فصلنامه‌ی زمین شناسی کاربردی
سال ۴ (۱۳۸۷)، شماره‌ی ۲ : ۱۲۰ - ۱۰۸
www.appliedgeology.ir

ژئوشیمی زیست محیطی برخی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در محدوده ی شهر کرمان

محمّد علی حمزه*[1] و امیررضا زریسفی[2]
۱) گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان و مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی
۲) گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی زرند
* عهده دار مکاتبات

چکیده
در این تحقیق سنگ‌ها، رسوبات و خاک‌های شهر کرمان جهت تعیین میزان آلودگی عناصر فرعی و کمیاب به وسیله‌ی فعالیّت‌های انسانی مورد برَرسی قرار گرفتند. به همین منظور ۳۷ نمونه جمع‌آوری و غلظت ۳۰ عنصر به وسیله‌ی طیف‌سنج جرمی پلاسمائی اندازه‌گیری و با عیارهای استاندارد زیست محیطی مقایسه گردید. اکثر عناصر اصلی، فرعی و جزئی در سنگ‌های آهکی نزدیک شهر کرمان، مطابق انتظار طبیعی، غلظت کم دارند، برعکس، بسیاری از نمونه‌های خاک شهر بیش از انتظار طبیعی، عناصر جزئی دارند. افزایش تجمّع این آلاینده‌ها در اثر رشد سریع حمل‌ونقل و همچنین فعالیّت‌های اقتصادی و صنعتی در محیط‌زیست شهری کرمان می‌باشد. در این برَرسی نقشه‌ی ژئوشیمیائی برخی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در سنگ، خاک و رسوبات محدوده‌ی شهر کرمان‌به وسیله‌ی فناوری سامانه‌ی اطلاعات جغرافیائی تهیه گردید. نقشه‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که، غلظت برخی عناصر باتوان بالقوه مسمومیت‌زائی، از حاشیه شهر به سمت مرکز افزایش می‌یابد. آلوده‌ترین نقاط، با غلظت‌های بالای عناصری مانند سرب، کروم، قلع و آنتیموان، مربوط به خاک‌های محلّ کارگاه‌های باطری‌سازی، نقاشی اتومبیل و پمپ بنزین‌ها بوده، که به طور مثال غلظت سرب به بیش از ۵۰۰۰ گرم برتن می‌رسد. در نقشه های تهیه شده، عناصر بریلیم، سریم، گالیم، هافنیم، ایندیم، لانتانیم، لیتیم، نیوبیم، رنیم، تانتالیم، تلوریم، توریم، اورانیم، ایتریم و زیرکونیم آلودگی چندانی نشان نمی‌دهند.

واژه‌های کلیدی: ژئوشیمی، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیائی، عناصر اصلی، فرعی و کمیاب، کرمان

Environmental geochemistry of some major, minor and trace elements in Kerman urban areas

M. A.Hamzeh[1] & A.R.Zarisfi[2]
1) Department of Geology, Shahid Bahonar University of Kerman & International Center for Science & High Technology & Environmental Sciences
2) Department of Geology, Islamic Azad University, Zarand Branch, Zarand, I. R. Iran

Abstract
In this investigation, soils, sediments and rocks of urban areas of Kerman studied to assess the degree of pollution by minor and trace elements as a consequence of anthropogenic sources. 37 samples were

collected and analyzed by ICP-MS for 30 elements. These concentrations were compared with environmental investigation limits. From this study it was possible to observe that the fresh rocks (limestone) near Kerman city contain relatively low concentrations of majority of major, minor and trace elements as shown by background values. Soils of Kerman are anomalously rich in some minor and trace elements. Most of the soil samples displayed concentrations of these elements higher than natural background values that which suggests an anthropogenic input besides the rock and sediment influences. The accumulation of these contaminants is likely to accelerate as a consequence of rapid traffic? economic and industrial growth in the urban environment of Kerman. Geochemical maps of some major? minor and trace elements in the rock, sediment and soils were produced using geographical information system (GIS) technology. Geochemical maps showed a increasing in concentrations of some potentially toxic elements from rural areas to Kerman city center. The most polluted points are caused soils close to battery repairing stores or discarded batteries and machinery oil painting (Pb>5000 ppm). It seems that traffic and wind- blown dust are responsible for high soil concentration in some of elements like Pb Cr, Sb and Sn. However some of elements Be, Ce, Ga, Hf, In, La, Li, Nb, Re, Ta, Te, Th, U, Y, Zr did not show any pollution in this area.

Key words: geochemistry, GIS, major, minor & trace elements, Kerman

۱- مقدّمه

شهرها محل تجمّع بسیاری از مشکلات زیست محیطی می‌باشند که آلاینده‌ها نیز از این قاعده مستثنی نیستند. رشد فزاینده‌ی جمعیّت از یک سو و تراکم جمعیّت در شهرها همراه با افزایش تکنولوژی و توسعه‌یافتگی از سوی دیگر، مراکز شهری در حال توسعه را کانون توجّه زمین‌شناسان زیست‌محیطی، قرار داده است. (Gupta 2002) خاک در مناطق شهری به‌عنوان محل ته‌نشست عناصر خطرناک زیست‌محیطی می‌باشد و می‌تواند به‌طور مستقیم و یا غیر مستقیم برسلامتی ساکنین شهرها اثر بگذارد. (Botkin &Keller3002) بسیاری از فعالیّت‌های انسانی مانند معدن‌کاری، صنایع مختلف مانند ذوب فلزات (Merian et al. 2004) و از همه مهمتر حمل‌ونقل (Harrison et al. 1981) که در دهه‌های اخیر رشد بی‌رویه‌ای داشته، بسیاری از عناصر مسمومیت‌زا را که به‌طور طبیعی در مقادیر بسیار کم وجود دارند، در محیط زیست مناطق شهری رها می‌سازند و موجب بالا رفتن غلظت بسیاری از آنها می‌گردند. واژه‌ی عناصر کمیاب و یا جزئی (مر و مدبری ۱۳۸۰) دارای تعریف جامع و دقیقی در علوم زمین و محیط‌زیست نمی‌باشد. در ژئوشیمی زیست‌محیطی عناصر کمیاب عناصری هستند که درصد وزنی آنها کمتر از ۱ درصد (<1000ppm) باشد. بسیاری از این عناصر جزء فلزات واسطه‌ی جدول تناوبی می‌باشند و دارای محدوده‌ی وسیعی از ظرفیت و شعاع یونی هستند. چگونگی تفریق این عناصر نقش مهمی در تخمین و ارزیابی تحرک، فعالیّت‌های زیست‌شناسی و مسمومیت بازی می‌کند.

شهر کرمان یک شهر نیمه‌صنعتی محسوب می‌گردد که به نسبت بسیاری از شهرهای جهان و حتّی ایران از واحدهای صنعتی و تولیدی کمتری برخوردار است و شاید بتوان گفت که مهمترین منبع آلودگی در آن حمل ونقل و حرفه‌های وابسته به آن می‌باشند. با تهیه‌ی نقشه‌های ژئوشیمیائی به‌وسیله‌ی فناوری سامانه‌ی اطلاعات جغرافیائی جی آی اس (GIS)، اطلاعات آماری کاملی از نحوه‌ی توزیع عناصر مختلف در سطح خاک و رسوب تهیه گردید که در مدیریت بهینه و صحیح محیط زیست شهر کرمان و ارائه‌ی راهکارهای مناسب جهت پاکسازی این محیط‌ها مناسب می‌باشند.

اهداف تحقیق شامل برّرسی تغییرات غلظت برخی عناصر اصلی شامل پتاسیم (K)، سدیم (Na)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، آهن (Fe) و آلومینیم (Al) و عناصر فرعی و جزئی دارای توان بالقوه‌ی ایجاد آلودگی و مسمومیت شامل: نقره (Ag)، باریم (Ba)، بریلیم (Be)، سریم (Ce)، کروم (Cr)، سزیم (Cs)، گالیم (Ga)، ژرمانیم (Ge)، هافمیوم (Hf)، ایندیم (In)، لانتانیم (La)، لیتیم (Li)، نیوبیوم (Nb)، فسفر (P)، سرب (Pb)، رنیم (Re)، قلع (Sn)، آنتیموان (Sb)، تانتالیم (Ta)، تلوریم (Te)، توریم (Th)، اورانیم (U)، ایتریم (Y) و زیرکونیم (Zr) در سنگ، رسوب و خاک‌های محدوده‌ی شهر کرمان و تهیه‌ی نقشه‌ی ژئوشیمیائی عناصر مهم زیست‌محیطی می‌باشد. متأسفانه با وجود افزایش توجّه جهانی به ژئوشیمی زیست محیطی در مناطق شهری، تاکنون مطالعات چندانی در این زمینه،

بخصوص با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیائی در کشور ما انجام نگرفته است.

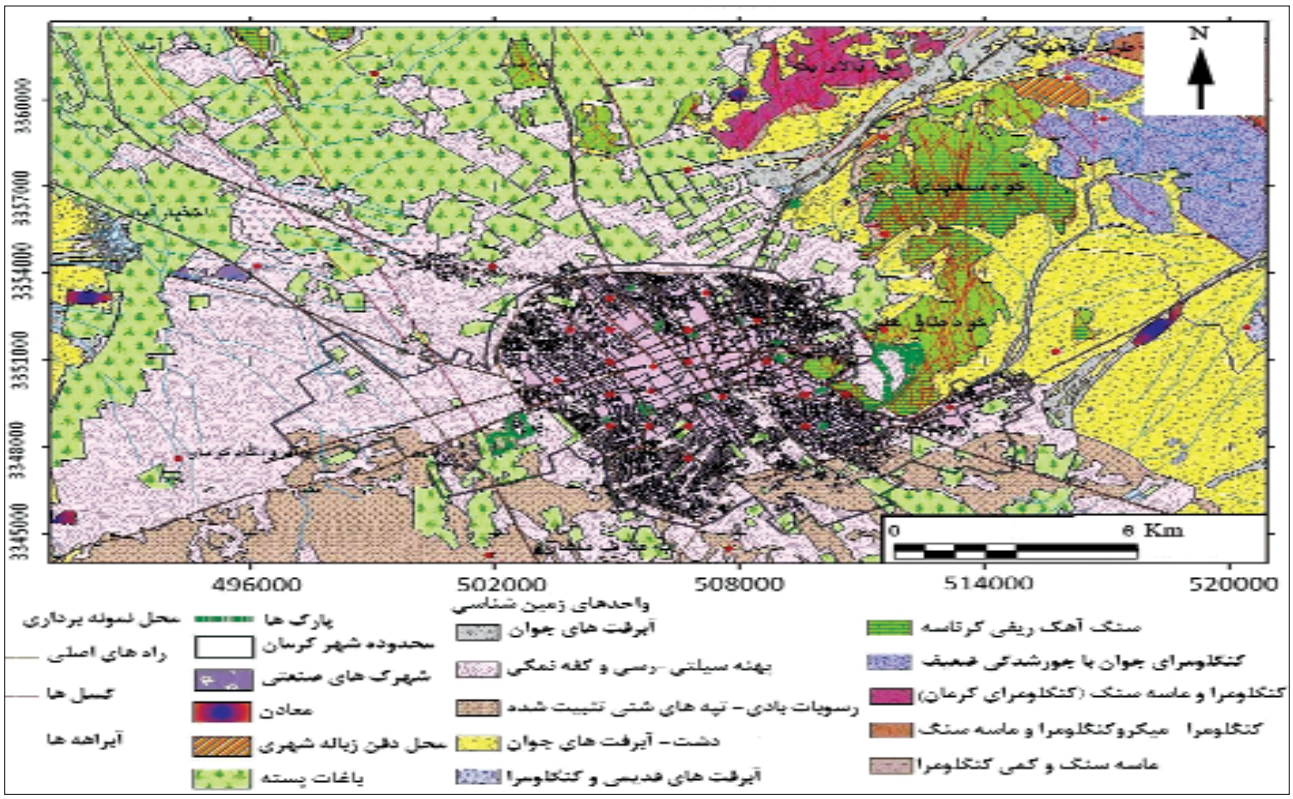
۲- مواد و روش ها

۲-۱- ویژگی‌های عمومی و زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه

شهر کرمان بین عرض جغرافیائی ' ۲۸ °۳۰ تا ' ۱۰ °۳۰شمالی و طول ' ۵۳ °۵۶ تا ' ۱۸ °۵۷ شرقی واقع شده است. متوسّط میزان بارندگی در شهر کرمان ۱۵۸ میلی متر (Atapour&Aftabi2002)، رطوبت هوا ۳۱ درصد و میزان درجه حرارت نیز از ۴- تا ۴۰ درجه متغیّر است (سازمان برنامه و بودجه ۱۳۷۴). از این نظر این شهر را می توان جزء مناطق نیمه خشک و خشک قرار داد. جهت وزش باد نیز در اغلب اوقات از سمت شمال غرب و غرب می‌باشد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان ۱۳۸۴). از نظر زمین شناسی شهر کرمان در یک دشت گرابنی واقع شده است که در اثر عملکرد گسل های مستقیم و ثقلی در دو طرف آن به وجود آمده است (تصویر ۱) (عطاپور ۱۳۷۸). در اطراف شهر کرمان رخنمون های سنگی مختلفی مانند آهک های ریفی کرتاسه (کوه طاق علی، سعیدی، کمر سیاه و حوض دق) کنگلومرای کرمان با سن پالئوسن (کوه بالای بنه) و رخنمون هایی از کنگلومرای جوان با سن نئوژن مشاهده می گردد (آقانباتی ۱۳۸۳). قسمت اعظم دشت کرمان بر روی رسوبات تبخیری پلایایی قرار دارد که در قسمت های جنوبی دشت، رسوبات ماسه ای بادی گسترش دارند و در حال پیشروی به سمت شهر می‌باشند (حمزه ۱۳۸۵). در حد فاصل بین کوه و دشت نیز رسوبات آبرفتی وجود دارند که در مرز آن‌ها با ارتفاعات، گسل های فعال وجود دارند. ارتفاع متوسّط دشت کرمان از سطح دریا ۱۷۴۰ متر می باشد (عطاپور ۱۳۷۸).

۲-۲- نمونه برداری و تجزیه‌ی نمونه ها

در این تحقیق جمعاً ۳۷ نمونه که شامل هفت نمونه سنگ (آهک و کنگلومرا)، نه نمونه رسوب (بادی، آبرفت و رسوبات پلایایی) و ۲۱ نمونه خاک (هفت نمونه از مناطق مسکونی و ۱۴ نمونه از مناطق آلاینده: محل تعویض روغن، پمپ بنزین، باطری‌سازی، نقاشی اتومبیل و محل دفن زباله شهری) برداشته شد. نمونه های خاک و رسوب همگی از عمق حداکثر پنج سانتی متری برداشته شدند و در بسته های پلاستیکی محکم جمع آوری گردیدند. نمونه های خاک و



تصویر ۱- نقشه‌ی زمین شناسی محدوده‌ی شهر کرمان و محل نمونه برداری

رسوب پس از خشک شدن در برابر نور آفتاب و خردایش کامل در آزمایشگاه گروه محیط زیست مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی و نمونه‌های سنگ در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی منطقه‌ی جنوب شرقی کشور، جهت تجزیه به روش طیف سنج جرمی پلاسمایی (ICP-MS: Inductively coupled plasma mass spectrometry) به کشور کانادا ارسال گردیدند. بر روی پنج نمونه‌ی رسوب بادی و پلایایی نیز آزمایش تفریق اشعه ایکس (XRD: X-Ray Diffraction) جهت شناسایی کانی‌های تشکیل دهنده انجام گرفت. همچنین میزان اکسیدهای اولیّه‌ی موجود در یک نمونه‌ی رسوب بادی نیز در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی جنوب شرق کشور اندازه‌گیری شد.

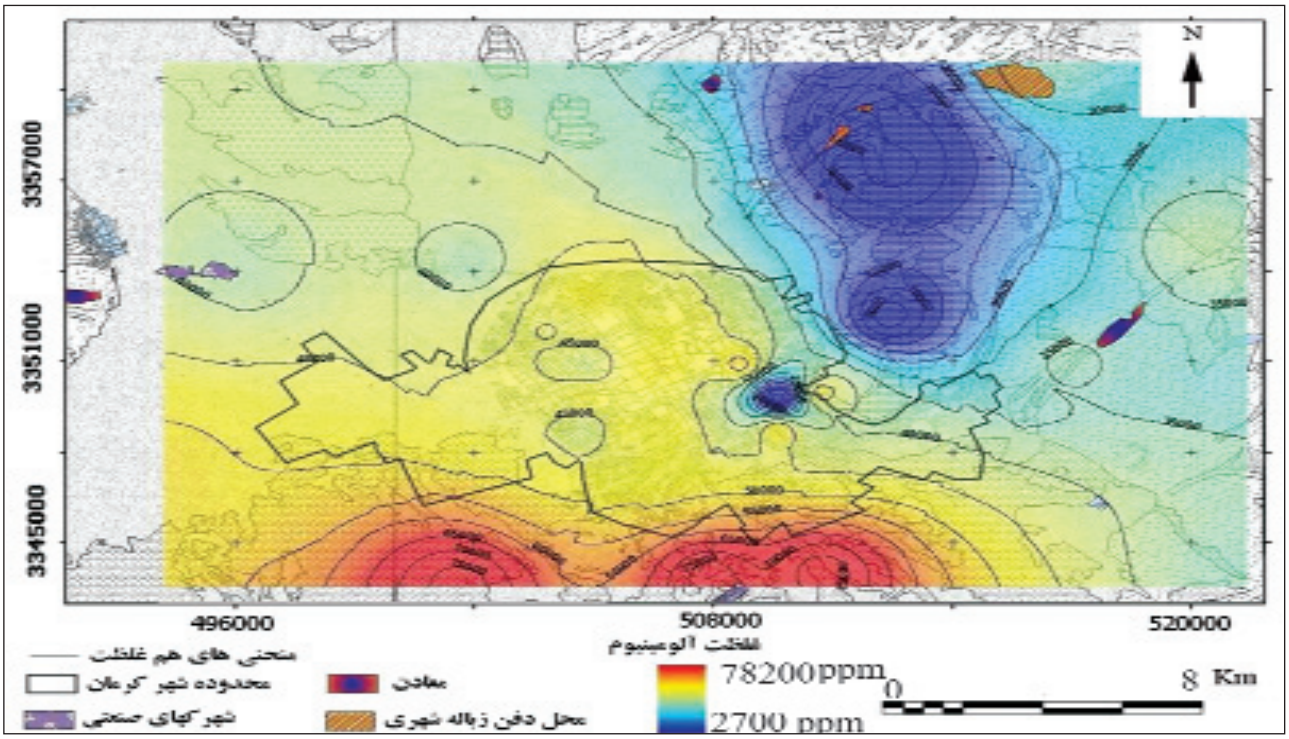
۲-۳- تحلیل داده‌ها به‌وسیله‌ی جی آی اس (GIS)

به‌دلیل تعداد زیاد عناصر مورد مطالعه، غلظت برخی از عناصر حائز اهمیّت از نظر مطالعات زیست‌محیطی، به طور انتخابی به‌عنوان داده‌های ورودی برای تهیه‌ی نقشه‌ی هم‌غلظت عناصر به‌کار گرفته شد. این عناصر شامل آلومینیم، کلسیم، سرب و قلع می‌باشند. نقشه‌های هم‌غلظت تهیه شده به‌وسیله‌ی نرم‌افزار آرک جی آی اس (Arc GIS 9.1)بر روی نقشه‌ی شهر کرمان که شامل واحدهای زمین‌شناسی، مناطق شهری، صنعتی و معادن می‌باشد قرار گرفت. با بررّسی این نقشه‌ها توزیع سطحی عناصر در محیط‌های طبیعی حاشیه‌ی شهر به سمت داخل شهر و مراکز آلوده و میزان دخالت فعّالیّت‌های انسانی در افزایش غلظت این عناصر در محل‌های آلاینده‌ی تعیین می‌گردد. (تصاویر۲ تا ۵).

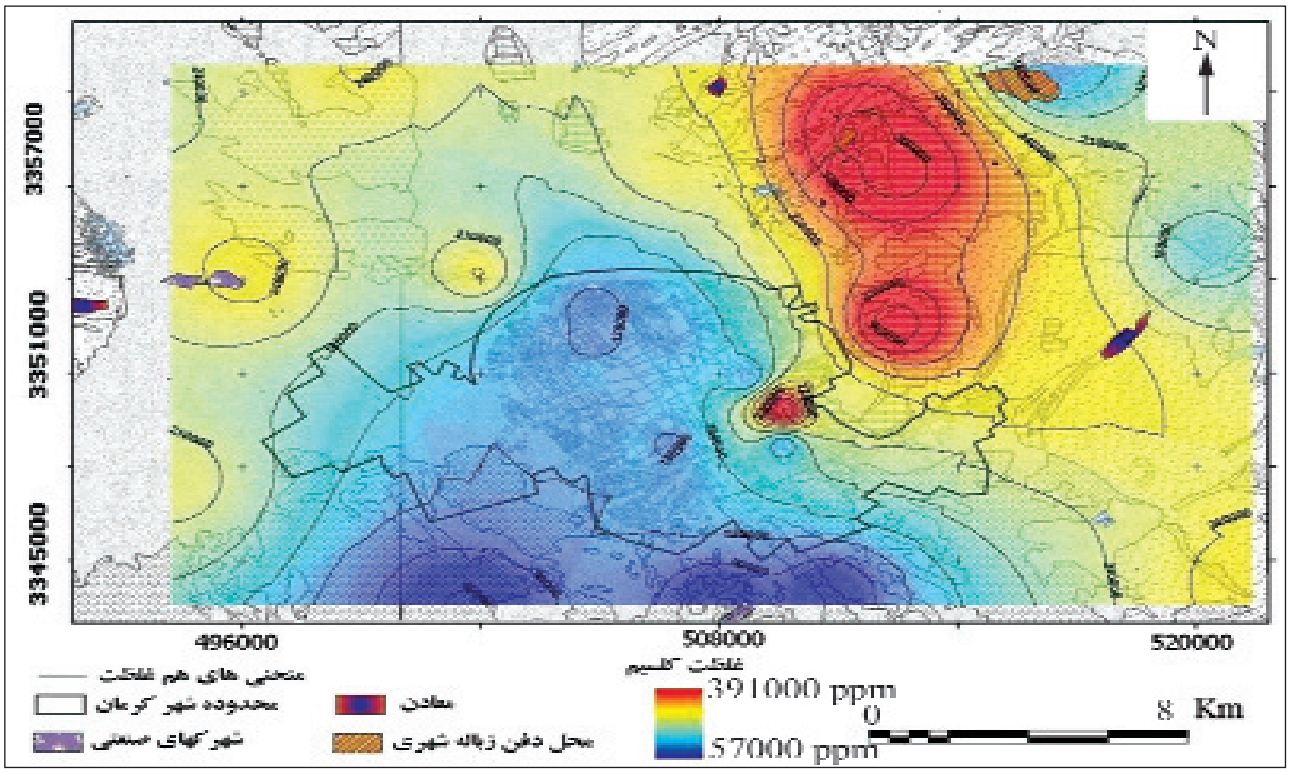
۳- یافته‌ها

در جدول ۱ میزان غلظت ۳۰ عنصر اصلی، فرعی و کمیاب در سنگ‌های آهکی و کنگلومرای جوان و رسوبات محدوده‌ی شهر کرمان ارائه شد. همچنین این داده‌ها با میانگین عیار طبیعی در سنگ‌های آهکی و پوسته‌ی زمین مقایسه گردید.

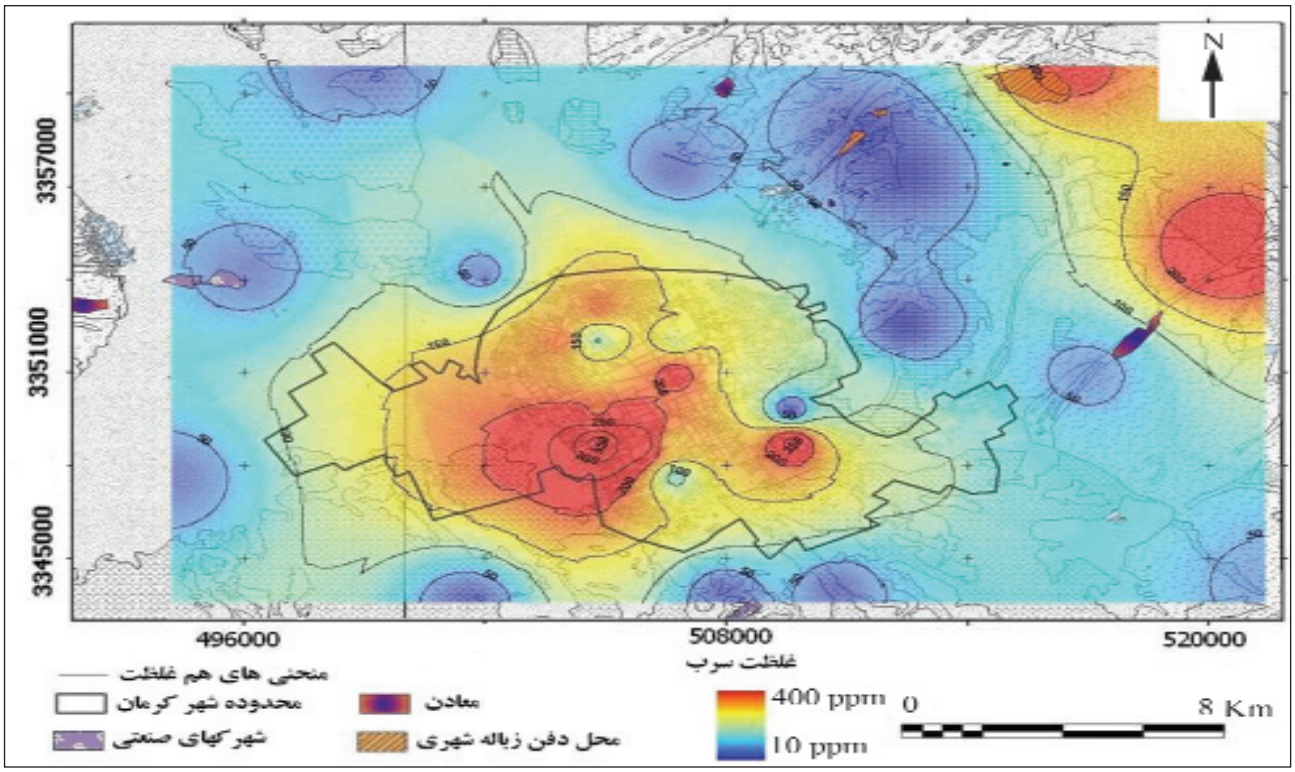
براساس مطالعات مهندسین مشاور فرانسوی سیترا (Citra 1965)، سنگ بستر محدوده‌ی شهر کرمان در اکثر نقاط از سنگ‌های آهکی ریفی کرتاسه تشکیل شده است (تصویر ۱). رسوبات این منطقه اکثراً حاصل فرسایش فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های آهکی و کنگلومرایی می‌باشند. رسوبات آبرفتی در شرق و شمال شرقی شهر کرمان گسترش دارند. رسوبات پلایایی بیشترین گسترش را در محدوده‌ی شهر کرمان دارند و در اکثر نقاط زیربنای شهر کرمان را تشکیل می‌دهند، به‌جزء در جنوب و جنوب غربی دشت کرمان که رسوبات



تصویر ۲- نقشه‌ی ژئوشیمیائی آلومینیم در سنگ‌ها، رسوبات و خاک‌های محدوده شهری کرمان عیار طبیعی آلومینیوم در خاک : (۸۱۰۰۰ppm)



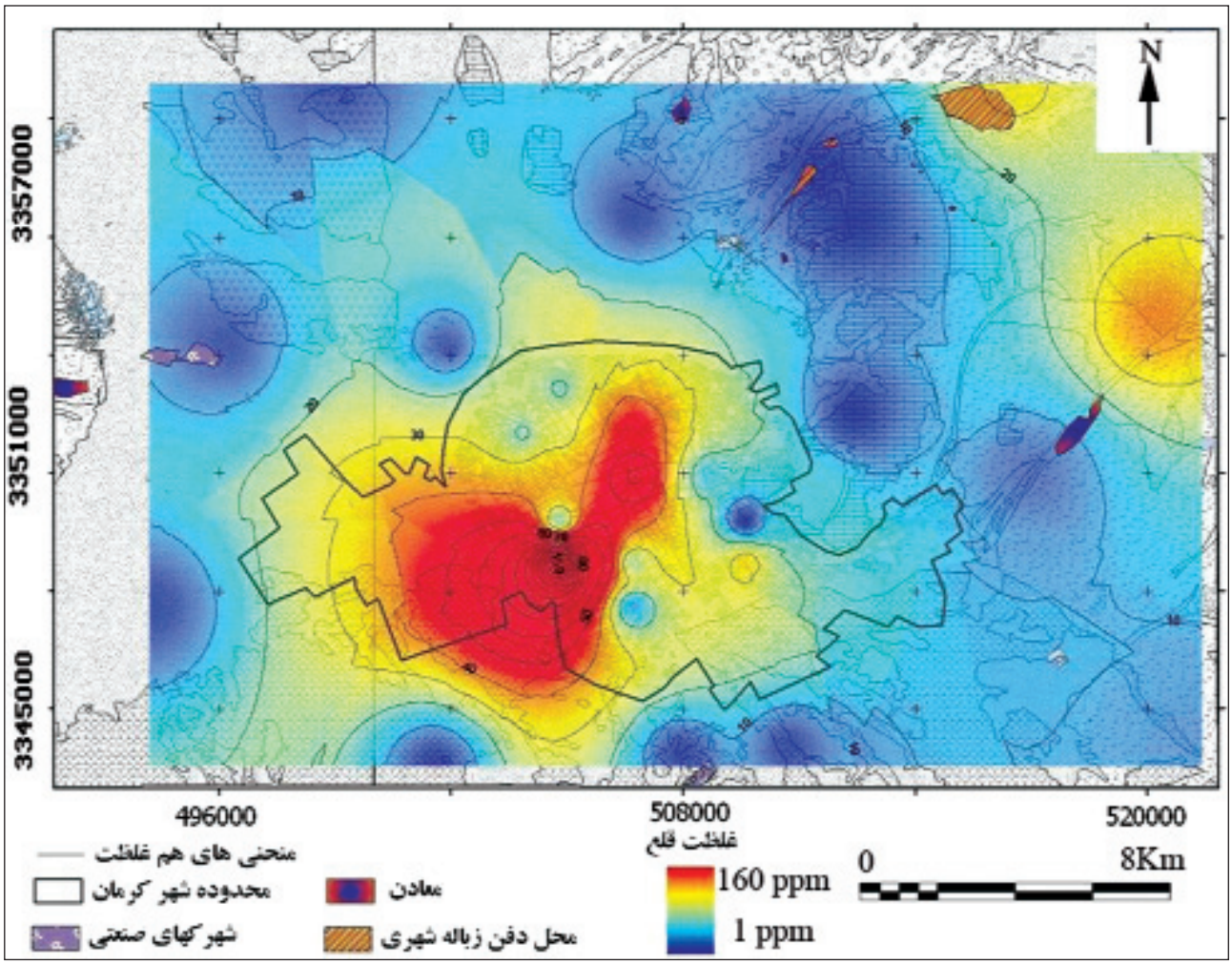
تصویر ۳- نقشه‌ی ژئوشیمیائی کلسیم در سنگ‌ها، رسوبات و خاک‌های محدوده شهری کرمان (عیار طبیعی کلسیم در خاک: ۳۳۰۰۰ ppm)



تصویر ۴- نقشه‌ی ژئوشیمیائی سرب در رسوبات و خاک‌های داخل شهر کرمان (عیار طبیعی سرب در خاک : ۲۵ppm)

بادی در حال پیشرفت می‌باشند و در قسمت شرقی که شهر در حال پیشروی بر روی رسوبات آبرفتی است (تصویر ۱). رسوبات بادی جنوب شهر نیز در اثر فرسایش بادی رسوبات مخروط افکنه‌ی رودخانه‌ی چاری ایجاد شده‌اند (Beckett 1958)

محیط‌های آبرفت و سنگ، به عنوان منابع طبیعی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در خاک‌های شهر کرمان به شمار می‌آیند که



تصویر ۵- نقشه‌ی ژئوشیمیائی قلع در سنگ‌ها، رسوبات و خاک‌های محدوده شهری کرمان (عیار طبیعی قلع در خاک : ۱۰ ppm)

چرخه ی ژئوشیمیائی عناصر موجود در آنها کمتر دستخوش آلودگی فعالیّت های انسانی قرار گرفته است.

از دیدگاه ژئوشیمیائی سنگ های آهکی جایگاه مناسبی برای تجمّع عناصر مختلف اصلی، فرعی و کمیاب نمی‌باشند و غلظت اکثر عناصر در این سنگ ها بسیار ناچیز است.(Faure 1992) سنگ های آهکی اطراف شهر کرمان نسبت به میانگین جهانی سنگ های آهکی از درجه خلوص بیشتری برخوردارند و عیار بسیاری از عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در این سنگ ها کمتر از متوسّط جهانی سنگ های آهکی است. (Atapour & Aftabi 2002) به همین دلیل این سنگ ها محیط های مستعدی جهت انحلال و تشکیل کارست و نشست زمین می‌باشند (حمزه و آفتابی ۱۳۸۵) و (Atapour & Aftabi 2002).

در سنگ های آهکی مقدار کلسیم بسیار بالاتر از میانگین جهانی غلظت در سنگ های آهکی به میزان ۱/۳ است. غلظت برخی از عناصر مانند باریم، کروم، سزیم، سرب و تانتالیم بسیار نزدیک به میانگین جهانی در این سنگ هاست. غلظت تعداد کمی از عناصر مانند گالیم و آنتیموان نیز بیش از میانگین عیار جهانی است. رخنمون کنگلومرای نئوژن که در شرق و شمال شرق شهر کرمان گسترش دارد، احتمالاً سیمان و قطعات آواری خود را از سنگ های شیلی، ماسه سنگی و آهکی تأمین نموده است. این سنگ ها دارای مقادیر بالایی کانی های رسی هستند که نسبت به سنگ های آهکی دارای غلظت بالاتری از عناصر اصلی، فرعی و کمیاب می باشند. اکثر قطعات آواری و سیمان موجود در این سنگ ها، مخلوطی از قطعات آهکی و شیلی هستند که بالا بودن میزان کلسیم، آهن، منیزیم و آلومینیم در مقایسه با سنگ آهک گواهی بر این مدّعاست. وجود کانی های رسی در این سنگ ها باعث بالا بودن غلظت عناصری مانند نقره و باریم به میزان چهار برابر میانگین عیار پوسته می گردد. مقدار برخی عناصر بسیار بیشتر از این حد است، به‌طور مثال ضریب غنی شدگی در کنگلومرای جوان نسبت به پوسته برای سرب ۱۸/۸، آنتیموان ۲۵ وقلع ۱۸ می باشد. این

ناهنجاری ها به دلیل تمرکز این عناصر در کانی های رسی موجود در سیمان و یا قطعات آواری کنگلومراست که حاصل فرسایش شیلهای بالادست می باشند که این غلظت ها در سنگ های شیلی عادی است (Ronov & Yaroshevski 1969). غلظت برخی از عناصر مانند فسفر، سدیم، منیزیم و پتاسیم به دلیل انحلال پذیری زیاد و خارج شدن از محیط در این سنگ ها کمتر از میانگین پوسته است. غلظت آلومینیم و بسیاری از عناصر به علت حضور نسبتاً زیاد قطعات سنگ های کربناتی در کنگلومرا کمتر از عیار میانگین پوسته است.

به دلیل منشاء تقریباً یکسان انواع رسوبات اطراف شهر کرمان، غلظت بسیاری از عناصر تقریباً یکسان و با عیار عادی پوسته قابل مقایسه است. در این میان غلظت عناصری مانند نیوبیم، تانتالیم و فسفر کمتر و سرب کمی بیشتر از عیار طبیعی پوسته است. غلظت آلومینیم، گالیم و آهن و برخی از عناصر قلیائی خاکی در رسوبات تبخیری و آبرفتی در حدّ میانگین غلظت آنها در سنگ آهک و کنگلومرای اطراف شهر کرمان است، اما غلظت آن ها در رسوبات بادی زیادتر است، که حاکی از میزان زیاد کانی های رسی در رسوبات بادی است. غلظت آهن نیز در رسوبات شهر کرمان چندان بالا نیست و منحنی فراوانی آن نشان دهنده ی غلظت عادی آن است. غلظت برخی از عناصر در رسوبات مختلف محدوده ی شهر کرمان ناشی از طبیعت فیزیکی نمونه هاست، مثلاً میزان زیرکونیم، لیتیم و بریلیم، در رسوبات بادی بیشتر از رسوبات آبرفتی است که دلیل آن تمرکز در کانی های مقاوم و سنگین با چگالی بالا است. میزان زیاد کلسیم در رسوبات آبرفتی بیانگر آن است که این رسوبات اکثراً حاصل هوازدگی سنگ های آهکی ریفی کرتاسه در اطراف دشت کرمان می باشند. همچنین غلظت بالای آلومینیم در رسوبات بادی اطراف شهر نشانگر وجود کانی های رسی فراوان در این رسوبات است (تصویر ۲). میزان زیاد برخی عناصر گوگرد دوست (Chalcophile) در رسوبات پلایایی دشت کرمان حاکی از وجود مقدار زیاد کانی های تبخیری مانند ژیپس در این رسوبات می باشد. عیار برخی عناصر قلیائی خاکی مانند پتاسیم و سدیم در رسوبات آبرفتی به دلیل انحلال پذیری زیاد و شستشو، کمتر از دیگر رسوبات است. غلظت این عناصر در رسوبات تبخیری به دلیل تجمّع در کانی های تبخیری و در رسوبات بادی به دلیل جذب سطحی در کانی های رسی بالا است. غلظت برخی از عناصر در خاک یا رسوبات پلایایی که زیربنای شهر را تشکیل می دهند، به وسیله ی فعالیّت های انسانی دستخوش تغییر قرار گرفته، به طوری که عیار برخی از عناصر موجود در آن تا ۱۰۰۰ برابر عیار طبیعی آنها در خاک افزایش حاصل نموده است (جدول ۲). به طور مثال مقدار سرب و روی در رسوبات کف جوی آب سرآسیاب در ابتدای محله سرآسیاب کرمان بیش از ppm۱۰۰۰۰ و میزان آرسنیک ppm ۴۶۴ می باشد که با توجّه به مقادیر طبیعی این عناصر در پوسته، ضریب غنی شدگی برای سرب، روی و آرسنیک به ترتیب بیش از ۱۰۰۰، ۲۰۰ و ۲۷۰ برابر می باشد (حمزه ۱۳۸۵). این ناهنجاری ها در اثر فعالیّت های متعدّد انسانی در شهرها مانند حمل ونقل و فعالیّت های وابسته به آن، ریختن زباله در مناطق مختلف، کارخانجات و ... ایجاد شده است. میزان عناصر اصلی موجود در خاک های شهر کرمان در حدّ طبیعی است و تغییرات چندانی را در مقیاسه با رسوبات نشان نمی دهند (جدول ۲). منشأ این عناصر در حقیقت سنگ ها و رسوبات اطراف شهر می باشند که خاک های شهر از فرسایش فیزیکی، شیمیائی و تا حدی بیولوژیکی آنها حاصل شده اند.

در جدول ۳ میزان اکسیدهای اوّلیّه ی موجود در رسوبات بادی جنوب شهر کرمان نشان داده شده است. داده های این جدول بیانگر آن است که رسوبات بادی حاوی مقادیر زیادی کانیهای رسی هستند که دلیل آن وجود درصد بالای اکسید سیلیسیم و آلومینیم در این رسوبات است. مطالعه به روش تفریق اشعه ایکس نشان دهنده ی وجود کانی های کوارتز (Quartz)، مسکوویت (Muscovite)، کائولینیت (Kaolinite)، مونتموریونیت (Montmorillonite)، کلینوکلر (Clinochlore)، هالویسیت (Halloysite) و فلدسپارهای سدیم و کلسیم دار (Ca-Na Feldspars) در این رسوبات است. همچنین این آزمایشات حاکی از وجود کانی های کلسیت (Calcite)، ژیپس (Gypsum)، کوارتز (Quartz)، کلینوکلر (Clinochlore)، مسکویت (Muscovite)، ایلیت (Illite) و کائولینیت (Kaolinite) در رسوبات تبخیری پلایایی در دشت کرمان- زنگی آباد است. کانی های تبخیری باعث ایجاد حفرات انحلالی فراوان و تشکیل کارست در بسیاری نقاط دشت کرمان گردیده اند (حمزه و آفتابی ۱۳۸۵).

میزان همبستگی عناصر انتخابی به وسیله ی در مقابل هم قراردادن غلظت های دو عنصر مورد نظر در محورهای افقی و عمودی توسّط

جدول ۱- مقایسه‌ی مقدار برخی عناصر اصلی، فرعی و جزئی در سنگ‌ها و رسوبات محدوده‌ی شهر کرمان با میزان طبیعی آنها و متوسّط عیار پوسته‌ی زمین (بر حسب m)

عناصر	میانگین غلظت عناصر در سنگ‌های/رسوبات								ضریب غنی‌شدگی	
	آهکی کرمان	آهکی جهانی	کنگلومرای کرمان	پوسته‌ی زمین	تبخیری	بادی	آبرفتی	سنگ‌های آهکی	کنگلومرای جوان نسبت به پوسته	
Ag	<۰/۰۱	۱	۰/۳	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۰۵	<۰/۰۱	۴/۳	
Al	۳۱۰۰	۴۲۰۰	۳۸۵۰۰	۸۱۰۰۰	۳۸۷۰۰	۷۷۹۰۰	۳۵۳۰۰	۰/۷۴	۰/۴۷	
Ba	۱۰۰	۱۰۰	۱۹۸۰	۴۲۵	۳۱۰	۴۶۰	۲۲۰	۱	۴/۷	
Be	<۰/۰۵	۱	۰/۷۴	۲/۸	۰/۷۳	۱/۲	۰/۷۱	>۰/۰۵	۰/۲۶	
Ca	۳۹۱۰۰۰	۳۰۲۳۰۰	۱۴۲۵۰۰	۳۳۰۰۰	۲۳۵۰۰۰	۶۰۰۰۰	۲۴۹۰۰۰	۱/۳	۴/۳	
Ce	۲/۶۳	۱۰	۳۰/۶	۶۰	۳۲	۳۳	۲۵/۲	۰/۲۶	۰/۵۱	
Cr	۸/۴	۱۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۳۳	۷۷/۲	۹۸	۰/۸۴	۱/۵	
Cs	۰/۰۶	۰/۱	۳/۰۹	۳	۴/۴	۴/۳۸	۳/۰۴	۰/۶	۱/۰۳	
Fe	۷۱۳	۳۳۰۰	۳۰۴۰۰	۲۱۰۰۰	۲۶۲۰۰	۳۱۲۰۰	۳۰۰۰۰	۰/۲۲	۱/۴۵	
Ga	۰/۷۴	۰/۰۶	۸/۹	۱۵	۸/۵	۱۵/۵	۷/۸۲	۱۲	۰/۶	
Ge	<۰/۰۵	۰/۱	۱/۳	۱/۵	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۷	>۰/۵	۰/۸۷	
Hf	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۳	۱/۱	۱/۹	۱/۱	۰/۴	۰/۰۳	
In	<۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱۸	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۳۳	۰/۰۲	>۰/۲۵	۰/۱۸	
K	۳۰۰	۲۷۰۰	۱۲۰۰	۲۵۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۶۱۰۰	۸۷۰۰	۰/۱	۰/۴۵	
La	۱/۴	۶	۱۵	۳۰	۱۵/۴	۱۷/۴	۱۲/۷	۰/۲۳	۰/۵	
Li	۱/۸	۲۰	۲۶/۸	۲۰	۱۹/۷	۳۱/۳	۱۸/۱	۰/۰۹	۱/۳۴	
Mg	۱۴۰۰	۴۷۰۰	۱۴۳۰۰	۱۷۰۰۰	۱۰۶۵۰	۱۰۹۰۰	۱۰۶۰۰	۰/۰۳	۰/۸۴	
Na	۲۰۰	۴۰۰	۱۲۲۰۰	-	۲۳۲۰۰	۲۱۷۰۰	۶۹۰	۰/۵	-	
Nb	۰/۷	۰/۳	۷/۲	۲۰	۵/۳	۶/۲	۴/۹	۲/۳	۰/۳۶	
P	۳۰	۴۰۰	۷۱۰	۹۰۰	۳۳۰	۵۴۰	۳۱۰	۰/۰۷۵	۰/۷۹	
Pb	۱۲	۸	۲۳۵	۱۲/۵	۳۱/۵	۲۰	۴۳	۱/۵	۱۸/۸	
Re	<۰/۰۰۲	-	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲	<۰/۰۰۲	-	۴	
Sb	۰/۶۵	۰/۲	۵/۱۳	۰/۲	۳	۱/۶	۳	۳/۲۵	۲۵	
Sn	۰/۴	۴	۳۶/۸	۲	۲/۹	۱/۵	۷/۶	۰/۱	۱۸	
Ta	<۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۴۹	۲	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۳۲	>۵	۰/۲۴	
Te	<۰/۰۵	-	۰/۰۵	۰/۰۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	<۰/۰۵	-	۵۰	
Th	۰/۵	۲	۴۵	۱۰	۵	۵/۴	۳/۹	۰/۲۵	۰/۴۵	
U	۰/۴	۲	۱/۵	۲/۷	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۰/۲	۰/۵۶	
Y	۰/۸	۱۵	۱۰/۲	۳۰	۱۱	۱۴/۸	۹/۴	۰/۰۵	۰/۳۴	
Zr	۶/۵	۲۰	۴۴	۱۶۵	۴۳	۶۱/۵	۳۸/۷	۰/۳۲	۰/۲۷	

* (Faure 1992)؛ **(Krauskopf 1995)

نرم‌افزار اکسل (Excel) به‌دست آمد. همبستگی زیاد عناصری که از لحاظ ژئوشیمیائی دارای قرابت زیادی می‌باشند، حاکی از منشأ طبیعی عناصر در سنگ و رسوبات اطراف شهر و صحت و دقّت بالای نتایج تجزیه‌ی شیمیائی نمونه‌ها می‌باشد. به طور مثال همبستگی آلومینیوم و گالیم ۰/۹۹، پتاسیم و باریم ۰/۹۴، نیوبیم و تانتالیم ۰/۹۹، باریم و سرب ۰/۹۶، زیرکونیم و هافنیم ۰/۹۹، اورانیم و توریم

۰/۹۳ است. همبستگی بسیار کم کلسیم با اکثر عناصر دیگر نشان دهنده ی عدم تمایل این عناصر به غنی شدگی در سنگ های آهکی است.

بر اساس داده های حاصل از نرم افزار آرک جی آی اس (Arc GIS 9.1) و شواهد صحرایی، میزان مشارکت رسوبات تبخیری، آبرفتی و بادی در ایجاد خاک های محدوده ی شهر کرمان به ترتیب حدوداً ۷۰، ۲۰ و ۱۰ درصد و نسبت غلظت میانگین این عناصر در رسوبات اطراف شهر به غلظت میانگین آن ها در خاک های شهر برای عناصر آلومینیم ۰/۹، کلسیم ۱/۸۹، آهن ۰/۸۸، پتاسیم ۰/۸۷، منیزیم ۱ و سدیم ۰/۸۱ می باشد. این داده ها نشان می دهند که به جز کلسیم و منیزیم، عیار دیگر عناصر اصلی در خاک های شهر کمی بیش از عیار آنها در رسوبات شهر می باشد. دلیل این امر برای عناصر نامحلول و غیرمتحرکی مانند آلومینیم و آهن بخصوص در پ هاش قلیائی، حل شدن دیگر عناصر و باقی ماندن این عناصر در محیط و در نتیجه افزایش غلظت می باشد، اما برای عناصر محلول مانند سدیم و پتاسیم تمرکز این عناصر در رسوبات تبخیری پلایایی مانند نمک طعام، ژیپس و دیگر کانی های تبخیری دلیل افزایش غلظت آنها در این خاک ها می باشد. نتایج آزمایش تفریق اشعه ایکس و مطالعات بکت (Beckett 1958) بیانگر وجود مقادیر زیادی کانی های تبخیری مانند ژیپس و نمک طعام در خاک ها و رسوبات زیربنای شهر است.

بسیاری از عناصر فرعی و کمیاب موجود در خاک های شهر کرمان مانند بریلیم، سریم، گالیم، هافنیم، ایندیم، لانتانیم، لیتیم، نیوبیم، فسفر، سرب، رنیم، تانتالیم، تلوریم، توریم، اورانیم، ایتریم و زیرکونیم چندان آلودگی نشان نمی دهند. عنصر باریم فقط در خاک های محلّ باطری سازیها آلودگی نسبتاً زیادی دارد که در اثر افزایش سرب در این محل هاست. غلظت بالای کروم به علت بالابودن غلظت آن در رسوبات شهر و آلودگی های انسانی مانند سایش قطعات خودرو و فعالیّت های جانبی وابسته به حمل ونقل مانند نقاشی اتومبیل و سایش

جدول ۲- غلظت برخی عنصر سمی در تعدادی از محل های آلاینده ی شهر کرمان (برحسب گرم برتن)

عناصر	متوسّط غلظت عناصردر خاک:					عیار طبیعی خاک*
	مناطق مسکونی	تعویض روغنی	نقاشی اتومبیل	دفن زباله	باطری سازی ها	
Ag	۰/۰۸	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۰۸۵	۰/۵۸	۰/۱
Al	۴۵۹۰۰	۴۴۰۰۰	۴۲۷۰۰	۴۹۹۰۰	۴۸۲۰۰	۸۱۰۰۰
Ba	۳۶۰	۴۷۰	۲۶۰	۳۴۵	۱۱۱۵	۲۰۰
Be	۰/۷۵	۰/۸۴	۰/۹۴	۱/۱۰۵	۱	۴
Ca	۱۱۶۰۰۰	۱۱۱۰۰۰	۱۵۸۵۰۰	۹۹۳۵۰	۱۲۶۵۰۰	۳۳۰۰۰
Ce	۳۵	۲۷/۸	۳۴/۸	۴۰/۴۵	۳۳	۶۰
Cr	۱۲۰/۲	۱۱۴	۱۶۲	۱۴۲/۵	۱۱۷	۲۰
Cs	۴/۲	۳/۳۴	۳/۷۸	۳/۵۲	۳/۲	۶
Fe	۳۱۲۰۰	۲۵۱۵۰	۵۰۲۰۰	۲۷۹۰۰	۳۰۹۰۰	۲۱۰۰۰
Ga	۱۲/۵	۹/۵	۹/۸۶	۱۰/۶۴	۱۰/۲	۱۵
Ge	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۳	۱
Hf	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۸	۱/۲۵	۳
In	۰/۰۳	۰/۰۲۴	۰/۰۲۹	۰/۰۳۳	۰/۰۴	۰/۱
K	۱۲۱۰۰	۱۱۲۰۰	۱۱۳۰۰	۱۲۶۰۰	۱۲۳۵۰	۱۱۰۰۰
La	۱۵/۴	۱۴	۱۷/۳	۲۰/۲۵	۱۶/۳	۳۰
Li	۲۱/۳	۲۵/۲	۲۵/۵	۳۳/۲	۲۸/۸	۵-۲۰۰
Mg	۱۰۷۰۰	۱۳۲۰۰	۱۳۷۰۰	۱۲۷۵۰	۱۴۲۵۰	۱۷۰۰۰
Na	۲۲۷۰۰	۱۱۲۰۰	۷۵۰۰	۱۱۲۰۰	۱۰۸۵۰	
Nb	۵/۷	۵/۶	۶/۴	۸	۶/۲۵	۱۵
P	۳۴۰	۱۱۰۰	۴۷۰	۵۳۰	۹۶۰	۹۰۰
Pb	۹۶/۵	۱۹۳	۶۴۰	۲۳/۳	۴۷۰۰	۲۵
Re	<۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵
Sb	۵	۷	۳/۳	۰/۸۵۵	۷۴	۵
Sn	۹/۷	۱۸/۶	۶۲	۱/۷۵	۱۶۰	۱۰
Ta	۰/۴	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۵۲۵	۰/۴۴۵	۲
Te	< ۰/۰۵	< ۰/۰۵	< ۰/۰۵	< ۰/۰۵	< ۰/۰۵	۰/۰۰۱
Th	۵/۱	۴/۴	۵	۶	۴/۸	۱۳
U	۱/۵	۱/۴	۱/۶	۱/۸	۱/۵۵	۱
Y	۱۲	۱۰/۸	۱۲/۷	۱۴/۱	۱۱/۳۵	۳۰
Zr	۳۹	۴۶/۹	۵۰	۶۰/۱	۴۵/۱۵	۲۷۰

* (Ronov Yaroshevsky 1969) (Earnshaw Greenwood 1977)

جدول ۳- درصد اکسیدهای اولیه ی موجود در رسوبات بادی جنوب شهر کرمان

اکسیدها	Sio_2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O
درصد	۵۷/۲۱	۱۳/۹۷	۵/۴۳	۷/۷۲	۱/۷۶	۲/۶۵	۱/۸۶
اکسیدها	Sio_2	TiO2	MnO	P2O5	SrO	BaO	LOI
درصد	۰/۰۴	۰/۶۱	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۶/۸۱

بدنه ی خودرو می باشد. منحنی فراوانی کروم دارای تمایل غیرعادی در رسوبات می باشد که حاکی از حضور آن در کانی های سنگین مثل مگنتیت و هماتیت و همچنین ورود از محیط های فلزکاری می باشد. افزایش غلظت آهن در مقابل کارگاه‌های نقاشی اتومبیل به‌دلیل سایش بدنه ی خودروها مشاهده می گردد. متوسّط غلظت عنصر آنتیموان در خاک های مقابل باطری سازی ها ۱۵ برابر عیار طبیعی آن است. دلیل این ناهنجاری مشارکت عنصر آنتیموان در ساخت شبکه های باطری ماشین می باشد (دبیری ۱۳۸۲). غلظت عنصر قلع در سنگ ها و رسوبات اطراف شهر از عیار طبیعی پوسته کمتر می باشد، اما غلظت آن در خاک های شهر به‌دلیل حمل و نقل و دیگر آلودگی ها مانند زباله تا ۲۰ برابر عیار طبیعی می رسد (تصویر ۵). نمونه های خاک محلّ دفن زباله های شهری به‌دلیل عدم همکاری کارکنان محلّ دفن زباله از اطراف آن جمع آوری گردید و غلظت اکثر عناصر موجود در آن چندان ناهنجاری نشان نمی دهد. در میان تمامی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب، سرب بیشترین آلودگی را نشان می دهد که به علت حمل ونقل و حرفه های وابسته به آن است. متوسّط غلظت سرب در خاک های مناطق مسکونی شهر حدود ۱۰۰ppm است که حدود ۴ برابر عیار طبیعی آن در خاک می باشد و با توجّه به عیار متوسّط سرب در رسوبات، حدود ۱۰-۵ برابر افزایش حاصل نموده است. عیار این عنصر در محله ای آلاینده مانند پمپ بنزین، تعویض روغنی ها، نقاشی اتومبیل و بخصوص باطری سازی ها تا حدود ۵۰۰ برابر مقدار طبیعی آن می رسد. بیشترین غلظت سرب اندازه گیری شده، متعلق به خاک مقابل یک کارگاه باطری سازی در بلوار شهید صدوقی است که میزان سرب موجود در آن ۵۷۸۰ ppm می باشد.

مقایسه ی غلظت این عناصر در خاک های شهر کرمان با میانگین غلظت این عناصر در شهرهای بزرگ جهان نشان دهنده ی غلظت پائین به‌دلیل کم توسعه یافتگی این شهر از نظر تکنولوژی، خاصیّت بافری خاک و کاهش تحرک عناصر در آن می باشد. نمودارهای همبستگی عناصر آلاینده به‌دلیل منابع مختلف آلودگی حاکی از همبستگی کم بین این عناصر می باشد. سرب تقریباً با تمامی عناصر فرعی و کمیاب دارای همبستگی ضعیف است که این امر حاکی از منبع مشترک طبیعی و آلاینده ی کم می باشد.

۴- بحث

تحرّک عناصر فرعی و کمیاب دارای توان بالقوه ی مسمومیت زائی به وسیله ی فعالیّت های انسانی، فرایندی مهم در چرخه ی ژئوشیمیائی این عناصر است. در مناطق شهری انواع مختلفی از عوامل ثابت و متحرک وجود دارند که میزان بسیار زیادی از فلزات سنگین را علاوه بر میزان طبیعی آنها وارد هوا و خاک می نمایند. (Schwedt 2001) بر خلاف خاک های کشاورزی، خاک های موجود در پارک ها و مناطق مسکونی که به عنوان محلّ کاشت گیاهان غذائی استفاده نمی گردند، اغلب دارای اثر مستقیم بر روی سلامتی شهرنشینان هستند، زیرا به راحتی می توانند به بدن انسان منتقل شوند (Timbrell 1999) هضم خاک و گرد و غبار بخصوص در اقلیم های گرم و خشک مانند شهر کرمان یکی از راه های اصلی انتقال مستقیم فلزات سنگین و شبه فلزات حاصل از رنگ ها، بنزین سرب دار، وسایل نقلیّه و صنایع محلّی به بدن انسان هستند. خاک می تواند به طور مستقیم به‌وسیله ی بچه های در حال بازی در زمین های خاکی و پارک ها، مصرف محصولات گیاهی کاملاً شسته نشده و حیوانات چرنده وارد بدن شود. اغلب عناصر سمی جذب شده به‌وسیله ی انسان و حیوانات سریع دفع می شوند و فقط بخش کوچکی از آنها در بافتهای بدن باقی می مانند. جذب عناصر فرعی و کمیاب سمی خاک بسته به میزان و مدت هضم، خطرات جدی برای سلامتی دارد (کهرم ۱۳۷۶). بچه هایی با وزن ۱۰ کیلوگرم روزانه حدود ۰/۵ گرم خاک جذب می نمایند(Walker et al. 1995) که این میزان به شرایط آب‌وهوایی منطقه بستگی دارد. در مناطق خشک مانند کرمان که مقادیر زیادی گرد و غبار در هوا وجود دارد، این مقدار به حداکثر خود می رسد.

تمرکز مطالعات زیست محیطی می بایست بر روی ترافیک شهری صورت گیرد، زیرا این آلاینده ی هوا تنها منبعی است که انتظار افزایش بیرویه ی آن در آینده می رود.(Merian et al. 2004) اگر چه شهر کرمان از لحاظ تمرکز واحدهای صنعتی و کارخانجات چندان در حد بالایی به سر نمی برد، اما افزایش روزافزون خودرو در خیابان ها و حرفه های وابسته به آن منجر به افزایش غلظت برخی عناصر مسمومیت زا بخصوص در حاشیه ی خیابان های شلوغ و مقابل برخی واحدهای مرتبط با ترافیک مانند پمپ بنزین ها گردیده است. در محدوده ی مورد مطالعه نیز به‌دلیل وجود اقلیم خشک و

فرسایش بادی غالب، انتشار آلودگی ها از طریق باد به شدّت صورت می گیرد. یکی از منابع مهم آلاینده ی خاک در شهر کرمان غبار حاصل از کارخانه ی سیمان کرمان می باشد که در غرب شهر کرمان (بالادست جهت وزش باد) قرار دارد. حرارت دادن کانی های رسی برای تولید سیمان تا حدود ۱۰۰۰ درجه ی سانتیگراد باعث انتشار بخشی سرب، روی، تلوریم، کادمیم و بیسموت می شود که در این فرایند حدود ۸۰- ۴۰ درصد عناصر موجود در آنها وارد جو می گردند و به وسیله ی باد به فواصل بسیار دوری انتقال می یابند. فیلترهای موجود در صنایع، کارایی چندان بالایی در جذب ذرات گازی کوچک ندارد، ولی بسیاری از فلزات کمیاب و سمی در ذرات کوچک تمرکز دارند. به طور مثال ذرات درشت خروجی از کوره های زغالی اغلب حاوی اکسیدهای آلومینیم، سیلیسیم، سدیم، پتاسیم، منیزیم، آهن و مس هستند، در حالی که ذرات کوچکتر غنی از عناصری مانند روی، سرب، کادمیم، سلنیم، آنتیموان و آرسنیک می باشند (Merian et al. 2004).

مهاجرت افقی و یا عمودی عناصر جزیی سمی در خاک شهرها به طورکلّی بستگی به میزان رواناب سطحی مانند آب موجود در جوی های آب اطراف خیابان دارد. این عناصر از محیط های آلاینده به صورت محلول یونی و یا بار معلّق و جامد که در آن عناصر مسمومیت زا جذب کلوئیدهای خاک شده اند، انتقال می یابند. مهاجرت این عناصر با ویژگی هایی از جمله اسیدیته، اجزای هیومیک و کانی های آن، ساختار افق های خاک، ترکیب و اندازه ی دانه های خاک، توانایی جذب، فراوانی میکروارگانیسم ها و از همه مهمتر آب کنترل می گردد.(Eby 2004) کلوئیدهایی مانند رس ها، اکسیدهای آهن و منگنز و ترکیبات آلی که نقش بسیار مهمی در جذب این عناصر مسمومیت زا و تصفیه ی طبیعی آبها دارند را نمی توان نادیده گرفت. خاک های رسی کرمان با پ هاش متوسّط تا قلیائی (آب منطقه ای ۱۳۸۴) معمولاً دارای تحرک پذیری کم برای اغلب عناصر هستند. بر اساس مطالعات بکت (Beckett 1958) گونه ها و نسبت های مختلف کانی های رسی در افق های مختلف خاک در دشت کرمان باعث ایجاد ظرفیت تبادل کاتیونی 35m.Eq/100gr گردیده اند. مطالعات اشعه ی ایکس نشان دهنده ی حضور ۲۵ درصد مونتموریونیت، ۱۰ درصد کلریت، ۵۰ درصد میکا، ۱۵درصد کائولینیت و مقادیر کمی کوارتز ، فلدسپار و کلسیت در برخی از خاک ها است، اما میزان مواد آلی در آن ها بسیار ناچیز می باشد. از املاح نسبتاً زیاد این خاک ها می توان به نمک های محلول سدیم، پتاسیم و منیزیم اشاره نمود که البته به نسبت کربنات کلسیم کمتر هستند. (Beckett 1958) به دلیل بالا بودن میزان کانی های رسی، ظرفیت تبادل یونی این خاک ها نیز بالاست. اکسیدها و هیدروکسیدهای آلومینیم و آهن، کانی های رسی به ویژه کائولینیت و برخی مواد آلی در جذب کاتیون های فلزی آلاینده بسیار مؤثّرند (Eby 2004) اکسیدهای آب دار مانند گوتیت (α-FeOOH) و گیبسیت (γ-$Al(OH_3)$) در بالای مرز ZPC (مرزی از pH که در آن بار سطح کلوئیدها صفر می گردد) با تولید بار منفی می توانند بسیاری از یون ها و ترکیبات آلاینده ی دارای بار مثبت را جذب نمایند و باعث پاکسازی طبیعی محیط گردند(Earnshaw & Greenwood 1997) در جهت رفع آلودگی های موجود در خاک شهر نیز می توان از روش های جذب آلاینده های خاک مانند به کارگیری ترکیبات فسفر هستر و هریسون (Hester & Harrison 1997) و یا کلوئیدهای طبیعی و همچنین زغال فعّال استفاده نمود (Stoessell 2004). در این مورد می توان از پاکسازی توسّط گیاهان (phytoremediation) نیز بهره برد. (Stoessell 2004) عوامل پاکسازی طبیعی بخصوص کانی های رسی در خاک های شهر کرمان به وفور یافت می گردند، که تجزیه ی برخی نمونه های خاک و رسوب به روش تفریق اشعه ایکس گواهی بر این مدعاست.

غلظت عناصر فرعی و کمیاب در سطح خاک ها و رسوبات شهر کرمان یک تا سه برابر، بیشتر از غلظت آنها در عمق ۲۰-۱۵ سانتی متری است که به دلیل جذب عناصر در قسمت های سطحی به وسیله ی کانی های رسی و دیگر کلوئیدهای موجود در این رسوبات مانند اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز و آلاینده ها است (حمزه ۱۳۸۵). فرایند فوق می تواند باعث جذب عناصر و ممانعت از رسیدن آن ها به اعماق پائین تر و آب های زیرزمینی و جلوگیری از آلودگی آن ها توسّط مواد سطحی گردد. این عامل از طرف دیگر منجر به تجمّع این عناصر در سطح و دسترسی آسان تر به آنها از طریق گرد و غبار و یا آب های جاری و گیاهان می شود.

نقشه ی ژئوشیمیائی برخی از عناصر اصلی و فرعی مانند آلومینیم، کلسیم، سرب و قلع جهت شناسائی روند تغییرات غلظت عناصر از حاشیه به سمت مرکز شهر به وسیله ی نرم افزار آرک جی آی اس (Arc GIS9.1) تهیه گردید. نقشه ی ژئوشیمیایی آلومینیم بیانگر

میزان غلظت بالای این عنصر در جنوب دشت کرمان یعنی منطقه‌ی تسلط رسوبات بادی و غلظت کم آن در نزدیک رخنمون های آهکی شرق شهر کرمان می باشد (تصویر ۲). غلظت کلسیم در شرق شهر کرمان افزایش قابل توجّه‌ی نشان می دهد که کاملاً منطبق بر رخساره‌ی آهکی کرتاسه است(تصویر ۳). غلظت عناصر مسمومیت زای سرب و قلع روند افزایش غلظت کاملاً مشخصی از حاشیه‌ی شهر به سمت مرکز نشان می دهند(تصویر ۴ و ۵). میزان افزایش غلظت سرب شدّت بسیار زیادی دارد که به‌دلیل اثر برخی منابع آلاینده‌ی نقطه‌ای در شهر مانند پمپ بنزین ها و باطری سازی هاست. لازم به ذکر است که به‌دلیل ایجاد ناهنجاری فوق‌العاده زیاد در برخی مناطق، از غلظت های بسیار بالای سرب (بیش از ۴۰۰ppm) در تهیه‌ی نقشه‌ی ژئوشیمیائی صرف نظر گردیده است.

معادن موجود در نقشه اکثراً معادن شن، سنگ وگچ می باشند که نقش چندانی در افزایش غلظت این عناصر ندارند. این مطلب در مورد شهرک های صنعتی نیز به‌دلیل کوچکی و عدم وجود صنایع آلاینده در آنها، صدق می کند. محل دفن زباله شهری در افزایش نسبی غلظت قلع نقش اساسی دارد.

۵- نتیجه گیری

غلظت اکثر عناصر جزئی سمی در سنگ های کربناته و رسوبات اطراف محدوده‌ی شهر کرمان بسیار پائین می باشد، به‌طوری که در بسیاری از موارد غلظت عناصر موجود در آن ها از میانگین عیار پوسته نیز کمتر می باشد. بنابراین این محیط ها نمی توانند نقش قابل ملاحظه‌ای در آلودگی محیط زیست شهری کرمان داشته باشند. فعّالیّت های انسانی که در محدوده‌ی شهر کرمان متمرکز گردیده و در راس آن ها حمل و نقل و فعّالیّت های وابسته به آن، مهم‌ترین نقش را در آلودگی خاک های شهر بر عهده دارند. در این میان میزان pH بالای خاک ها و رسوباتی که زیربنای شهر را تشکیل می دهند و همچنین میزان بالای کانی های رسی موجب کاهش تحرک این عناصر سمی شده و باعث تجمع غلظت این عناصر در سطح خاک گردیده است. در ارتباط با کنترل آلودگی خاک می توان از راه‌های متعدّد پیش گیری مانند انتقال واحدهای صنعتی و آلاینده به خارج از شهر و محیط های مسکونی و نصب فیلترهای اکترواستاتیک در این واحدها، فرهنگ سازی عمومی در جهت همکاری با مسئولین جهت آلوده نکردن خاک، مکان یابی درست و اصولی محل دفن زباله های شهری، بهبود استانداردهای تولید خودرو و نظارت کامل بر کار واحدهای خدماتی وابسته به خودرو مانند پمپ بنزین و... استفاده نمود. جهت کنترل آلودگی آب و یا خاک در شهر کرمان می بایست با برّرسی نوع و میزان آلودگی و همچنین محیط آن، از روش های مناسب پاکسازی استفاده نمود. در جهت رفع آلودگی های موجود در خاک شهر نیز می توان از روش های جذب آلاینده های خاک مانند به کارگیری ترکیبات فسفر هستر و هریسون، کلوئیدهای طبیعی و همچنین زغال فعّال، پاکسازی توسّط گیاهان نیز بهره برد. همچنین می بایست با تشویق صاحبان مراکز آلاینده جهت نگهداری و یا بازیافت این مواد مانند روغن ماشین و آب باطری ها، از ریختن این مواد به داخل جوی آب جلوگیری نمود.

مراجع

شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان ۱۳۸۴، گزارش ادامه‌ی مطالعات آب دشت کرمان-باغین در سال آبی ۸۴-۱۳۸۳" آب منطقه‌ای کرمان، دفتر امور مطالعات آب: ۹۸ ص.

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳، "زمین شناسی ایران سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران: ۴۳۰ ص.

سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۴، "مطالعات جامع اقتصادی- اجتماعی استان کرمان" همنهاد (خلاصه‌ی گزارش ها) ۵۱۷ص و محیط زیست ۳۰۰ ص.

دبیری، م.، ۱۳۸۲، "آلودگی محیط زیست، هوا- آب- خاک- صوت" نشر اتحاد: ۳۹۹ ص .

عطاپور، ح.، ۱۳۷۸، "زمین شناسی زیست محیطی ساختارهای کارستی در محدوده‌ی شهر کرمان با نگرشی ویژه به دولین اختیارآباد"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور: ۸۵ ص.

کهرم، ا.، ۱۳۷۶، "کاربرد علم اکولوژی در کاهش سوء توسعه، پیش بینی اثرات توسعه و تأسیسات بر محیط زیست"انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست: ۳۱۶ ص .

مر، ف.، مدبری، س.، ۱۳۸۰، "مبانی زمین شیمی"مرکز نشر دانشگاهی تهران: ۷۸۸ ص.

حمزه، م.، ع. و آفتابی، ع.، ۱۳۸۵، "الگوی ژئوشیمیایی و تکوین ساختارهای کارستی در محدوده‌ی شهر کرمان و اثرات زیست محیطی آنها بر زیرساختارهای شهری و مهندسی" مجموعه مقالات دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس: ۲۰۷۲-۲۰۶۰.

حمزه، م.، ع.، ۱۳۸۵، "نشانگرهای ژئوشیمیایی و زیست محیطی در

محدوده‌ی شهری کرمان" پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان: ۳۷۱ص.

Atapour, H. & Aftabi, A., 2002, "Geomor phologic al, geochemical and geoenvironmental aspects of karstification in the urban areas of Kerman city, south-eastern, Iran", *Environ. Geol., Vol.42 (7): 783-792.*

Beckett, R. H. T., 1958, "The soils of Kerman, South Persia", *J. Soil Sci., Vol. 9 (1): 20-32.*

Botkin, D. & Keller, E. A., 2003, "Environmental science, Earth as a living planet", *4th Ed., John Willey & Sons: 668p.*

Citra, 1965, "Etude surle Development De L Utilisation Des Eaux Souterraines Dans La Zones De Kerman", *450p.*

Earnshaw, A. & Greenwood, N., 1997, "Chemistry of the elements", *2nd Ed., John Willey & Sons: 1280p.*

Eby, G. N., 2004, "Principles of Environmental Geochemistry, University of Massachusetts", *Thomson Learning Academic Resource Center: 516p.*

Faure, G., 1992, "Principles and application of inorganic geochemistry", *John Willey & Sons: 526p.*

Gupta, A., 2002, "Geoindicators for tropical urbanization: Geoindicators", *J. Environ. Geol., Vol.42 (7): 736-742.*

Harrison, R. M., Laxen, D. P. H. & Wilson, S. J., 1981, "Chemical associations of lead, cadmium, copper and zinc in street dusts and roadside soils", *Environ. Sci. Technol., Vol.15 (11): 1378-1383.*

Hester, R. E. & Harrison, R. M., 1997, "Contaminated Land and its Reclamation", *Environ. Sci. Technology, Cambridge: The Royal society of chemistry: XV, 145p.*

Krauskopf, K., 1995, "Introduction to geochemistry", *Mc Graw Hill publishing, New York: 517p.*

Merian, E., Anke, M., Ihnat, M. & Stoeppler, M., 2004, "Elements and their compounds in the environment", *John Willey & Sons: 350p.*

Ronov, A. B. & Yaroshevski, A. A., 1969, "Earths crust geochemistry", *in encyclopedia of geochemistry and environmental sciences, (R. W. Fairbridge, Ed.), Van Nostrand, New York: 850p.*

Schwedt, G., 2001, "Essential guide to environmental chemistry", *John Willey & Sons: 120p.*

Stoessell, R. K., 2004, "Environmental geochemistry", *Available from Internet: http://www.uno.edu.gege/Stoessell/envgeoch.htm (11 November 2008): 196p.*

Timbrell, J. A., 1999, "Introduction to toxicology", *John Willey & Sons: 204p.*

Walker, S. & Griffin, S., 1998, "Site-specific data confirm arsenic exposure predicted by the U.S. Environmental Protection Agency", *Environ. Health Perspect, Vol. 106 (3):133-139.*