطقه، عامل تهدید اراضی زراعی، سکونتگاه‌ها و ارتباطات بوده است. به گونه‌ای که در دهه‌ی ۱۳۴۰ کرمان در معرض شدیدترین طوفان‌های ماسه‌ی روان بوده است [۳]. حاشیه‌های غرب، جنوب غربی و جنوب کرمان شامل سطوح پلایایی و مخروط افکنه‌ای (مخروط افکنه‌های خاکی و نخاله‌های ساختمانی تلماسه‌های بادی، جاده‌های خاکی و نخاله‌های ساختمانی هستند که با وزش بادهای کم سرعت نیز، غبار از آنها بر می‌خیزد. بیابان‌های دور دست غرب و جنوب غربی منطقه از جمله بیابان‌های استان یزد و دشت‌های رفسنجان و باغان نیز در غبار



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهر کرمان.



شکل ۲ نقشه زمین‌ریخت‌شناسی شهر کرمان.



شکل ۳ نقشه‌ی زمین‌شناسی شهر کرمان و حومه.

شمال شهر، میدان ابوذر و دانشگاه شهید باهنر در جنوب شهر و گستره‌ی خیابان مدیریت و شهدا (زیریسف) در شرق کرمان، در انتهای یک دوره‌ی یک ساله (۱۳۸۹-۱۳۸۸) نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌ها از ساختمان‌های مسکونی یک طبقه که بیشتر از مصالحی مانند بتن، آهن و آجر ساخته شده‌اند، جمع‌آوری شدند. برای جمع‌آوری نمونه‌ها از ظروف شیشه‌ای مسطح که در ارتفاع بیش از یک متر در بخش‌های مختلفی مانند روی، بیش باهم، دیه، اها، بنج‌ها و حباط گذاشته شده

روش بررسی

غبار شهر کرمان به منظور تعیین نوع، ویژگی و روند تغییر کانی‌های تشکیل دهنده آن در مناطق مختلف شهر و نیز بر اساس نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی برخی عناصر به روش ICP-MS مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین از غبار مناطق مختلف در سطح شهر کرمان شامل: مناطقی در گستره‌ی میدان آزادی در مرکز شهر، شهرک مسکونی هوانیروز و شهرک صنعتی غرب شهر، شهرک شهید باهنر و انتهای بلوار شیراز در

کلسیت، فلدوپارها، پیروکسن، میکا، زئولیت، سیلیکات‌های کلسیم آبدار و کانی‌های رسی بیشترین میزان ذرات غبار را به خود اختصاص می‌دهند. تنها، در حضور کانی‌های خاص در برخی نواحی و تغییر در اندازه و سرشتی‌های ریخت‌شناسی کانی‌های یکسان در نواحی مختلف، تفاوت‌هایی دیده می‌شوند. بنابراین نخست به بررسی ویژگی‌های کانی‌شناختی غبار هر ناحیه و سپس ترکیب شیمیایی غبار در آنها را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

بررسی‌های کانی‌شناسی غبار شهر کرمان کانی‌شناسی غبار در غرب شهر

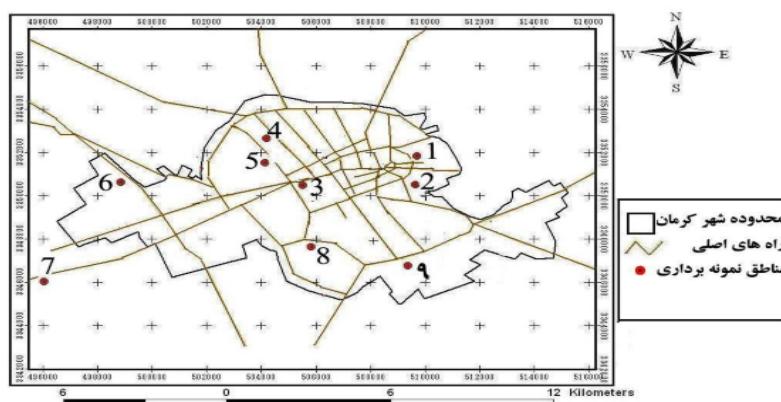
نتایج حاصل از بررسی‌های کانی‌شناسی غبار مناطق غربی کرمان (بر اساس مقاطع نازک میکروسکوپی) نشان می‌دهد که بیشتر ذرات کوارتز در این ناحیه زاویه دارند (شکل ۵). ذرات کلسیت نیز دارای گردش‌گی کم، بیشتر زاویه‌دار و دارای روكشی از اکسید آهن هستند، که احتمالاً بیانگر فاصله‌ی کمی است که نسبت به خاستگاه تولیدشان پیموده‌اند (شکل ۶). در واقع جذب آهن در سطح رسوب‌ها باعث توزیع اکسیدهای آهن به صورت پوشش‌هایی روی کانی‌ها به ویژه در خاک‌های سطحی می‌شود. تشکیل این کانی‌های ثانویه، قطعاً سطوح فعالی برای جذب و تثبیت عناصر مختلف به ویژه فلزات سنگین ایجاد می‌کند [۵]. جدول (۱) منابع احتمالی ورود ذرات کوارتز و جدول (۲) منابع احتمالی ورود ذرات کلسیت را به غبار ناحیه غربی شهر کرمان نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز XRD نیز ذرات کوارتز، کلسیت، زئولیت (گیسموندین) و میکا (آنیت) به فراوانی در غبار این ناحیه از شهر وجود دارند.

بودند، برای نمونه‌برداری استفاده شد. شکل (۴) موقعیت مناطق نمونه‌برداری را در مناطق مختلف شهر نشان می‌دهد. سپس برای شناسایی کانی‌های تشکیل دهنده و چگونگی تغییر ویژگی‌های آنها، از نمونه‌های جمع‌آوری شده‌ی غبار، (۵) نمونه در هر ناحیه و در مجموع ۲۵ نمونه، مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شد، بدین صورت که لام حاوی غبارهای موجود به مدت دو هفته در چسب اپکسی قرار گرفت و پس از ثابت شدن ذرات در جای خود، مقطع نازک تا رسیدن به ضخامت مورد نظر (۰.۳mm) با پارافین و زغال نرم صیقل داده شد.

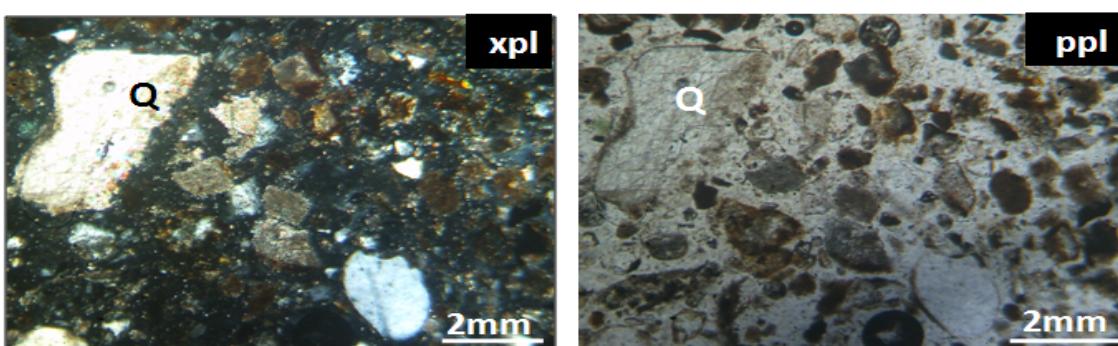
با توجه به اینکه جهت وزش بادهای غالب در کرمان، شمال، غرب و جنوب غربی هستند [۴] و نیز تمرکز بسیاری از قطب‌های صنعتی و کارخانه‌ها در ناحیه‌ی غربی کرمان قرار گرفته‌اند، نمونه‌های غبار وابسته به نواحی غرب، مرکز و شرق کرمان در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی ماهان به روش پراش پرتو x (XRD) آنالیز شدند تا نقش این عوامل به ویژه صنایع مختلف در ورود کانی‌های مختلف به گرد و غبار کرمان نیز مشخص شود. در نهایت به منظور شناسایی ترکیب شیمیایی برخی عناصر موجود در غبار، از سوی شرکت زرآزما، به روش ICP-MS آنالیز شیمیایی شدند.

بحث و بررسی

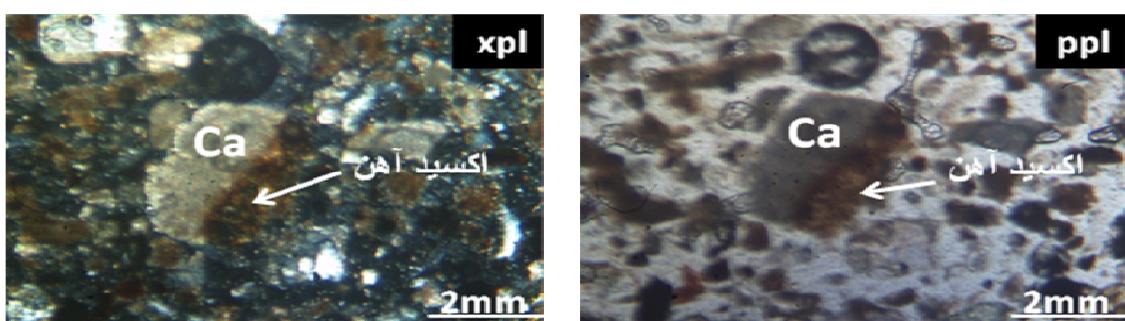
بررسی شیمی غبار شهر کرمان نشان می‌دهد که بسیاری از عناصر موجود در غبار ناشی از حضور کانی‌هایی هستند که در زمینه‌ی طبیعی منطقه به فراوانی دیده می‌شوند؛ به طوریکه تقریباً در غبار تمام مناطق شهر، کانی‌هایی مانند کوارتز،



شکل ۴ موقعیت نقاط نمونه برداری غبار در شهر کرمان: (۱)، مدیریت (۲)، میدان آزادی (۳)، شهرک شهید باهنر (۴)، انتهای بلوار شیراز (۵)، شهرک هوانیروز (۶)، شهرک صنعتی (۷)، میدان ابوذر (۸)، دانشگاه شهید باهنر (۹).



شکل ۵ ذرات زاویه دار کوارتز(Q) و تفاوت اندازه‌ی آنها با کلسیت(Ca) در غبار غرب کرمان.



شکل ۶ جانشینی ذرات کلسیت(Ca) با اکسیدهای آهن در غبار غرب کرمان.

جدول ۱ منابع ورود ذرات کوارتز به غبار شهر کرمان.

موقعیت نسبت به شهر کرمان	نوع ذرات و خاستگاه
شمالغرب ، غرب و جنوب غرب	ذرات ماسه ای ناشی از تلماسه های بادی و سطوح پلایایی
جنوب غرب - فاصله میان ارتفاعات و مرکز دشت	ذرات ماسه ای ناشی از مخروط افکنه های دشت های جوان
شمال(بیدو)- جنوب غرب(مراد)	ذرات ماسه ناشی از ماسه سنگ های سازند بیدو و مراد
شمال غرب(بادامو)- غرب(تیزی و عنبلوئیه)	ذرات ماسه ای ناشی از کنگلومرا، دولومیت های ماسه ای ، ماسه سنگ های آهکی، آهک های ماسه ای سازند بادامو و ماسه سنگ های کوه های تیزی و عنبلوئیه
جنوب و جنوب غرب(جوپار و درمانو)- انتهای و درمانو- ماسه سنگ های موجود در کنگلومرا کرتاسه بالایی	ذرات ماسه ای ناشی از ماسه سنگ های قهقهه ای، آهکی و کوارتزیت دار کوه های جوپار

جدول ۲ منابع ورود ذرات کلسیت به غبار شهر کرمان.

موقعیت نسبت به شهر کرمان	نوع ذرات و منشاء
غرب	رسوبهای آهکی کوه های تیزی و آهکهای کرتاسه عنبلوئیه
شمال غرب	آهک های ماسه ای آهن دار قهقهه ای رنگ و ماسه سنگ های آهکی کوه های بادامو
جنوب و جنوب غرب	آهک های ماسه ای آهن دار قهقهه ای رنگ و ماسه سنگ های آهکی کوه های بادامو
غرب	آهک های کوه های منفرد دشت کرمان و آهک های اربیتولین دار و نازک لایه کوه های بادامو و بیدو
شمال و غرب	رسوبهای آهکی موجود در تلماسه ها و سطوح پلایایی
غرب	ذرات آهکی ناشی از غبار کارخانه سیمان و کارخانجات سنگبری

کانی شناسی غبار در مرکز کرمان

نتایج پراش پرتو X غبار نهشته در مرکز کرمان، نشان می‌دهد که به ترتیب کانی‌های کوارتز، کلسیت، آنورتیت و جافئیت بیشترین فراوانی را در غبار این ناحیه به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۹). براساس بررسی‌های میکروسکوپی نیز اندازه‌ی کانی‌ها در مرکز نسبت به^۳ شمال و غرب شهر کمتر شده است. به جز کانی کوارتز که مقاومت بیشتری در برابر فرسایش دارد، کانی‌های دیگر در مقاطع میکروسکوپی قابل تشخیص نیستند. کانی‌های کوارتز و کلسیت احتمالاً از منابعی مشابه با منابع این ذرات در غرب و شمال شهر ریشه می‌گیرند، تنها حضور کانی جافئیت^۳ در غبار این ناحیه چشمگیر است که در نواحی شمال و غرب شهر دیده نشده است. جافئیت نوعی سیلیکات هیدراته کلسیم‌دار است که نخستین بار در معدن کامبات نامبیا در یک زون دگرگون در دمای پایین همراه با کانی‌های هیلبراندیت، بروکیت، وزوویانیت، آپاتیت، گالن و مس طبیعی مشاهده شد. امروزه جافئیت یکی از ترکیبات اصلی سیمان به شمار می‌رود. روی و هارکر [۱۰] نشان دادند که این کانی در دمای تقریبی ۳۵۰ درجه‌ی سانتیگراد از ترکیبات حاوی کربنات کلسیم نیز تشکیل می‌شود البته این کانی در دمای اساس بررسی‌های جعفری [۱۱] که نشان داد میزان کربنات کلسیم در خاک‌های سطحی نسبت به افق‌های زیرین خاک از گستره‌ی پایین دست کارخانه سیمان تا نزدیکی شهر کرمان رو به افزایش است، بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که حضور جافئیت در غبارهای کرمان می‌تواند به طور مستقیم یا غیرمستقیم ناشی از غبارهای کارخانه سیمان در غرب کرمان باشد. البته تا حدودی فعالیت‌های ساخت و ساز و استفاده از سیمان نیز می‌تواند موجب حضور این کانی در غبارهای کرمان باشد.

3- Jaffeite ($\text{Ca}_6(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_6$)

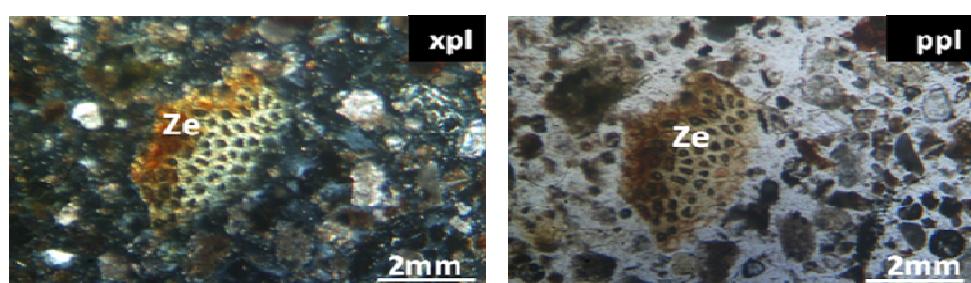
حضور زئولیت‌ها در غبار ناحیه‌ی غربی کرمان موجب شده تا ترکیب کانی‌ای غبارهای این ناحیه نسبت به مناطق دیگر کرمان، تفاوت‌های چشمگیری داشته باشد (شکل ۷). گیسموندین^۱ نوعی زئولیت است که بیشتر در حفره‌ی کانی-هایی مانند نفلین، الیوین بازالت و تفریت‌های لوسیت‌دار قرار می‌گیرد و با کانی‌هایی مانند انواع زئولیت، کلسیت، کلریت و کوارتز همراه می‌شود. فلزات سنگین به راحتی در ساختار زئولیت‌ها جانشین می‌شوند [۶]. شکل (۸) حضور گیسموندین را در الگوی پراش پرتو X غبار ناحیه غربی کرمان نشان می‌دهد. در محیط‌های خشک و نیمه خشک به دلیل تبخیر زیاد، کربنات و بی‌کربنات سدیم در افق سطحی خاک افزایش می‌یابد، بنابراین با افزایش pH، محیط مناسبی برای تشکیل زئولیت ایجاد می‌شود [۷]. احتمالاً زئولیت‌های موجود در غبار این ناحیه در سطوح پلایاهای (در مواردی که pH محیط بالاست) تشکیل شده‌اند، به این دلیل که واقع شدن ناحیه‌ی غرب و شمال غربی شهر روی سطوح پلایا و کفه رسی و نیز نزدیکی با تلمسه‌های غنی از کانی رسی مونت موریلوبونیت [۸]، موجب تشکیل زئولیت از این رسوب‌ها شده و زمینه‌ی ورود آن را به محیط غبار فراهم کرده است. براساس الگوی پراش پرتو X، کانی آنیت^۲ نیز یکی دیگر از کانی‌های موجود در غبار غرب شهر است. آنیت نوعی میکا (بیوتیت غنی از آهن) است که در سنگ‌های آذرین و دگرگون که دارای منیزیم کم و آهن زیادی هستند تشکیل می‌شود. همچنین این کانی در مقیاس محلی همراه با فلوئوریت و زیرکن دیده شده است [۹].

کانی شناسی غبار در شمال شهر

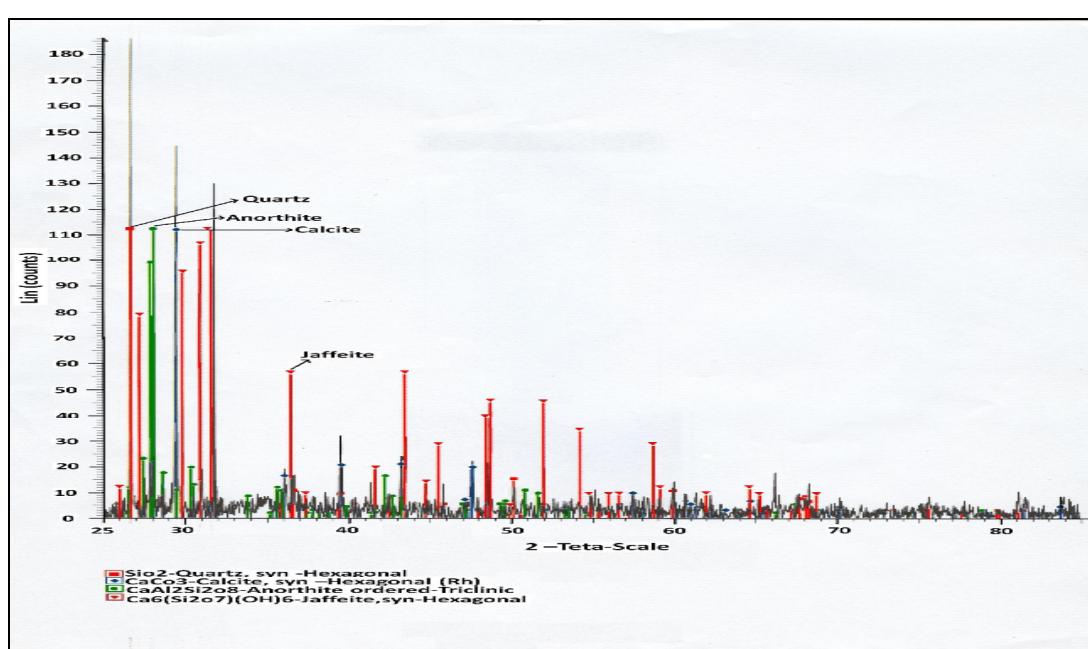
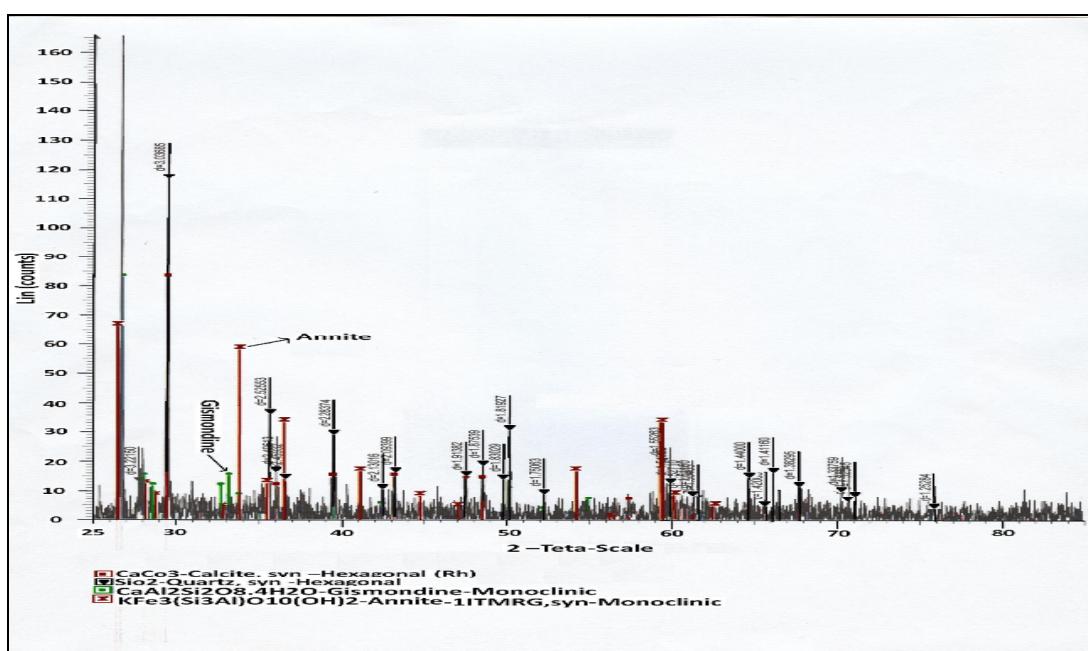
در گرد و غبار مناطق شمالی کرمان، کانی‌های کوارتز و کلسیت نیز مانند ناحیه‌ی غربی شهر دیده می‌شوند، ولی ذرات آنها نسبت به ناحیه‌ی غربی ریزتر شده و دارای گرد شدگی بیشتری (براساس بررسی مقاطع میکروسکوپی) هستند. ریزترشدن ذرات بیانگر فاصله‌ی بیشتری است که غبارهای این ناحیه، نسبت به چشممه‌ی تولیدشان پیموده‌اند و احتمالاً دارای خاستگاه‌های مشابه با ذرات ناحیه‌ی غربی شهرند.

1 - Gismondin ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_{8.4}\text{H}_2\text{O}$)

2 - Annite($\text{KFe}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)



شکل ۷ کانی زئولیت در غبار غرب شهر کرمان.



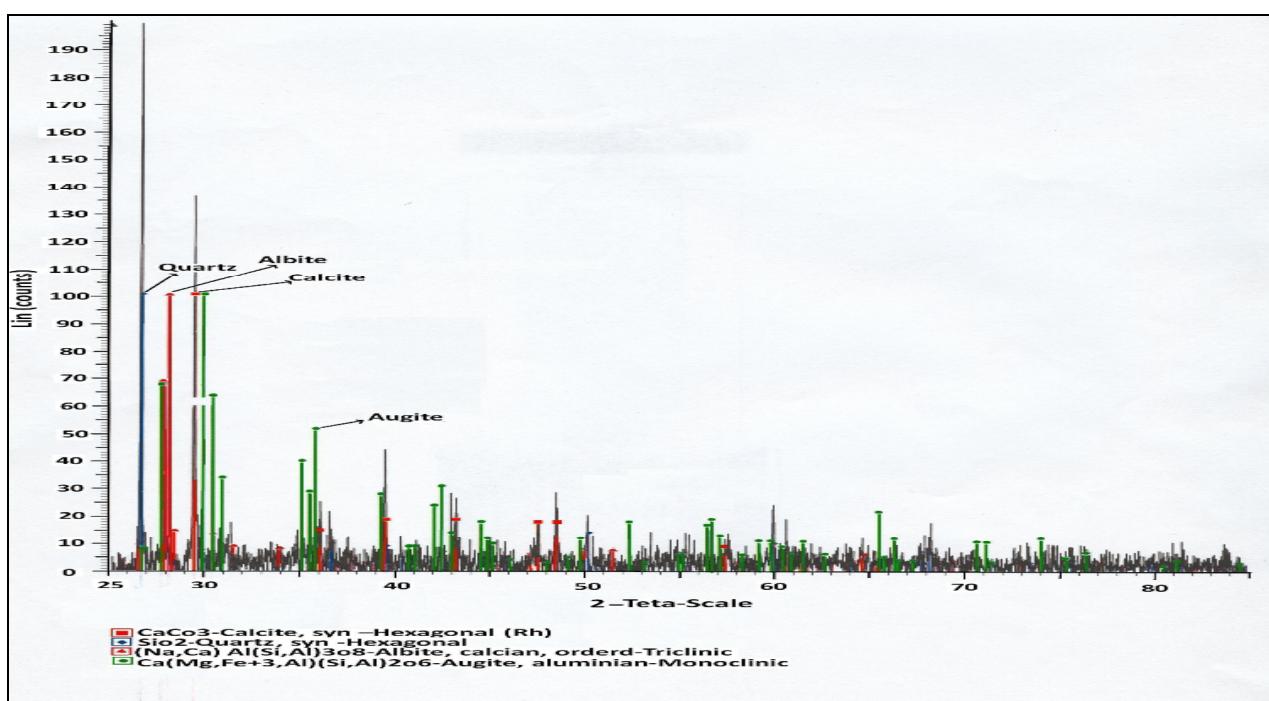
کوهپایه می‌توانند در انتقال این ذرات به شهر کرمان نقش داشته باشند و نیز گرانیت و ریولیت پوروفیری کوههای بادامو، در شمال غرب اختیار آباد (شمال غرب کرمان) و رسوبهای مخروط افکنهای حاشیه شهر به ویژه رسوبهای مخروط افکنه چاری نیز ممکن است در انتقال آنها به کرمان نقش داشته باشند. درشت بودن کانی‌ها در ناحیه‌ی جنوبی شهر نسبت به نواحی دیگر، نشان می‌دهد که ذرات گرد و غبار این ناحیه دارای خاستگاه متفاوتی نسبت به ذرات نواحی دیگر هستند. از آنجا که یکی از جهات غالب وزش باد از جنوب غربی شهر است، و نیز تلماسه‌های بادی فراوان در حاشیه‌ی جنوبی شهر (جاده‌ی هفت باغ- جوپار) وجود دارند، بنابراین ذرات موجود در این ناحیه بیشتر از رسوبهای تلماسه‌های بادی و مخروط افکنهای (مانند مخروط افکنه چاری) نواحی جنوب و جنوب غرب شهر ریشه گرفته‌اند. در نهایت بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد که به طور نسبی اندازه‌ی ذرات موجود در غبار از سمت غرب به شرق (به جز ناحیه‌ی جنوبی) کاهش یافته است که احتمالاً ریشه این ذرات در غرب کرمان است. شکل ۱۳ تغییر اندازه‌ی کانی‌های کلسیت و کوارتز را در غبار مناطق مختلف کرمان نشان می‌دهد.

کانی شناسی غبار در شرق شهر

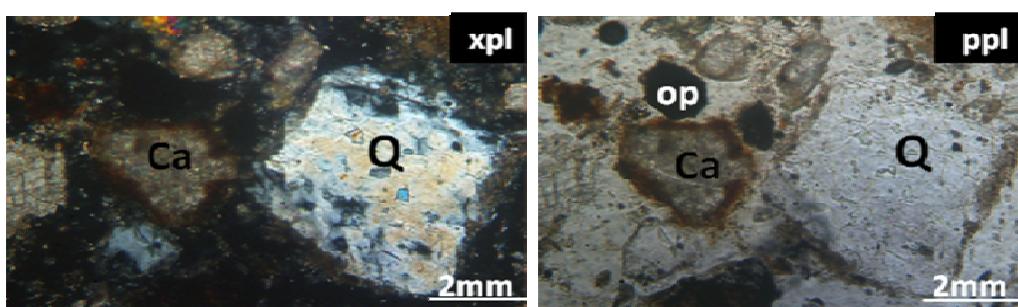
الگوی پراش پرتو X نشان می‌دهد که در ناحیه‌ی شرقی کرمان، به ترتیب کانی‌های کلسیت، کوارتز، آلبیت کلسیم‌دار (($\text{Na,Ca}\text{Al}(\text{Si},\text{Al})_3\text{O}_8$))، اوژیت آلومینیوم‌دار (Augite aluminian ($\text{Ca}(\text{Mg, Fe}^{+3}, \text{Al})(\text{Si, Al})_2\text{O}_6$)) فراوانی را دارند (شکل ۱۰). بررسی مقاطع نازک نیز بیانگر ریزشدگی ذرات در این ناحیه نسبت به مرکز شهر است، به طوری که شناسایی کانی‌ها از این طریق امکان پذیر نیست.

کانی شناسی غبار در جنوب کرمان

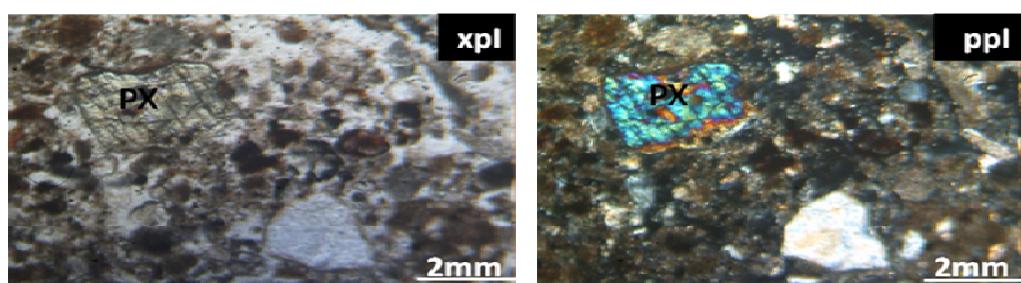
در غبار جنوب شهر کانی‌های کوارتز، کلسیت با پوشش اکسیدهای آهن، پلازیوکلاز و پیروکسن، بیشترین فراوانی را دارند. ذرات کلسیت نسبت به کوارتز ریزتراند و بیشتر دارای حاشیه‌ی پوشیده از اکسید آهن هستند. این ذرات همراه با کانی‌های کدر بیشتر دارای حاشیه‌های تیز و زاویه دارند (شکل ۱۱). پیروکسن که در غبار بیشتر نواحی کرمان به چشم می‌خورد، در ناحیه‌ی جنوبی بسیار درست‌تر است (شکل ۱۲). از آنجا که رسوب‌ها و کوههای اطراف کرمان بیشتر از سنگ‌های رسوبی تشکیل شده‌اند، بنابراین تعیین خاستگاه کانی‌های مانند پیروکسن، میکا و پلازیوکلاز دشوار است، اما گذارهای بازالتی، سنگ‌های آذر آواری، توف و آگلومراهای کوههای غرب و جنوب



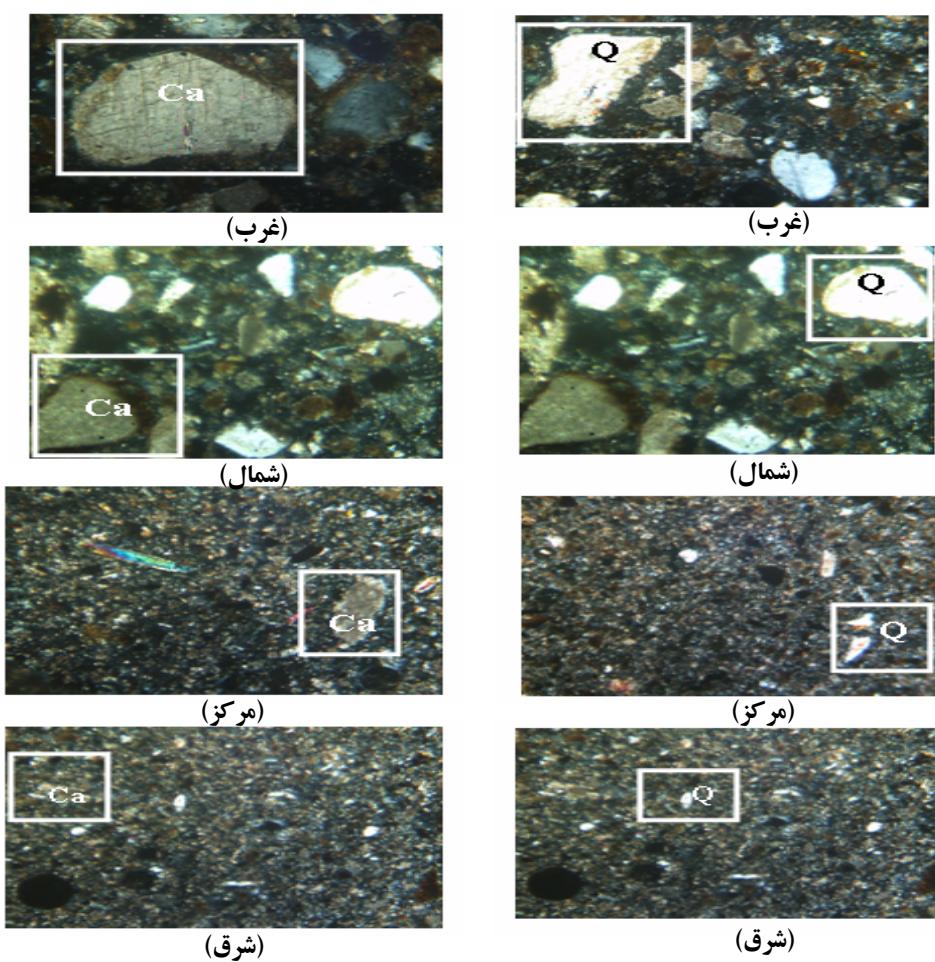
شکل ۱۰ الگوی پراش پرتو X غبار ناحیه شرقی شهر کرمان.



شکل ۱۱ ذرات کوارتز (Q)، کلسیت(Ca) و کدر (op) در غبار ناحیه‌ی جنوبی شهر کرمان.



شکل ۱۲ کانی پیروکسن در غبار ناحیه‌ی جنوبی شهر کرمان.



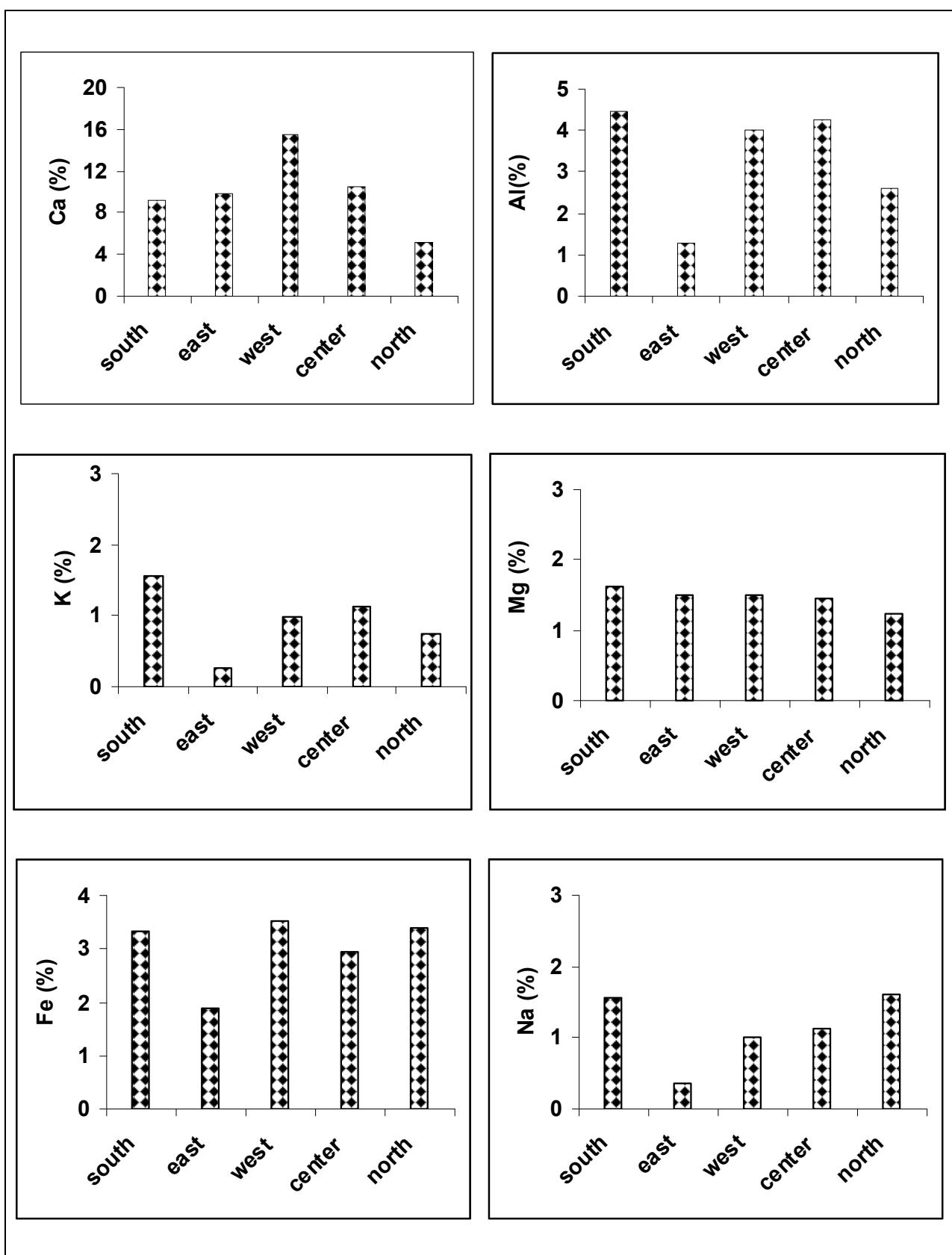
شکل ۱۳ روند تغییر در اندازه‌ی کانی های کلسیت و کوارتز در غبار مناطق مختلف شهر کرمان.

غلظت عناصر As,Cd, Fe, Ca, Zn, Sn, Cr در ناحیه‌ی غربی شهر دیده می‌شوند. با توجه به تمرکز صنایع مختلف، شهرک‌های صنعتی و نیز ترافیک نسبتاً زیاد در این ناحیه، می‌توان غلظت بالای بسیاری از عناصر به ویژه فلزات سنگین را ناشی از این عوامل دانست. البته حضور بالای کانی‌های مانند کلسیت، زئولیت‌ها و ذرات کدر نیز می‌تواند در انتقال این عناصر به محیط غبار نقش داشته باشد. بالاترین غلظت K, Mg و Al در ناحیه‌ی جنوبی دیده می‌شود (شکل ۱۴). به نظر می‌رسد غلظت بالای عناصر در این ناحیه ناشی از زمینه‌ی طبیعی منطقه (رسوبهای بادی و مخروط افکنهای حاوی کانی‌های رسی و فرو منیزین) باشد. غلظت بالای Na در ناحیه‌ی شمالی شهر (شکل ۱۴) نیز ناشی از رسوبهای تبخیری (گچ و نمک) و سطوح پلایایی در این ناحیه است. Pb نیز بالاترین غلظت را در ناحیه‌ی شرقی شهر به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۱۵). تمرکز بافت قدیم و فرسوده و نیز ترافیک وسایل نقلیه در ناحیه‌ی شرقی کرمان منجر به افزایش غلظت سرب در غبار این ناحیه شده است.

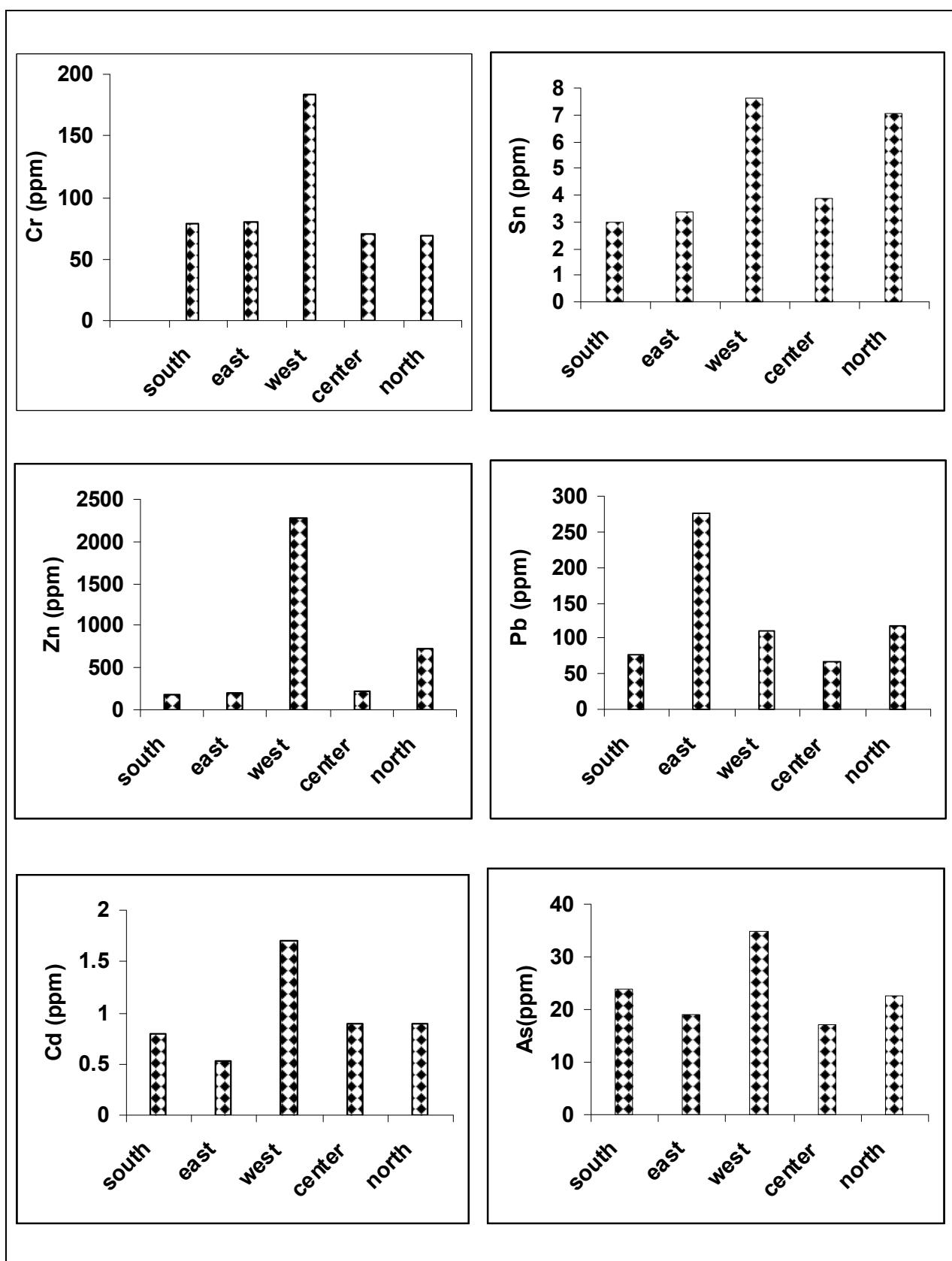
بررسی توکیب شیمیایی غبار مناطق مختلف کرمان امروزه از روش‌های مختلفی برای بررسی و آنالیز غبار استفاده می‌شود. جذب اتمی از حساس‌ترین روش‌هایی است که می‌تواند غلظت را در حد 0.1 ppt اندازه گیری کند. بنابراین یکی از بهترین روش‌ها برای تعیین غلظت عناصر در نمونه‌های غبار، استفاده از این روش است [۱۲]. به منظور شناسایی نوع و ترکیب شیمیایی ذرات غبار و ارتباط میان شیمی و کانی-شناسی آن، نمونه‌های غبار به روش جذب اتمی (ICP-MS) آنالیز شدنند. جدول (۳) مقایسه‌ی غبار مناطق مختلف کرمان با غبار منطقه‌ی ناآلووده و شاهد در خارج از شهر و غبارهای مناطق طبیعی و دور از مراکز صنعتی دنیا را نشان می‌دهد. بر این اساس تنها عناصر Fe, Al, Na دارای غلظت کمتری نسبت به منطقه‌ی شاهدند و غلظت بسیاری از عناصر به ویژه فلزات سنگین در غبارهای کرمان نسبت به غبار منطقه‌ی شاهد (دور از مراکز صنعتی) و غبارهای طبیعی دنیا بالاتر است. شکل (۱۴) و (۱۵) نمودار تغییرات غلظت عناصر مختلف را در مناطق مختلف کرمان نشان می‌دهد. بر این اساس بالاترین

جدول ۳ مقایسه‌ی غبار مناطق مختلف شهر کرمان با غبارهای منطقه‌ی ناآلووده خارج از شهر و مناطق طبیعی دنیا [۱۳].

میانگین غلظت در غبارهای طبیعی و دور از مراکز صنعتی (ppm ۱۰-۹×)	منطقه خارج از شهر (منطقه غیرآلوده)	غلظت در غبار مناطق مختلف شهر کرمان						عناصر
		شمال	مرکز	غرب	شرق	جنوب		
۳۳-۱۰۰۰	۱۴	۲۲,۵	۱۷	۳۵	۱۹	۲۴	As(ppm)	
۱۰,۸	۰,۳	۰,۹	۰,۹	۱,۷	۰,۵	۰,۸	Cd(ppm)	
۲۰-۱۰۰۰	۶۸	۶۸,۵	۷۱	۱۸۴	۸۰,۶	۷۸	Cr(ppm)	
۵۰-۱۳۳۰۰	۲۱,۴	۱۱۷,۶	۶۷,۹	۱۰,۹,۹	۲۷۶,۱	۷۶,۲	Pb(ppm)	
۱۷-۱۰۰۰	۶۷	۷۳۴,۷	۲۱۶	۲۲۸۲	۲۱۱,۲	۱۸۷	Zn(ppm)	
-	۱,۵	۷	۳,۹	۷,۶	۳,۴	۳	Sn (ppm)	
-	۵,۸۴	۵,۲	۱۰,۵	۱۵,۴	۹,۹	۹,۲	Ca (%)	
-	۷,۳۲	۲,۶	۴,۲	۳,۹	۱,۳	۴,۵	Al (%)	
-	۲,۱۵	۱,۶	۱,۱	۱	۰,۳	۱,۵	Na (%)	
-	۱,۱۴	۱,۲	۱,۴	۱,۵	۱,۵	۱,۶	Mg (%)	
-	۱,۳۲	۰,۷	۱,۱	۰,۹	۰,۳	۱,۵	K (%)	
-	۴,۴۵	۲,۴	۲,۹	۳,۵	۱,۹	۳,۳	Fe (%)	



شکل ۱۴ تغییرات غلظت عناصر Ca , Fe , Al , Mg , Na , K در غبار مناطق مختلف شهر کرمان.



شکل ۱۵ تغییرات غلظت عناصر Cr, As, Cd, Pb, Zn, Sn در غبار مناطق مختلف شهر کرمان.

برداشت

قدردانی

از یاری و راهنمایی های آقای دکتر مهدی عباس نژاد در به انجام رساندن این پژوهش، بی نهایت سپاسگزاریم.

مراجع

- [۱] خسروی م، "بررسی توزیع عمودی گرد و غبار ناشی از طوفان در خاورمیانه با استفاده از مدل NAAPS مورد: سیستان ایران" ، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، دانشگاه سیستان و بلوچستان (۱۳۸۹).
- [۲] Pay K., "Aeolian dust deposition", Academic Press, London, (1987).
- [۳] احمدی ح، جعفریان جلوه دار ز، "تأثیر عملیات بیابان زدایی در وضعیت اجتماعی و اقتصادی شهر کرمان" ، مجله بیابان، شماره ۲ (۱۳۸۳) ص ۲۲۵-۲۰۷.
- [۴] حسن زاده ر، "بررسی شرایط و مسائل زمین شناسی شهری کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیا ای (GIS)" ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان (۱۳۸۵)، ص ۲۲۱.
- [۵] Hadgson J., "chemistry of micronutrient elements in soils", Advances in Agronomy. Vol, 15 (1963) 119-159.
- [۶] Nawaz R., "Morphology, twinning, and optical orientation of gismondine", Mineral. Mag., 43 (1980) 841-844.
- [۷] خلقی م.ح، "زئولیت ها و رخنمون هایی از آنها در ایران" انتشارات سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۶۹).
- [۸] حمزه م.ع، "بررسی نشانگرهای ژئوشیمیایی در محدوده شهر کرمان" ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان (۱۳۸۵)، ص ۲۴۵.
- [۹] Deer W. A., Howie R. A., Zussman J., "Rock-forming minerals", v. 3, sheet silicates, p.55-84 (1963)..
- [۱۰] Roy D. M., Johnson A. M., "Investigations of stabilities of Calcium silicate hydrates at elevated temperatures and pressures in Autoclaved calcium silicate building products", symposium proceedings, p. I 14-120. Society of Chemical Industry, London (1967).

بررسی ها نشان می دهد که گرد و غبار و نیز نوع ذرات موجود در، آن می تواند اثرهای محربی بر انسان و محیط زیست وارد کند. با توجه به بالا بودن حضور کانی ها و ذراتی مانند کلسیت، کوارتز و نیز غلظت بالای فلزات سنگین در غبارهای بیشتر مناطق کرمان، توجه به آثار و مشکلات ناشی از این ذرات بر محیط اهمیت خاصی می یابد. کانی هایی مانند کلسیت، کوارتز، انواع پلازیوکلازها، زئولیت (گیسموندین) و غیره، می توانند عناصر سنگین و خطرناک را در خود جای دهند. غبارهای حاوی کلسیت و کوارتز با قرار گرفتن روی درختان و محصولات کشاورزی باعث ساییدگی سطح برگ ها، تغییر در تعادل انرژی برگ ها، بسته شدن روزنه ها و کاهش [نورساخت ها] می شوند و ممکن است با تغییر در ویژگی های قلیائیت گیاهان، منجر به آسیب رساندن به گیاه شوند [۱۴].

بالا بودن غلظت عناصری مانند سرب در بیشتر مناطق شهر، بویژه ناحیه ای شرقی آن، می تواند موجب کم خونی و ناراحتی های شود. روی در غلظت های بالا منجر به سر درد، تهوع، از کارافتادن کلیه ها، آرسنیک به عنوان یک ماده سمی و کشنده موجب آسیب رساندن به مجاری بینی و کادمیوم نیز موجب بیماری های ریوی کشنده می شوند [۱۵]. بنابراین با توجه به غلظت بالای بسیاری از عناصر به ویژه فلزات سنگین، جهت وزش بادهای غالب، ماهیت زمین شناسی منطقه، گسترش جانبی شهر کرمان به سمت غرب و نیز تمرکز صنایع مختلف مانند کارخانه ای سیمان و آزبست (به عنوان یک خطر بالقوه) در این ناحیه، بایستی در زمینه هی کاهش اثرهای ناشی از غبار در این ناحیه و نواحی دیگر شهر برنامه ریزی کرد. جابه جایی تدریجی صنایع از ناحیه ای غربی شهر به محلی دور از مسیر بادهای غالب، جلوگیری از احداث واحدهای صنعتی جدید و گسترش جانبی شهر و نیز عدم تخریب زمین های کشاورزی در اثر ساخت و ساز در این ناحیه، از جمله اقدامات مؤثر در کاهش انتقال غبارهای آلوده به فلزات سنگین به شهر کرمان اند.

- [13] Adriaenssens E., "Comprehensive industry document of iron ore minning", Ministry of environment and forest", Govt, of India, 4:86-159,(2007).
- [14] Grantz D. A., garner J. H. B., Johnson D.W., "Ecological effects of particulate matter", Environment International 29, 213- 239,(2003).
- [۱۵] بلواری م.، "الگوی ژئوشیمیایی و تعادل جرمی عناصر مسمومیت زای سنگین در چرخه ژئوشیمیایی سنگ، کائسنگ، خاک، رسوب، آب و باطله معدن گل گهر سیرجان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۰۷ ص، (۱۳۸۹).
- [۱۱] جعفری م.، "مکان یابی صنایع معدن سیمان و زغال سنگ در استان کرمان با تکرشی ویژه بر مسائل زیست محیطی با استفاده از دور سنجی و GIS". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۱۵۹ ص.
- [12] Yang K.X., Swami K., Husain L., "Determination of trace metals in atmospheric aerosols with a heavy matrix of cellulose by microwave digestion-inductively coupled plasma mass spectroscopy", SpectrochimicaActa (PartB), 57 (2002) 73-84. .