

## بررسی تغییرات غلظت سرب، روی، مس و کادمیوم در محیط زیست شهری کرمان

محمد علی حمزه<sup>۱\*</sup>

[mohammadalihamzeh@yahoo.com](mailto:mohammadalihamzeh@yahoo.com)

محمد میرزائی<sup>۲</sup>

حسین مظفری<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۶/۹/۵

تاریخ دریافت: ۸۶/۵/۳۰

### چکیده

در دست داشتن اطلاعات در خصوص توزیع فلزات سنگین مانند سرب، روی مس و .. در محیط های شهری می تواند ما را در مدیریت توسعه پایدار و ایجاد محیط زیست امن تر برای ساکنان شهرها کمک نماید. در این تحقیق موضوع غلظت فلزات سنگین در خاک، سنگ، رسوب و آب های سطحی و زیرزمینی که می تواند در اثر آلودگی های طبیعی و انسانی ایجاد شده باشد، در محدوده شهری کرمان مورد بررسی قرار گرفته است. غلظت فلزات سنگین در نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی شعله ای و تعدادی نیز توسط طیف سنج جرمی پلاسمایی اندازه گیری شد. این غلظت ها با محدوده مجاز داده های زیست محیطی مقایسه گردید. سنگ های منطقه ( به خصوص سنگ آهک) نسبتاً دارای مقادیر کم این فلزات است که مطابق با عیار طبیعی آن هاست. در این تحقیق مشخص گردید که خاک های شهر کرمان دارای ناهنجاری بالای برخی فلزات سنگین به ویژه سرب می باشد که این تجمع فلزات در اثر رشد ترافیک و فعالیت های اقتصادی و صنعتی در این محدوده است. مشخصات مهم چرخه ژئوشیمی و زیست محیطی شهر کرمان شامل محدوده  $pH$  نسبتاً زیاد آب باران (حدود ۶/۸)، میزان زیاد سرب و مس در گرد و خاک (سرب بیش از  $70 \text{ ppm}$  و مس بیش از  $80 \text{ ppm}$ )، تعدادی داده های ناهنجار سرب در آب های جاری و زیرزمینی (مقدار سرب در آب های سطحی  $0/1-0/12$  و در آب های زیرزمینی  $0/13-0/01$ )، مقدار بسیار زیاد سرب (بیش از  $10000 \text{ ppm}$ ) در برخی نمونه های خاک و رسوب می باشد. آلوده ترین و خطرناکترین اجزای چرخه شامل حوضچه تقسیم آب بعد از پادگان ۰۵ ارتش در سراسیاب (غلظت سرب و روی بیش از  $10000 \text{ ppm}$ ) و خاک های نزدیک مغازه

۱- کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی ، دانشگاه شهید باهنر کرمان\* (مسئول مکاتبات)

۲- دانشیار بخش شیمی ، دانشکده علوم ، دانشگاه شهید باهنر کرمان و عضو هیئت علمی گروه محیط زیست مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی

۳- مربی پژوهشی مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی

های باطری سازی، تعویض روغنی و نقاشی اتومبیل (مقدار سرب بیش از ۵۰۰۰ ppm) می باشد. اما در این میان غلظت کادمیوم در محدوده شهر کرمان ناهنجاری چندانی را نشان نمی دهد. دیگر منابع آلاینده ممکن، در ارتباط با آبشویه ها، فاضلاب و محل های تجمع و دفن زباله حاصل از بناهای قدیمی و مراکز صنعتی می باشد. ناهنجاری های غلظت این عناصر در نمونه های مختلف به صورت سرب > مس > روی > کادمیوم می باشد و غلظت اکثر این عناصر بیش از مقدار پیشینه غلظت اعلام شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده است. در نهایت از سیستم GIS جهت ارزیابی کیفیت محیط زیست شهر کرمان استفاده شد.

**واژه های کلیدی:** چرخه ژئوشیمیایی، فلزات سنگین، شهر کرمان، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).

## مقدمه

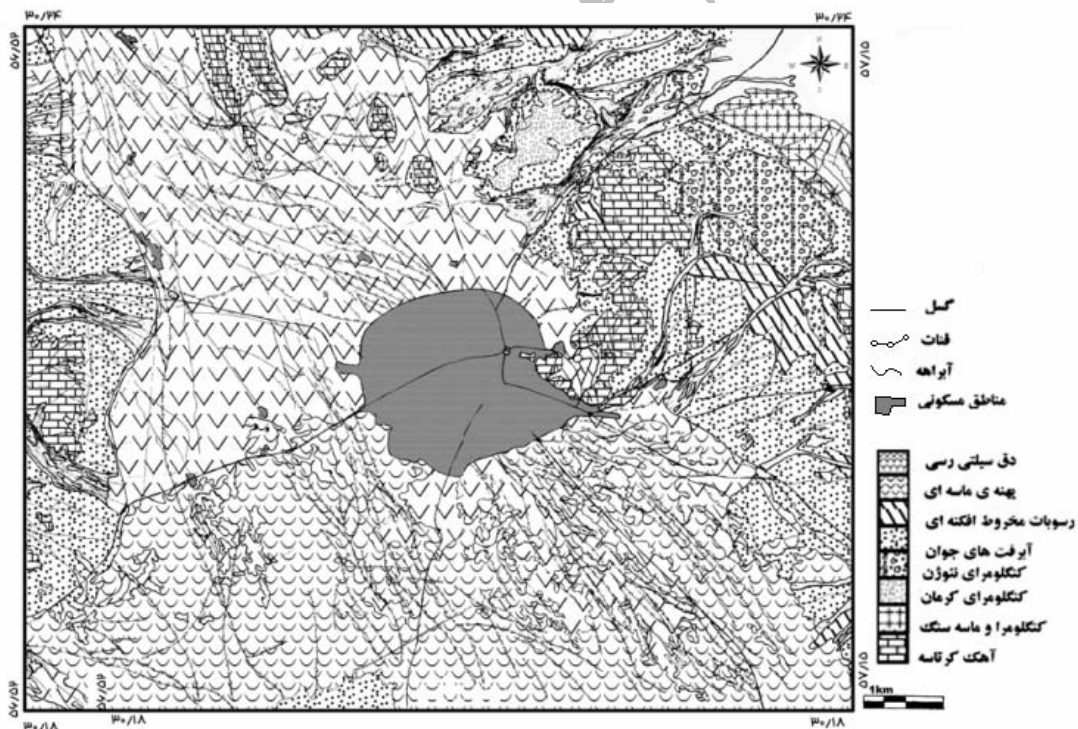
آن در شهرها یافت می شود (۴). مطالعه چرخه ژئوشیمیایی زیست محیطی در حقیقت بهترین روش برای مطالعه محیط زیست مناطق شهری به شمار می آید که شامل مطالعه نحوه انتقال گونه های ژئوشیمیایی بین محیط های مختلف مانند سنگ کره، آب کره، هواکره، زیست کره و از همه مهم تر، اثرات فعالیت های انسانی بر روی این چرخه است (۱). در حقیقت فعالیت های انسانی باعث ایجاد تغییرات در راه هائی می گردد که در آن ماده و انرژی مصرف می گردد و یا بین محیط های مختلف منتقل می شود (۵).

محدوده شهر کرمان بین عرض جغرافیایی ۳۰/۲۸-۳۰/۱۰ شمالی و طول ۵۶/۵۳-۵۷/۱۸ شرقی واقع شده است. متوسط میزان بارندگی در شهر کرمان ۱۵۸ میلی متر، رطوبت هوا ۳۱٪ و میزان درجه حرارت نیز از ۴- تا ۴۰ درجه متغیر است. جهت وزش باد نیز در اغلب اوقات از سمت شمال غرب و غرب می باشد (۶). 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 (شکل شماره ۱). در اطراف شهر کرمان رخنمون های سنگی مختلفی مانند آهکهای 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 نئوزن مشاهده می گردد. قسمت اعظم دشت کرمان بر روی رسوبات تبخیری پلایایی واقع شده است که به خصوص در قسمت های جنوبی دشت رسوبات ماسه ای بادی گسترش دارد و در حال پیشروی به سمت شهر می باشد (۷). در حد فاصل بین کوه و دشت نیز

گسترش روزافزون شهرها، رشد سریع شهر نشینی و انقلاب صنعتی باعث ایجاد اثرات فراوان زیست محیطی در داخل و اطراف شهرها گردیده است. ته نشست انواع آلاینده ها از منابع مختلف آلوده کننده، به علاوه انتقال از طریق محلول باعث آلودگی محیط های شهری به وسیله فلزات سنگین مانند سرب، روی، مس، کادمیوم و ... گردیده است (۱). پایداری زیاد این فلزات در آب، خاک و حتی بدن جانداران باعث ایجاد خطرات عمده در محیط زیست و سلامت انسان می شود. در دست داشتن اطلاعات در خصوص توزیع فلزات در محیط شهری می تواند ما را جهت مدیریت توسعه پایدار و ایجاد محیط زیست امن تر برای ساکنان شهرها کمک نماید (۲). زمین را می توان به عنوان یک کارخانه بیوژئوشیمیایی در نظر گرفت که انرژی بیرونی آن به وسیله خورشید تأمین می شود. این سامانه ترمودینامیکی باعث حرکت بادهای، جریان های اقیانوسی و چرخه های آب، خاک و هوا می گردد. آب در این سیستم به عنوان یک واکنش گر قوی مطرح می باشد. به دلیل تابش مداوم خورشید که به انرژی گرمایی تبدیل می شود، زیست کره چرخه های بیولوژیکی و مواد را به چرخه های دیگر بیوژئوشیمیایی متصل می نماید. فرسایش مکانیکی به عنوان یک آسیاب پودر کننده عمل می نماید و وجود آب باعث تسریع در فرسایش به وسیله فرسایش شیمیایی می گردد. واکنش های دیگر شامل فرایند های بیولوژیکی است که میزان دی اکسید کربن و اکسیژن جو را تنظیم می نماید (۳). مهم ترین جنبه زمین شناسی زیست محیطی، مطالعه واکنش متقابل بین انسان و فن آوری انسانی با محیط زیست می باشد که بیشترین نمود

مخازن طبیعی آن‌ها برای فهم بهتر مشکلات عدیده زیست محیطی ضروری به نظر می‌رسد (۳). به طور کلی مناطق شهری از نظر مطالعات زیست محیطی محیط‌های بسیار پیچیده‌ای می‌باشد که بررسی کامل و دقیق ژئوشیمیایی این محیط‌ها و تعیین میزان آلودگی در آن مستلزم صرف هزینه و زمان بسیار زیادی است که باید حداقل در دوره‌های زمانی ۵ ساله انجام گردد. اما تا کنون علی‌رغم اهمیت فوق‌العاده موضوع، مطالعات چندانی در این زمینه در کشور ما انجام نگرفته است. هدف از این مطالعه بررسی چرخه ژئوشیمیایی فلزات سنگینی نظیر سرب، روی، مس و کادمیوم در محیط‌های مختلف ژئوشیمیایی زیست محیطی محدوده شهر کرمان می‌باشد.

رسوبات آبرفتی وجود دارد که مرز آن‌ها را با ارتفاعات، گسل‌های فعال تشکیل می‌دهد (۸). رسوبات پلایایی حاصل تخریب شیمیایی و رسوبات بادی حاصل تخریب مکانیکی این آبرفت‌ها می‌باشد (۷). ارتفاع متوسط دشت از سطح دریا ۱۷۴۰ متر است (۶). در این تحقیق میزان غلظت تعدادی از فلزات سنگین به علاوه برخی عوامل کیفیت آب (در محیط‌های آبی) در محیط‌های مختلف ژئوشیمیایی مربوط به محدوده شهر کرمان و نحوه انتشار و انتقال این آلاینده‌ها بین این محیط‌ها و نقش فعالیت‌های انسانی در غلظت آلاینده‌ها در محدوده شهر کرمان بررسی گردید. آلودگی‌های انسان‌زاد این محیط‌ها فقط زمانی مشخص می‌گردد که میزان طبیعی و یا مقدار مجاز عناصر در محیط‌های مختلف ژئوشیمیایی در دست باشد. بنابراین دانستن چرخه‌های طبیعی و انسانی این عناصر و اندازه



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی محدوده شهر کرمان

#### روش بررسی

در هوا، ۱۹ نمونه آب (۱۴ نمونه آب زیرزمینی، ۳ نمونه آب سطحی و ۲ نمونه آب باران) و ۵۵ نمونه خاک (۳۹ نمونه خاک مناطق مسکونی و ۱۶ نمونه خاک مناطق آلاینده) می‌باشد. نمونه‌های خاک و رسوب همگی از سطح برداشته شد. تعداد ۲۶ نمونه خاک و رسوب نیز از عمق ۲۰-۱۵ سانتی متری خاک

الف- جمع‌آوری نمونه‌ها: در این تحقیق جمعاً ۱۴۲ نمونه برداشته شد که شامل ۱۱ نمونه گیاه (برگ درخت نارون)، ۵ نمونه سنگ (۴ نمونه سنگ آهک و یک نمونه کنگلومرا)، ۲۴ نمونه رسوب (۶ نمونه رسوب بادی، ۱۴ نمونه آبرفت و ۴ نمونه رسوبات پلایایی)، ۲ نمونه گرد و خاک موجود

پلاسمایی<sup>۴</sup> به کشور کانادا ارسال گردید. میزان آنیون ها و برخی دیگر عوامل کیفیت آب توسط آزمایشگاه سازمان محیط زیست کرمان اندازه گیری شد. بر روی ۵ نمونه رسوب بادی و پلایایی نیز آزمایش تفریق اشعه ایکس (XRD) جهت شناسایی کانیهای تشکیل دهنده آن ها انجام گرفت.

غلظت عناصر مختلف در محدوده شهر کرمان توسط جداول و نمودارهای مختلف بررسی و با استانداردهای جهانی مقایسه گردید. در نهایت و به منظور ایجاد درک بهتری از روند تغییرات غلظت این فلزات در محیط زیست شهری کرمان، نقشه ژئوشیمیایی زیست محیطی این فلزات سنگین در سنگ، خاک و رسوب محدوده شهر کرمان به کمک نرم افزار Arcview GIS تهیه شد.

#### نتایج

در جدول ۱ غلظت برخی فلزات سنگین در گردو خاک، سنگ و رسوبات محدوده شهر کرمان آمده است. همان طور که در جدول مشاهده می شود، غلظت اکثر این عناصر به خصوص سرب و مس در گرد و خاک شهر در مقایسه با عیار طبیعی پوسته زمین و متوسط غلظت در رسوبات اطراف شهر کرمان بسیار بالاست. در محیط های با اقلیم گرم و خشک مانند کرمان که فرسایش بادی عامل اصلی فرساینده محسوب می گردد، باد می تواند توسط فرسایش خاک مناطق آلوده، مانند زمین های خالی داخل شهر که در حال حاضر به زباله دانی تبدیل شده اند، مناطق صنعتی مانند کارخانه سیمان و صنایع جنبی مس و برخی واحد های کوچک مانند باطری سازی ها، پمپ بنزین ها و ... مقادیر زیادی آلاینده ها مانند زباله های فلزی اکسید شده، مواد سمی، فضولات انسانی و جانوری و بقایای اجساد تجزیه شده جانوران را به مناطق مختلف منتقل نماید. همچنین باغ های پسته فراوان اطراف شهر که اکثراً در جهت بالا دست باد گسترش دارد، می تواند مقادیر زیادی کودهای آلی و شیمیایی و افت کش ها را وارد

برداشته شد تا تفاوت میزان غلظت این عناصر در سطح و عمق و نقش برخی کلوئیدها در جذب این عناصر مشخص گردد. نمونه های جامد در بسته های پلاستیکی محکم و نمونه های آب در بطری های پلی اتیلن شسته شده با اسید نیتریک کاملاً خالص، جمع آوری گردید.

**ب- آماده سازی نمونه ها:** نمونه های سنگ، رسوب و خاک پس از خشک شدن در برابر نور آفتاب و آسیاب، به وسیله روش هضم<sup>۵</sup> ۳۰۵۰B (۹) به وسیله اسید نیتریک، اسید کلریدریک و آب اکسیژنه در درجه حرارت حدود ۹۵ درجه سانتی گراد در دستگاه بازیافت بخار<sup>۱</sup> هضم گردید و پس از عبور از کاغذ صافی و رسیدن به حجم معین، جهت تجزیه شیمیایی آماده گردیدند. نمونه های گیاهی نیز پس از خشک شدن در برابر نور آفتاب و خردایش توسط مخلوط ۱/۳ از اسید پرکلریک و نیتریک در دمای اتاق هضم گردیدند و پس از عبور از کاغذ صافی و رسیدن به حجم معین، جهت تجزیه شیمیایی بوسیله دستگاه جذب اتمی شعله ای آماده شدند. در مورد نمونه های آب نیز بلافاصله پس از برداشت، دما و pH آن ها اندازه گیری شد و توسط اسید نیتریک کاملاً خالص، pH آن ها به کمتر از ۲ رسید و پس از عبور از کاغذ صافی جهت تجزیه شیمیایی آماده شدند.

**ج- تجزیه شیمیایی نمونه ها:** پس از آماده سازی

نمونه ها، غلظت فلزات سنگین و کاتیون های اصلی آب در آزمایشگاه گروه محیط زیست مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی به وسیله دستگاه جذب اتمی شعله ای<sup>۲</sup> (برای نمونه های سنگ، آبرفت، خاک، گیاه) و دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی<sup>۳</sup> (برای نمونه های آب) اندازه گیری شد و تعداد ۱۱ نمونه سنگ، خاک و رسوب نیز جهت سنجش میزان صحت و هنجار سازی داده ها جهت تجزیه بروش طیف سنج جرمی

4 -Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)

1- vapor recovery device

2 -Flame atomic absorption spectrometry (FAAS)

3-Graphit furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS)

همچنین کودهای فسفاته و پتاسیم دار دارای کادمیوم، مس و جیوه است که در خاک رها می شود (۱۰). البته مهم ترین عامل افزایش سرب در گرد و خاک شهر کرمان ترافیک و حرفه های وابسته به آن است که انتظار رشد بی رویه آن در سال های آتی می رود.

هوا سازد و باعث انتشار آلاینده ها در خاک و هوا شود. استفاده مفرط از کودهای شیمیایی جهت رفع مشکلات کمبود مواد غذایی در خاک های حومه شهر کرمان نیز می تواند باعث آلودگی خاک گردد. کودهای فسفاته و پتاسیم دار می تواند حاوی مقادیری مواد رادیواکتیو مانند  $K^{40}$  و  $Ra^{226}$  باشد.

جدول ۱- غلظت برخی فلزات سنگین در گرد و خاک، سنگ و رسوبات محدوده شهر کرمان (بر حسب ppm)

عیار طبیعی در پوسته	غلظت در رسوبات بادی		غلظت در رسوبات پلایایی		غلظت در رسوبات آبرفتی		غلظت در سنگ های محدوده شهر		غلظت در گرد و خاک شهر	فلزات سنگین
	میانگین	تغییرات	میانگین	تغییرات	میانگین	تغییرات	کنگلومرای جوان	سنگ آهک		
۰/۲	۰/۲	۰/۱۴-۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۲-۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۲۹-۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۳۱	Cd
۵۵	۳۴/۵	۳۰-۳۸/۱	۳۲	۲۲/۵-۴۱	۴۱/۵	۲۴/۷-۵۴/۶	۳۶۳	۱/۷۵	۸۳	Cu
۱۲/۵	۲۰	۱۷-۲۷	۳۱/۵	۲۸-۳۵	۴۳	۱۲/۱-۸۶	۲۳۵	۱۲	۷۷	Pb
۷۰	۵۸	۴۹-۶۶	۵۸	۵۱-۶۵	۶۴	۳۹-۹۹	۳۸۵	۱۵	۱۲۰	Zn

میزان غلظت فلزات سنگین در پوسته بر اساس (۱۱) آمده است.

در رسوبات این محل ppm ۴۶۴ می باشد (۷)، که در مقایسه با عیار طبیعی آن در پوسته (ppm ۱/۸) رقم بسیار بالایی است.

آب مصرفی شهر کرمان در گذشته به وسیله قنوات متعدد موجود در دشت کرمان تأمین می شده که در حال حاضر به دلیل مصرف بی رویه آب خصوصاً در بخش کشاورزی (باغ های پسته) اکثر آن ها خشک شده و به صورت متروکه در آمده، به طوری آب دهی بیش از ۹۰٪ این قنوات کمتر از ۴۰ لیتر در ثانیه است (۶). در حال حاضر آب مصرفی شهر از طریق چاه های عمیق واقع در جنوب شهر کرمان تأمین می شود. چاه هایی که در آبرفت های حاشیه دشت حفر می شود، دارای املاح بسیار کمتری به نسبت چاه های حفر شده در دشت پلایایی می باشد که به دلیل تماس زیاد با واحدهای تبخیری و کربناتی زیر زمین دارای املاح نسبتاً بالایی است (۱۲). عمق بر خورد به آب در ابتدای دشت کرمان یعنی در جنوب آن ۹۰-۸۰ متر، در مرکز دشت ۳۵-۲۶ متر و در قسمت های خروجی دشت ۹۰-۸۴ است. با توجه به این آمار دلیل کاهش عمق آب در مرکز دشت، ورود فاضلاب های خانگی و صنعتی به آب های

آلاینده های موجود در هوا می تواند از طریق رسوب گذاری خشک (ته نشست جوی) و مرطوب (آب باران) با دیگر چرخه های ژئوشیمیایی زیست محیطی مرتبط گردد. در جدول ۲ میزان غلظت این فلزات در آب باران شهر کرمان آمده است که نسبت به میانگین جهانی آن رقم نسبتاً پایینی است. بعد از این مرحله عناصر و ترکیبات وارد چرخه آب های سطحی و زیرزمینی می شود. به دلیل خشکی زیاد شهر کرمان، میزان آب های سطحی بسیار ناچیز است. این آب ها محدود به دو جوی آب یکی در شرق شهر کرمان (ده بالا و محله سرآسیاب) و جنوب دشت کرمان می شود. نتایج تجزیه شیمیایی این آب ها در جدول ۲ آمده است. میزان آلاینده های آب در جوی آب سرآسیاب به دلیل ورود آلودگی در امتداد مسیر آن توسط زباله های ریخته شده در اطراف آن، ورود آلاینده ها در هنگام عبور جوی آب از داخل پادگان ارتش و همچنین آلودگی در ابتدای ورود به محله سرآسیاب در حوضچه تقسیم آب، نسبت به جوی دیگر بسیار بیشتر است، به طوری که غلظت سرب و روی در رسوبات کف حوضچه تقسیم آب در این محل بیش از ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. به علاوه غلظت عنصر آرسنیک

زیرزمینی توسط چاه های جذبی می باشد. کیفیت آب در ابتدای دشت (ماهان) بهتر از سایر نقاط است و در قسمت های خروجی دشت یعنی در محل کفه سیلتی رسی همراه با کانی های تبخیری، بسیار نامطلوب تر می شود، به طوری که گاهی حتی برای کشاورزی هم نامناسب می باشد (۶).

جدول ۲- غلظت برخی عوامل کیفیت آب در محیط های آبی محدوده شهر کرمان و مقایسه با استانداردهای جهانی (تمام غلظت ها برحسب ppm است به جز هدایت الکتریکی که برحسب میکروزیمنس بر سانتی متر است و pH که واحد ندارد)

مرز مجاز آب	آب های زیرزمینی		آب های جاری			آب باران		عوامل کیفیت آب
	متوسط در شهر کرمان	تغییرات در شهر کرمان	میانگین جهانی	متوسط در شهر کرمان	تغییرات در شهر کرمان	متوسط جهانی	در شهر کرمان	
آشامیدنی	آب	آب	آب	آب	آب	آب	آب	
۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲-۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱-۰/۰۰۲	-	۰/۰۰۱	Cd
۱	۰/۰۲	۰/۰۰۵-۰/۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۶-۰/۰۰۷	۰/۱	۰/۰۰۹	Cu
۰/۰۵	۰/۰۴۷	۰/۰۱-۰/۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۴۶	۰/۰۱-۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۰۵۴	Pb
۵	۰/۰۳۶	۰/۰۰۱-۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱-۰/۰۰۷	۰/۲	۰/۰۲۲	Zn
۲۰۰	۱۳۶	۳۹-۲۴۰	۱۵	۴۴/۸	۲۷/۸-۵۶/۲	۰/۰۲-۴	۰/۲	Ca <sup>2+</sup>
۱۵۰	۱۶۴	۵۵-۳۰۵	۶۳	۲۳/۹	۱۸/۶-۲۹/۳	۰/۰۰۵-۲	۰/۲۴۳	Mg <sup>2+</sup>
۲۰-۲۰۰	۳۸۰	۹۲-۵۷۷	۶/۵	۵۲/۵	۳۴-۸۰/۵	۰/۰۲-۳۰	۰/۹۲	Na <sup>+</sup>
۱۲	۲۶	۱۱/۷-۲۹	۲/۳	۱۶/۶	۱۷/۴-۱۵/۳	۰/۰۲-۲	۰/۳۹	K <sup>+</sup>
۲۵۰	-	-	۱۱/۲	۵۳/۷	۳۹/۲-۷۴	۰/۱-۳۰	۴۸/۴	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
۲۵۰	-	-	۷/۸	۶۵	۴۴/۴-۸۸/۷	۰/۲-۶۰	۵	Cl <sup>-</sup>
۱۰	-	-	-	۰/۹۵	۰/۲۹-۲	-	-	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
-	-	-	۵۸/۴	۹۴/۲	۸۴-۱۱۰	-	۷/۳۲	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
۳	-	-	-	۱/۷	۱/۶-۱/۷	-	-	BOD
-	-	-	-	۲/۴	۲/۳-۲/۵	-	-	COD
-	-	-	-	۱۶۵	۱۳۰-۱۹۰	-	۵/۷	TH
۷۵۰	۳۳۴۲	۱۲۳۰-۶۵۱۰	-	۶۲۰	۴۴۸-۹۳۶	<۱۰	۲۷	EC
۶/۵-۸/۵	۷/۳	۷/۱-۷/۸	۴-۸	۸	۷/۷-۸/۵	۵/۶	۶/۸	pH
۵۰۰	۲۱۴۲	۷۸۷-۴۱۶۶	-	۴۰۰	۲۸۷-۶۰۰	-	۳۴/۸	TDS

میزان غلظت طبیعی عوامل مختلف در آب های جاری و حد مجاز آب های آشامیدنی بر اساس (۱۳) آمده است.

طوری که در محله بداغ آباد سطح آب زیرزمینی تا نزدیک سطح زمین (عمق کمتر از ۱۰ متر) رسیده و باعث ایجاد خساراتی به سازه های شهری و مهندسی گردیده است. میزان عناصر و املاح مختلف در آب های زیرزمینی شهر کرمان در جدول ۲ آمده است. با توجه به ضرایب همبستگی عناصر مختلف با املاح آب می توان گفت به جز کادمیوم که دارای

فاضلاب های خانگی، آب شویه های مناطق مسکونی و خیابان ها، آب آلوده به فاضلاب کارخانجات و تأسیسات بهداشتی و زباله های شهری را می توان از مهم ترین منابع آلاینده آب زیرزمینی شهر کرمان دانست. در شهر کرمان به دلیل نبود سیستم تخلیه فاضلاب و استفاده از چاه های جذبی سطح آب زیرزمینی شهر کرمان در حال بالا آمدن است، به

خاک در محیط های شهری به عنوان یکی از مهم ترین محیط های ژئوشیمیایی است که اثرات مستقیم و غیر مستقیم زیادی بر محیط زیست شهرها و سلامتی ساکنان آن دارد. خاک به عنوان یکی از اجزای مهم محیط زیست، مهم ترین دریافت کننده پسمان های صنعتی و کشاورزی است. این مواد به محض ورود به خاک جزئی از چرخه ای می شود که به صورت های گوناگون حیات را تحت تأثیر قرار می دهد (۴). در جدول ۳ میزان برخی فلزات سنگین در خاک های مختلف شهر کرمان آمده است. با توجه به ضریب همبستگی پایین این عناصر می توان نتیجه گرفت اکثر غلظت این عناصر مربوط به آلودگی انسانی است. مهم ترین منابع آلودگی خاک در شهر کرمان عبارتند از ترافیک وسایل نقلیه موتوری، منابع خانگی، منابع کشاورزی، واحدهای تولیدی و صنعتی و جمع آوری و انباشت غیر بهداشتی زباله ها. آلاینده های حاصل از استهلاک قطعات ماشین نیز منبع دیگر آلودگی خاک است که کمتر بدان توجه شده است. در شهر ها فلزات سنگینی مانند سرب که از بنزین حاوی سرب می آید، مس، روی و کادمیوم که از استهلاک قطعات ماشین مانند سایش لاستیک ها، لنت ها و روغن موتور در جو رها می شود، از منابع مهم آلودگی خاک در محیط های شهری می باشد (۱۵). علاوه بر آلودگی های مستقیم حاصل از ترافیک، واحدهائی مانند پمپ بنزین ها، تعویض روغنی ها، باطری سازی ها و نقاشی و صافکاری اتومبیل نیز که به طور غیر مستقیم با ترافیک در ارتباط اند نیز از منابع بسیار مهم آلودگی خاک های شهری به شمار می روند. غبار حاصل از مراکز تولید آهک، گچ و سیمان می تواند علاوه بر آزاد سازی عناصر خطرناک (به خصوص در مورد سیمان) باعث مسدود شدن تدریجی خلل و فرج سطح خاک و بروز اختلال در تهویه خاک شود. ریخت و پاش هایی که هنگام سوخت رسانی به واحدهای تولیدی انجام می گیرد، انباشت غیر اصولی مواد اولیه و باطله های معدنی هر کدام می تواند باعث آلودگی محلی خاک شود (۱۰). با توجه به جدول ۳ می توان مشاهده نمود که برخی واحدهای مرتبط با ترافیک شهر کرمان

ضریب همبستگی ۰/۷۶۳ با کل جامد محلول (TDS)، است عناصر سرب، روی و مس دارای همبستگی ضعیفی با املاح آب هستند که بیانگر ورود از طریق آلودگی است. به طور مثال غلظت سرب در آب زیرزمینی محل پمپ بنزین شهید رجایی ۰/۱۳ میلی گرم در لیتر می باشد که بیانگر ورود بنزین به سفره آب زیرزمینی محل است. البته نباید از نقش کلوئید های خاک به خصوص کانی های رسی در خاک های شهر کرمان که باعث جذب این عناصر و جلوگیری از ورود زیاد آن ها به آب های زیرزمینی می شود، به سادگی گذشت.

چرخه سنگ و رسوب تأمین کننده مقادیر طبیعی عناصر در محیط های مختلف می باشد. همان طوری که گفته شد، قسمت اعظم رخنمون های سنگی اطراف شهر کرمان را سنگ های آهکی تشکیل می دهد. از دیدگاه ژئوشیمیایی سنگ های آهکی محیط مناسبی برای تمرکز اکثر عناصر نمی باشد (۱۴)، لذا غلظت عناصر مورد نظر در این سنگ ها بسیار ناچیز است (جدول ۱). قسمتی از رخنمون های سنگی اطراف شهر نیز مربوط به کنگلومرای جوان می باشد. میزان فراوان اکسیدهای آلومینیوم، آهن، سیلیسیوم و عناصر قلیایی مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بیانگر وجود کانی های رسی فراوان به عنوان سیمان و یا قطعات آواری در این سنگ ها است که جایگاه مناسبی برای تمرکز فلزات سنگین می باشد (۷). البته این رخساره سنگی به دلیل گسترش کم و دوری از شهر نقش چندانی در تغییر غلظت عناصر در رسوبات و خاک های شهر کرمان ندارد. همان طور که گفته شد رسوبات محدوده شهر کرمان شامل رسوبات تبخیری پلایایی، آبرفتی و بادی می باشد و قسمت اعظم شهر کرمان بر روی رسوبات تبخیری بنا شده است که حاصل تخریب شیمیایی رسوبات آبرفتی می باشد. این آبرفت ها نیز در اثر فرسایش سنگ های آهکی اطراف شهر ایجاد شده است. در جدول ۱ غلظت عناصر انتخابی در رسوبات مختلف شهر کرمان آمده است. pH بالا و مقادیر زیاد کانی های رسی در این رسوبات باعث تحرک کم فلزات سنگین در این محیط ها شده است.

توانایی بالا بردن غلظت اکثر فلزات سنگین (مخصوصاً سرب و مس) تا حد ۱۰۰-۱۰۰۰ برابر عیار طبیعی را دارند.

جدول ۳- غلظت برخی فلزات سنگین در خاک های مختلف محدوده شهر کرمان (بر حسب ppm)

Zn	Pb	Cu	Cd		
۴۲-۲۵۲	۴۴-۲۳۳	۳۹-۱۰۴/۵	۰/۲۶-۰/۳۷	تغییرات در شهر کرمان	غلظت در مناطق مسکونی و پارک ها
۱۳۲	۹۶/۵	۶۷	۰/۳۲	متوسط در شهر کرمان	
۵۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۲	میانگین جهانی غلظت در شهرها	
۱۶۳-۱۶۹	۴۹-۶۰	۴۵-۵۰	۰/۲۶-۰/۲۹	تغییرات در شهر کرمان	غلظت در خاک های کشاورزی
۱۶۶	۵۴/۵	۴۸/۹۵	۰/۲۷۵	متوسط در شهر کرمان	
۶۰۰	۳۷۵	۱۵۰	۳	متوسط جهانی خاک های زراعی	
۶۴-۱۰۸	۸۵-۱۲۴۷	۲۳-۱۲۷	۰/۲۴-۰/۴	تغییرات	غلظت در خاک های مقابل پمپ بنزین
۷۵	۴۴۳	۶۴	۰/۳۳	متوسط	
۴۵-۳۱۸	۷۳-۴۵۳	۵۴-۱۵۸	۰/۳۳-۰/۵۱	تغییرات	غلظت در خاک های مقابل تعویض روغنی
۱۲۵	۱۹۳	۸۷	۰/۴۲	متوسط	
۵۹-۱۸۳	۲۰۵-۱۴۶۸	۳۳۱-۸۵۴	۰/۲-۰/۴۶	تغییرات	غلظت در خاک های مقابل نقاشی اتومبیل
۱۰۰	۶۴۰	۵۸۶	۰/۳۱	متوسط	
۷۰-۴۷۹	۵۷۸۰-۳۵۲۰	۵۳۲-۷۵۳	۰/۴۷-۰/۹۸	تغییرات	غلظت در خاک های مقابل باتری سازی
۳۳۷	۴۷۰۰	۶۴۳	۰/۷۴	متوسط	
۶۰	۲۵	۳۰	۰/۵		عیار طبیعی در خاک

میانگین جهانی غلظت در شهرها بر اساس (۱۳) آمده است.

از طریق گرد و خاک و یا باران نیز مستقیماً از طریق برگ جذب گیاه شوند.

#### تفسیر نتایج

هوا را می توان آغازگر چرخه ژئوشیمیایی برشمرد. در شهرها فعالیت های انسانی متعدد مانند احتراق سوخت های فسیلی، فعالیت های صنعتی و اتومبیل ها می تواند هوا را آلوده سازد. این آلودگی ها می تواند به طور غیر مستقیم از طریق آلودگی خاک و انتشار این آلودگی ها توسط باد به صورت هواویزه به خصوص در شهر های گرم و خشک مانند کرمان وارد هوا گردد. مهم ترین دلیل پائین بودن غلظت فلزات سنگین در آب باران شهر کرمان انحلال پذیری کم این عناصر در آب باران شهر به دلیل pH بالای آن است که این امر به نوبه خود به خاطر وجود املاح قلیایی فراوان در آب باران است. دلیل بالا بودن املاح آب باران وجود مقادیر زیاد این املاح در هوا در اثر

در این تحقیق تعدادی نمونه از برگ درخت نارون جمع آوری گردید که بیشترین فراوانی را در خیابان های شهر دارد. بر این اساس متوسط غلظت سرب، روی، مس و کادمیوم در برگ درخت نارون به ترتیب ۱۴/۶، ۹۰، ۲۷ و ۰/۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه شد. با مقایسه این غلظت ها با عیار متوسط این عناصر در خاک های شهر کرمان عامل انتقال یعنی میزان عنصر در گیاه تقسیم بر میزان همان عنصر در خاکی که گیاه در آن روئیده است، محاسبه گردید که برای عناصر یاد شده به ترتیب ۰/۱۵، ۱/۲۵، ۰/۴ و ۰/۵۳ برآورد شد. با توجه به عامل انتقال مشاهده می شود به جز عنصر روی که یک عنصر اساسی برای گیاهان به حساب می آید، مقدار دیگر عناصر در خاک بیش از برگ درخت نارون می باشد. این بدان معناست که درخت نارون تمایل چندانی برای جذب این عناصر از خود نشان نمی دهد. لازم به ذکر است که عناصر می توانند



فاضلاب در این واحد غیر قابل توجه است (۷). احتمال آلودگی آب زیرزمینی توسط سنگ بستر بسیار ناچیز می باشد زیرا بر اساس مطالعات انجام شده، سنگ بستر شهر کرمان در اکثر نقاط آهکی است (۱۶) که میزان فلزات سنگین در آن به طور طبیعی کم می باشد. آلودگی آب های سطحی به دلیل ریختن زباله در مسیر جوی آب سرآسیاب و در محل حوضچه آب می باشد. غلظت املاح آب مانند کاتیون های کلسیم، منیزیم و سدیم و آنیون های کلر، بیکربنات و از همه مهم تر سولفات به دلیل طبیعت زمین شناسی منطقه ( وجود سنگ های کربناتی و رسوبات تبخیری پلایایی حاوی کانی های ژیپس، کلسیت و نمک) نسبتاً زیاد می باشد. در محل حوضچه تقسیم آب در ابتدای محله سرآسیاب جایی که میزان عنصر سرب و روی در رسوبات کف آن بسیار بالاست (بیش از ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، غلظت سرب در آب ۰/۱۲ میلی گرم بر لیتر است.

در میان فلزات سنگین که باعث ایجاد نگرانی های عمده زیست محیطی در اکثر نقاط دنیا گردیده، عنصر سرب بیشترین تحقیقات زیست محیطی را به خود اختصاص داده است و در محدوده مورد مطالعه نیز دارای بیشترین ناهنجاری می باشد. از میان منابع مختلف آلاینده سرب به خصوص در محیط های شهری انتشار ذرات سرب حاصل از ترافیک بیشترین سهم را داراست. تخمین زده شده است که بیش از ۹۰٪ سرب موجود در هوای محیط های شهری بواسطه استفاده از بنزین هائی است که حاوی سرب است و غلظت آن در محیط های مختلف ژئوشیمیائی شهر ها شدیداً بستگی به ترافیک دارد (۳). میزان انتشار سرب توسط پیکان بنزین سوز ۰/۰۹ گرم بر کیلومتر است (۱۷). در شهر کرمان مهم ترین عامل افزایش فلزات سنگین در خاک به خصوص سرب، مس و روی، ترافیک و فعالیت های وابسته به آن مانند پمپ بنزین ها، باطری سازی ها، تعویض روغنی ها و نقاشی و صافکاری اتومبیل است. الکترودهای یک باطری واقعی شامل یک شاختمان غیر فعال محافظ بنام شبکه است. این ساختمان از یک آلیاژ سرب شامل ۹۳٪ سرب و ۷٪ آنتیموان تشکیل یافته که یک محافظ مکانیکی را برای اجزای فعال باطری و یک مسیر برای جریان

فرسایش بادی شدید محیط های پلایایی دشت کرمان می باشد. البته این املاح به خصوص آنیون سولفات می تواند از طریق فعالیت های انسانی مانند کارخانه سیمان و یا واحد های متعدد تولیدی گچ و آهک و معادن سنگ تزئینی جاده سعیدی وارد هوا شود (جدول ۲). دلیل دیگر کمبود فلزات سنگین در آب باران، کمبود این عناصر در محیط های مختلف به خاطر کم توسعه یافتگی شهر کرمان به نسبت میانگین جهانی است.

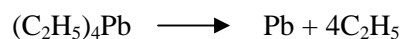
در چرخه آب شناسی محدوده شهر کرمان میزان کادمیوم در اکثر نمونه ها در حد عیار طبیعی است. با توجه به همبستگی نسبتاً زیاد عنصر کادمیوم با کل جامد محلول (TDS) در آب جوی در شرق شهر کرمان (۳=۰/۹۹۸) می توان منشأ این عنصر را به انحلال واحدهای سنگی (شیل و کنگلومرا) و آبرفتی بالادست آن نسبت داد. مقدار مس و روی هم در اکثر نمونه های آب سطحی و زیرزمینی ( به جز در آب زیرزمینی محل پمپ بنزین شهید رجائی) در حد طبیعی است. غلظت سرب در نمونه های آب زیرزمینی در بسیاری نقاط ناهنجاری هائی را نشان می دهد که به دلیل ورود از طریق آلاینده های انسانی مانند بنزین (در پمپ بنزین شهید رجایی) و احتمالاً ورود فاضلاب های خانگی و صنعتی به آب های زیرزمینی است. در عین حال باید خاطر نشان ساخت که فاضلاب تعدادی از بیمارستان ها نیز (مانند بیمارستان شفا، ارجمند کرمانی و شهیدباهنر شماره ۳) به چاه های فاضلابی که در داخل محوطه بیمارستان حفر گردیده، تخلیه می شود که این امر خطر آلودگی میکروبیولوژیکی منابع آب زیرزمینی را به شدت افزایش می دهد (۱۰). فاضلاب بسیار واحدهای تولیدی و صنعتی نیز بدون تصفیه وارد زمین می شود. به طور مثال در کشتارگاه کرمان طبق آمار سال ۱۳۷۴، روزانه ۱۰۰ رأس گاو و حدود ۱۰۰۰ رأس گوسفند ذبح می شوند. مقدار مصرف روزانه آب در این واحد بین ۱۵۰-۱۳۰ هزار لیتر (به ازای هر رأس حدود ۴۰۰ لیتر) برآورد گردیده که تقریباً ۱۰٪ آن به فاضلاب تبدیل شده و نیازمند تصفیه اساسی می باشد. با توجه به این که بار آلودگی فاضلاب کشتارگاه بسیار بالاست (BOD<sub>5</sub> آن متجاوز از ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد) عدم تصفیه

گرم در لیتر را بی ضرر می دانند (۲۰). اما این مقدار در برخی کشورهای کمتر توسعه یافته همچنان بیش از این میزان می باشد. بطور مثال در بحرین میزان سرب بنزین ۰/۸۴ می باشد (۲۱). در ایران بر اساس عملکرد پالایشگاه های کشور در سال ۱۳۷۹ مقدار سرب بنزین ۰/۵۵ گرم در لیتر بوده است (۲۲).

در مقایسه با وسایل نقلیه بنزین سوز، خودروهای دیزلی دوده و بوی زننده بیشتری در محیط پخش می کنند. ذرات دوده معمولاً حاوی هیدروکربورهای حلقوی و معطر است که در بین این ترکیبات، مواد سرطان زای بسیاری از جمله بنزوپیرن وجود دارد. بنزول نیز که ترکیبی معطر می باشد، در گازهای خروجی خودروهای بنزینی یافت شده و قادر است ساختمان خون را تغییر داده و در مواردی ایجاد لوسمی (سرطان خون) نماید (۲۳). لازم به یادآوری است که تخلیه مواد آلاینده در هوا توسط آگزوز خودروها در محدوده ای از فضا صورت می گیرد که در آن محدوده، مستقیماً بر دستگاه تنفسی انسان اثر می گذارد. در محیط های گرم و خشک مانند شهر کرمان میزان استهلاک و فرسایش قطعات خودرو مانند لاستیک ها بیشتر از دیگر مناطق می باشد که از این طریق می تواند غلظت بیشتری از آلاینده ها را وارد هوای شهر سازد. ترکیبات فلزی موجود در هوای شهرها در اشکال گوناگونی یافت می شود. به جز برخی استثنا ها این عناصر اغلب در فاز ذرات معلق تمرکز می یابد. از این میان ذرات با قطر  $1-0.1 \mu m$  خیلی آرام ته نشین می شود و مدت زمان زیادی در هوا بصورت معلق باقی می ماند. ذرات کوچک (به خصوص ذرات با قطر  $1 \mu m <$ ) می تواند در هنگام تنفس تا اعماق سیستم تنفسی انسان وارد شود (۲۳).

هنگامی که به خاک نقش پذیرنده مقادیر هنگفتی از مواد آلاینده مانند فاضلاب انسانی داده می شود، به دلیل دارا بودن توان محدود در تصفیه و پاکسازی طبیعی، توان خود پالایی خاک در هم می شکنند. از طرف دیگر خاک در شهر به صورت کاملاً فشرده درآمده و سطح آن به وسیله ی مصالح ساختمانی حاصل از خانه ها، خیابان ها، پیاده روها و ... پوشیده شده و تهویه ی خاک را مختل می سازد (۲۴). غلظت فلزات

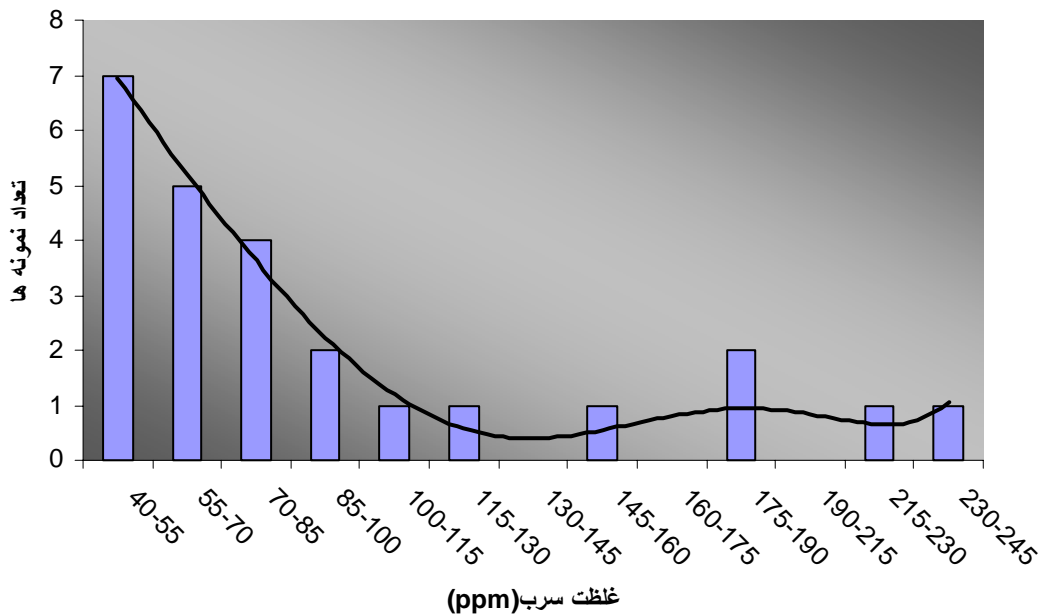
الکتریکی فراهم می سازد. ترکیبات سرب به عنوان رنگدانه های رنگ نیز به کار می رود زیرا دارای حلالیت کم در آب و قدرت پوشاندگی خوب است و در گستره ای از رنگ ها وجود دارد. سرب سفید  $(Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3)$  بیشترین مورد استفاده را دارد. سرب قرمز  $(Pb_3O_4)$  یک پودر قرمز روشن است که به عنوان رنگدانه در رنگ های ضد زنگ به کار می رود. رنگ زرد به خاطر داخل شدن زرد کروم  $(PbCrO_4)$  در فرمول های رنگی به دست می آید (۱۸). با توجه به جدول ۳ منشأ های نقطه ای آلودگی زیست محیطی می تواند نقش قابل توجهی در بالا بردن غلظت عناصر مسمومیت زا در خاک و دیگر محیط های ژئوشیمی زیست محیطی داشته باشد. این واحدها به طور غیریکنواخت در سطح شهر پراکنده شده است به طوری که در انتهای خیابان سرباز و پایانه مسافری و تا حدودی در بلوار شهید صدوقی (جاده تهران) تمرکز این واحدها بسیار بالاست. در شهر کرمان نیز بیشترین غلظت های سرب صرف نظر از برخی مناطق آلاینده محلی در حاشیه خیابان های شهر مشاهده می شود. تحقیقاتی که در این زمینه انجام یافته است نشان می دهد که ذرات درشت سرب خارج شده از اتومبیل ها بیشتر در کنار جاده و تا شعاع کمتر از ۱۰۰ متری رسوب کرده، اما ذرات ریز سرب وارد هوا شده و نهایتاً توسط باران و برف بر سطح خاک فرود می آید (۱۹). نشر سرب به اتمسفر به دو صورت ترکیبات ذره ای و ترکیبات گازی انجام می گیرد. منبع سرب از احتراق بنزین شامل تترااتیل سرب  $(Pb(C_2H_5)_4)$  و تترامتیل سرب  $(Pb(CH_3)_4)$  که خاصیت ضد ضربه دارد، می باشد (۱۹). تترامتیل سرب و تترااتیل سرب در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد به سرب فلزی و رادیکال های الکیل تفکیک می شوند (۱۹).



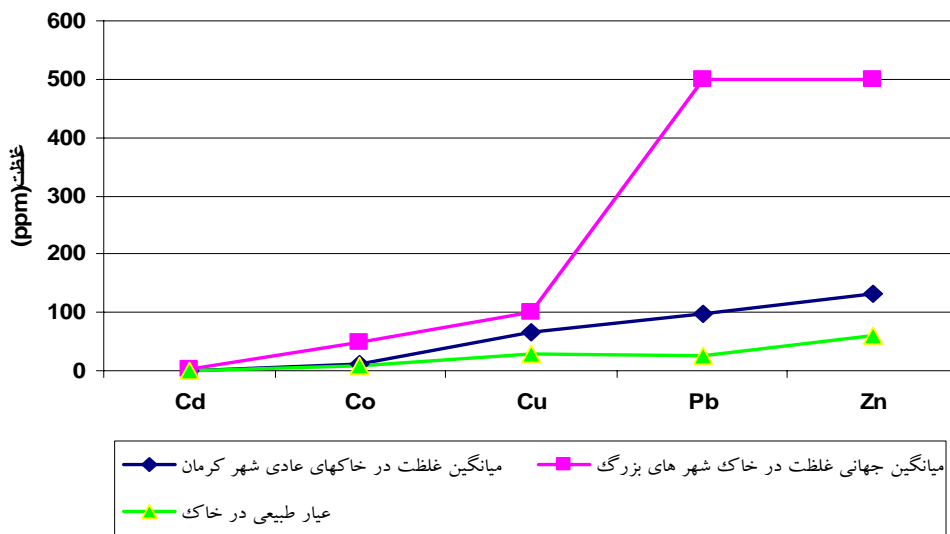
به دلیل خطراتی که سرب خارج شده از آگزوز وسایل نقلیه در آلودگی محیط زیست و سلامت انسان دارد، آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده، برنامه کاهش غلظت سرب در بنزین را به حداکثر ۰/۱۳ گرم در لیتر بنزین را از ژانویه ۱۹۷۹ به اجرا در آورده است. برخی کشورهای اروپایی حد ۰/۴

و جامد که در آن فلزات سنگین جذب کلونیدهای خاک شده است، می تواند انجام شود. مهاجرت این عناصر همچنین به خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مربوط است که این خواص خود به خواصی از خاک از قبیل اسیدیته، اجزای هیومیک و کانی های آن، ساختار افق های خاک، ترکیب و اندازه دانه های خاک، توانایی جذب، فراوانی میکروارگانیزم ها و از همه مهم تر آب مربوط می باشد و در نهایت انحلال این عناصر سمی بوسیله ی انحلال پذیری اشکال مختلف شیمیایی آن ها و توانایی جذب عناصر توسط خاک کنترل می شود. در این جا نقش کلونیدهایی مانند رس ها، اکسیدهای آهن و منگنز و ترکیبات آلی که نقش بسیار مهمی در جذب این عناصر مسمومیت زا و تصفیه ی طبیعی آب ها دارد را نمی توان نادیده گرفت (۷). گونه ها و نسبت های مختلف کانی های رسی در افق های مختلف خاک در دشت کرمان باعث ایجاد ظرفیت تبادل کاتیونی  $m.Eq/100gr$  ۳۵ گردیده است (۱۲). تحقیقات ایشان به وسیله اشعه ایکس نشان دهنده حضور ۲۵٪ مونتموریونیت، ۱۰٪ کلریت، ۵۰٪ میکا، ۱۵٪ کائولینیت و مقادیر کمی کوارتز، فلدسپار و کلسیت در برخی نقاط از خاک های محدوده شهر کرمان است که می تواند در جذب عناصر آلاینده و بالا بردن قدرت بافری خاک نقش زیادی داشته باشد. به طوری که بر اساس تجزیه های انجام یافته در این تحقیق مشخص گردید که غلظت سرب، روی، مس و کادمیوم در سطح حدود ۲-۳ برابر غلظت آن ها در عمق حدود ۲۰ سانتی متری می باشد. آزمایش برخی نمونه های رسوب بادی و پلایایی به روش تفریق اشعه ایکس در این تحقیق نیز بیانگر وجود کانی های کلسیت، ژیپس و نمک و کانی های فراوان رسی در این نمونه هاست.

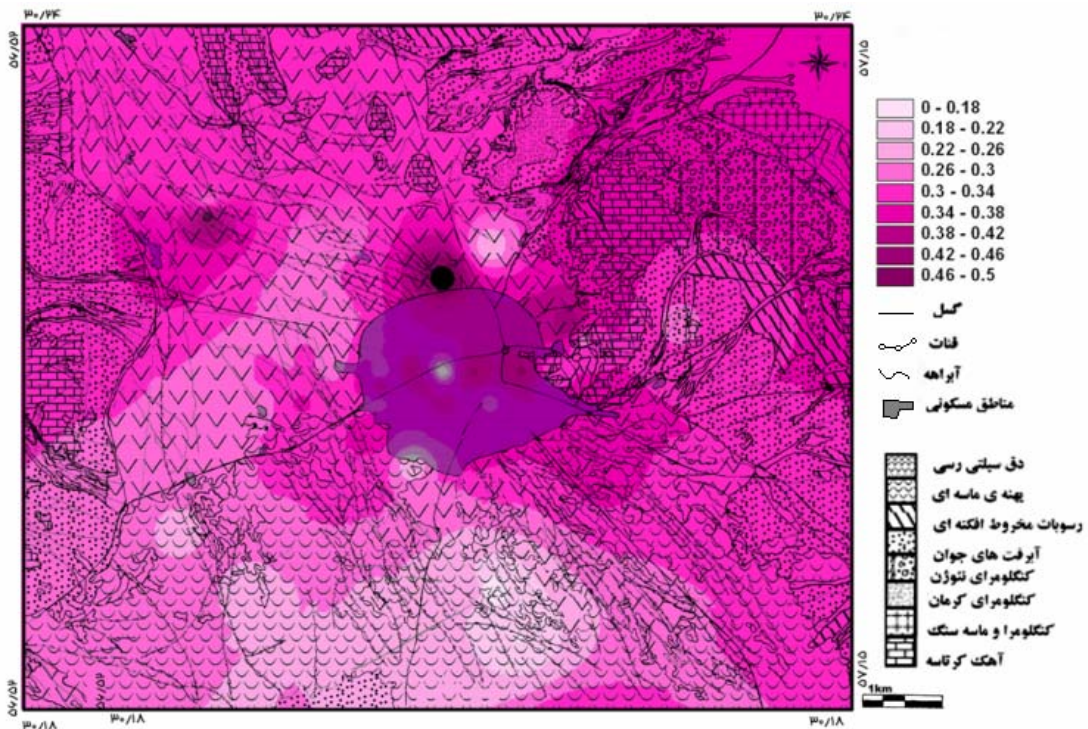
سنگین در خاک های محدوده شهر کرمان به دلیل محدوده وسیع غلظت آن ها (از حدود ۵۰۰۰-۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم) در گروه های مختلف خاک مانند خاک های مناطق مسکونی و پارک ها، خاک های مناطق کشاورزی حاشیه شهر (به خصوص باغات پسته) و در نهایت در مناطق آلاینده مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، بیشترین ناهنجاری ها مربوط به عنصر سرب می باشد که حتی در خاک های عادی شهر (بدون در نظر گرفتن مناطق آلاینده) مقدار آن در حدود ۱۰-۲ برابر عیار طبیعی آن در خاک می باشد. با توجه به نمودار ۱ در اکثر نمونه ها، غلظت سرب در حد ۲-۳ برابر عیار عادی است. فلزات سنگین مس، روی و کادمیوم از این لحاظ در رده های بعدی قرار دارند. با توجه به نمودار ۲ می توان مشاهده نمود که غلظت کادمیوم در حد طبیعی است اما غلظت سرب، مس و روی بیش از عیار طبیعی می باشد. اما با این حال این مقادیر به میزان قابل توجهی کمتر از غلظت در شهرهای بزرگ جهان است که به علت کم توسعه یافتگی شهر کرمان به نسبت شهرهای صنعتی جهان است. غلظت این فلزات در خاک های مناطق کشاورزی اطراف شهر به دلیل دوری نسبی از مناطق آلاینده در حد پایین تری قرار دارد. میزان این آلاینده ها در مناطق آلاینده مانند پمپ بنزین ها و باطری سازی ها ناهنجاری بسیار بالایی نشان می دهد. این مناطق می تواند بوسیله باد و یا آب، فلزات سنگین را به نقاط دیگر منتقل نماید. مهاجرت افقی و یا عمودی فلزات سنگین در خاک شهرها از جمله کرمان به طور کلی بستگی به میزان رواناب سطحی مانند آب موجود در جوی های آب اطراف خیابان دارد که منجر به حرکت این عناصر از محیط های آلاینده نقطه ای بصورت محلول یونی و یا بار معلق



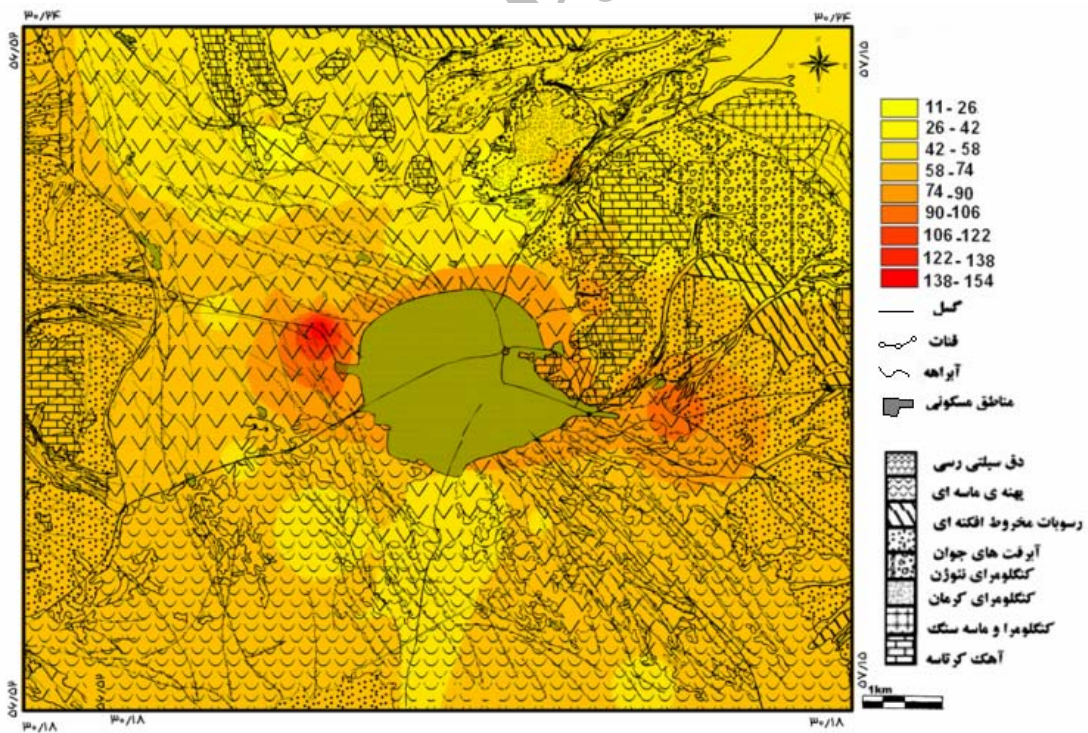
نمودار ۱- میزان فراوانی سرب در خاک های عادی شهر کرمان (بدون در نظر گرفتن مناطق آلاینده)



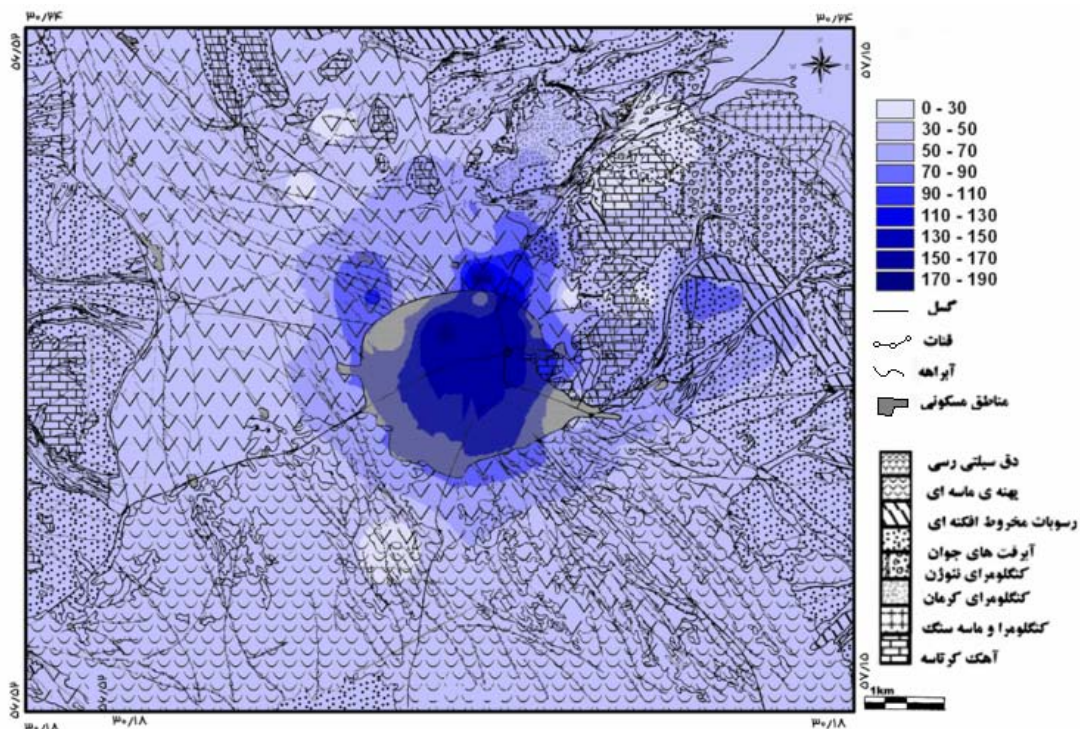
نمودار ۲- مقایسه غلظت برخی فلزات سنگین در خاک های عادی شهر (بدون در نظر گرفتن مناطق آلاینده) با عیار طبیعی خاک و عیار در شهرهای بزرگ جهان



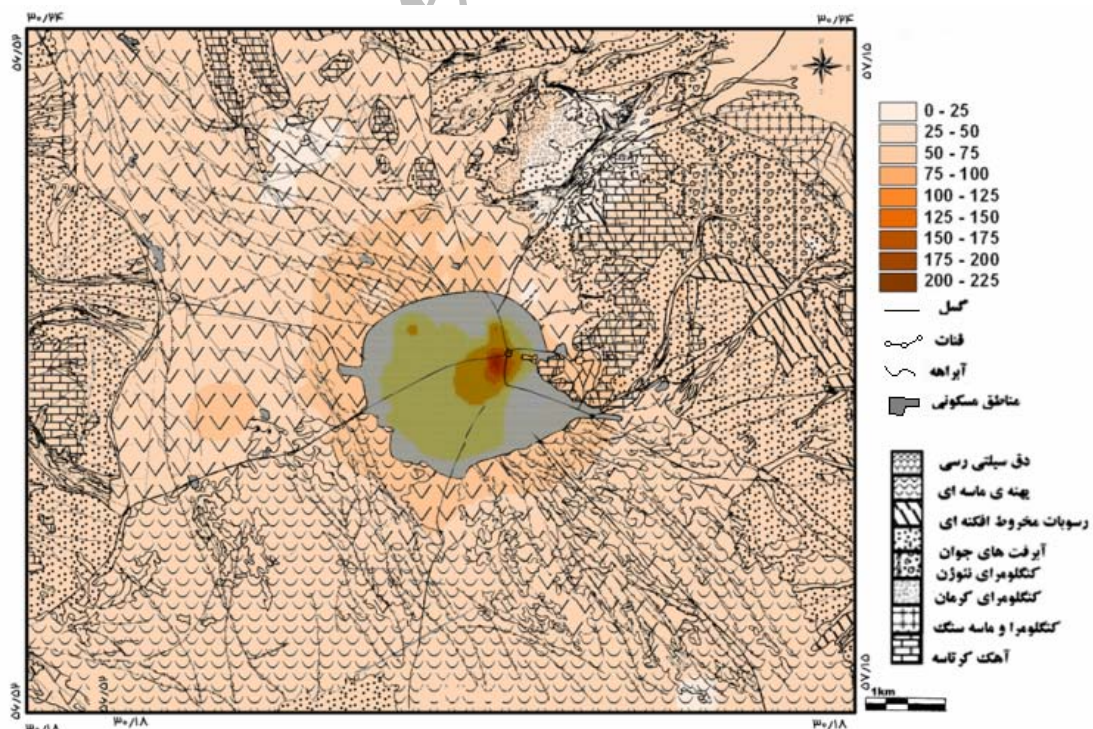
شکل ۲- نقشه ژئوشیمیایی عنصر کادمیوم در خاک های محدوده شهر کرمان (عیار طبیعی ۵ppm)



شکل ۶- نقشه ژئوشیمیایی عنصر روی در خاک های محدوده شهر کرمان (عیار طبیعی ۸۰ppm)



شکل ۴- نقشه ژئوشیمیایی عنصر سرب در خاک های محدوده شهر کرمان (عیار طبیعی ۲۵ppm)



شکل ۳- نقشه ژئوشیمیایی عنصر مس در خاک های محدوده شهر کرمان (عیار طبیعی ۵۵ppm)

واحدهای خدماتی وابسته به خودرو مانند پمپ بنزین و ... استفاده نمود. جهت کنترل آلودگی آب و یا خاک در شهر کرمان می بایست با بررسی نوع و میزان آلودگی و همچنین محیط آن از روش های مناسب پاکسازی استفاده کرد. در جهت رفع آلودگی های موجود در خاک شهر نیز می توان از روش های جذب آلاینده های خاک مانند به کار گیری ترکیبات فسفر (۲۷) و یا کلوئیدهای طبیعی و همچنین زغال فعال استفاده نمود (۲۸). به طور مثال می توان با سوزاندن شاخ و برگ های درختان ریخته شده در پای درختان در سطح شهر (بجای جمع آوری و ریختن در محل دفن زباله) علاوه بر، برگرداندن مجدد مواد غذایی به گیاهان، باعث جذب بسیاری از آلاینده ها در خاک شد. در این مورد می توان از پاک سازی توسط گیاهان<sup>۱</sup> نیز بهره برد (۲۹). همچنین می بایست با تشویق صاحبان مراکز آلاینده جهت نگره داری و یا بازیافت این مواد مانند روغن ماشین و آب باطری ها، از ریختن این مواد به داخل جوی آب جلوگیری نمود. برای جلوگیری از نشت آب شویه محل دفن زباله شهر کرمان، می توان از رسوبات بادی جنوب دشت کرمان و حتی مقداری رسوبات بادی در خود محل (جاده کوهپایه) جهت عایق سازی کف محل استفاده کرد. در شهر کرمان زمین های خالی و بلا تکلیف زیادی وجود دارد که می توان از آن ها جهت ساخت و ساز شهرک های جدید و جلوگیری از رشد جانبی شهر، ایجاد فضای سبز و راه اندازی مراکز تصفیه فاضلاب و بازیافت مواد زاید استفاده نمود. تأسیس هرچه سریع تر شبکه جمع آوری و تصفیه ی فاضلاب شهری جهت پایین نگه داشتن سطح آب زیرزمینی در شهر و جلوگیری از وارد آمدن خسارت به ساختمان ها و آلودگی آب های زیرزمینی، لازم است. بهتر است که به دلیل اختلاف ارتفاع کم دو سر شهر کرمان، در حومه شهر چند ایستگاه تصفیه فاضلاب تعبیه گردد که فاضلاب را برای اهداف مختلف تصفیه نماید (به طور مثال برای آبیاری پارک های داخل شهر و یا مصارفی مانند شستن حیاط خانه، آبیاری باغچه ها و غیره). احداث متروی زیرزمینی و یا قطار شهری برقی جهت کنترل

هدف نهایی مطالعات زیست محیطی تهیه نقشه های ژئوشیمیایی زیست محیطی است. با توجه به نقشه های هم غلظت برخی فلزات سنگین در محدوده شهر کرمان می توان گفت که تقریباً غلظت تمامی این عناصر در خاک ها و رسوبات اطراف شهر در حد طبیعی است، اما هرچه از حاشیه به سمت مرکز شهر پیش می رویم غلظت این عناصر به جز کادمیوم و تا حدودی روی، به شدت افزایش می یابد. چون شهر ها محیط های بسیار پیچیده ای از نظر زیست محیطی و تمرکز فلزات سنگین می باشد، جهت تهیه نقشه ژئوشیمیایی بسیار دقیق از تمامی سطح شهر می بایست نمونه های بسیار زیادی در فواصل بسیار کوتاه برداشته شود که با توجه به حجم فوق العاده کار و امکانات موجود این امکان پذیر نیست. لازم به ذکر است که عیار عادی این عناصر در محیط های مختلف بر اساس داده های (۲۵) و (۲۶) می باشد. با توجه به این نقشه ها مشاهده می شود که غلظت کادمیوم در اکثر نقاط در حد عیار طبیعی و یا کمتر از آن است که به علت میزان بسیار کم آن در سنگ ها و به نوبه خود خاک های محدوده شهر کرمان می باشد. غلظت روی نیز در برخی نقاط کشاورزی به دلیل استفاده از کود ناهنجاری نشان می دهد. افزایش زیاد عیار سرب و مس از حاشیه به سمت مرکز شهر نیز به دلایل ذکر شده در قبل کاملاً محسوس است. شایان ذکر می باشد که در این نقشه ها آلاینده های محلی مانند باطری سازی ها، پمپ بنزین ها و ... به دلیل ایجاد ناهنجاری بسیار بالا لحاظ نگردیده است.

### پیشنهادها

در مورد کنترل آلودگی خاک می توان از راه های متعدد پیشگیری از ورود آلاینده ها به خاک مانند انتقال واحدهای صنعتی و آلاینده به خارج از شهر و محیط های مسکونی و نصب فیلتر های اکترواستاتیک در این واحدها، فرهنگ سازی عمومی در جهت همکاری با مسئولان جهت آلوده نکردن خاک، مکان یابی درست و اصلی محل دفن زباله های شهری، به طوری که در خلاف جهت باد قرار گرفته شود، بهبود استانداردهای تولید خودرو و نظارت کامل بر کار

- karstification in the urban areas of Kerman city. *Environ. Geol.*, 42, (7), 783-792.
9. USEPA- SW-846. <http://www.epa.gov/sw-846> online/method 3050b pdf.
۱۰. برنامه و بودجه. ۱۳۷۴. مطالعات جامع اقتصادی- اجتماعی استان کرمان. هم نهاد (خلاصه ی گزارش ها) ۵۱۷ ص و محیط زیست ۳۰۰ ص.
11. Kuzvart. M., and Bohmer. M., 1986. *Prospecting and exploration of mineral deposits.* Elsevier. 508p.
12. Beckett. R. H., T., 1958. The soils of Kerman. South Persia. *Journal of Soil Science* 9(1): 20-31.
13. Radojevic. M. V., and Bashkin. N., 1999. *Practical environmental analysis.* Royal Society of Chemistry. 520p.
14. Faure. G., 1992. *Principles and application of inorganic geochemistry.* John Willey. 526p.
15. Evangelou, V. P. (1998). *Environmental soil and water chemistry.* New York: Wiley. 280p.
16. Citra. 1965. *Etude sur le Development De L Utilisation Des Eaux Souterraines Dans La Zones De Kerman.*
۱۷. ابتکار، ت. ۱۳۸۰. دل در هوای پاک، برگزیده هایی از مقالات محقق فرزانه مرحوم استاد محمد تقی ابتکار. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۳۲۴ ص.
۱۸. دبیری، م. ۱۳۸۲. آلودگی محیط زیست، هوا- آب- خاک- صوت. گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه شهید بهشتی. تهران، نشر اتحاد. ۳۹۹ ص.
19. Alloway. B. J. 1990. *Heavy Metals in Siols: Lead.* Blackie Academic press., 177-196.
- ترافیک، سهولت عبور و مرور و همچنین کاهش آلودگی هوا و سروصدا ضروری به نظر می رسد.
- منابع
1. Athar. M., and Vahora. S. B., 1995. *Heavy metals and environment.* India: New agriculture national Publishers. 68p.
2. Singaram. P., Lalsuna. K., and Mahimairaja. S., 2006. *Metal contamination in urban soil – water environment and remediation strategies.* 18<sup>th</sup> world congress of soil science July 9-15, 2006- Philadelphia. <http://crops.confex.com/crops/wc2006/techprogram/P13817.HTM>
3. Merian. E., Anke. M., Inhat. M., and Stoepler. M., 2004. *Elements and their compounds in the environment.* John Willey, 350p.
4. Botkin. D., and Keller. E. A., 2003. *Environmental science. Earth as a living planet.* 4<sup>th</sup> ed, John Willey, 668p.
5. Schwedt. G., 2001. *Essential guide to environmental chemistry,* translated by Brooks.H. John Willey, 120p.
۶. آب منطقه ای. ۱۳۸۴. گزارش ادامه مطالعات آب دشت کرمان-باغین در سال آبی ۸۴-۱۳۸۳. آب منطقه ای کرمان. دفتر امور مطالعات آب، ۹۸ ص.
۷. حمزه، م.ع. ۱۳۸۵. نشانگرهای ژئوشیمیایی و زیست محیطی در محدوده شهری کرمان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان و مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و ... ۳۸۷ ص.
8. Atapour. H., and Aftabi. A., 2002. *Geomorphological, geochemical and geoenvironmental aspects of*



25. Levinson, A. A., 1980. Introduction to exploration geochemistry, second edition. Applied publishing Wilmette, Illinois, U.S.A. 942p.
26. Hester, R. E., and Harrison, R. M., 1997. Contaminated Land and its Reclamation, issues in environmental science and technology, The Royal society of chemistry, 145p.
27. Langmuir, D., 1997. Aqueous environmental geochemistry, Prentice – Hall, 600p.
28. Fergusson., 1982. Inorganic chemistry and the earth, Pergamon press, 400p.
29. Stoessell, R. K., 2004. Environmental geochemistry,  
<http://www.uno.edu.gege/Stoessell/envgeoch.htm>, 196p.
۲۰. صاحب‌قدم لطفی، ع. ۱۳۶۷. متابولیسم سرب و مسمومیت‌های ناشی از آن. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۴ص.
21. Madany, I. M., S. M. Ali and S. Akhter. 1990. Assessment of lead in roadside vegetation Bahrain. Environ. Inter., 6. 123-126.
۲۲. رحمانی، ح و کلباسی، م و حاج رسولیها، ش. ۱۳۷۹. آلودگی خاک به وسیله سرب حاصل از وسایل نقلیه در محدوده برخی از بزرگ راه‌های ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ج ۴. ش ۴. ص ۳۱-۴۱.
23. Timbrell, J. A., 1999. Introduction to toxicology, 204p.
۲۴. کهرم، ا. ۱۳۷۶. کاربرد علم اکولوژی در کاهش سوء توسعه، پیش‌بینی اثرات توسعه و تأسیسات بر محیط زیست. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۳۱۶ص.

Archive of SID