

مطالعه آلودگی رسوبات جنوب شرق تهران به عناصر سمی با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تعیین شاخص آلودگی

سارا شهدادی^{۱*}، محمدالیاس مسلم‌پور^۲

۱- مربی زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، ایران

۲- استادیار زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، ایران

memoslempour@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۰

چکیده

در این پژوهش منطقه جنوب شرق تهران از دیدگاه زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گرفته. بر همین اساس تعداد ۳۱ نمونه رسوب آبراهه‌ای از عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتری منتهی‌الیه کف آبراهه‌ها برداشت و تحت تجزیه و تحلیل طیف‌سنج نشری نوری به همراه پلاسما جفتیده القایی قرار گرفت. عناصر سمی مورد مطالعه عبارتند از: نقره، آرسنیک، کادمیوم، نیکل، مس، کروم، آنتیموان، سرب و روی. همچنین برای تعیین کانی‌شناسی، نمونه‌ها تحت تجزیه و تحلیل تفریق اشعه ایکس قرار گرفتند. کانی‌های رسی موجود در نمونه‌های رسوب عبارتند از: کلینوکلر، ورمیکولیت، دیکتیت، مونت‌موریلونیت، ایلیت و کائولینیت. کانی‌های غیررسی نیز شامل کانی‌های کلسیت، کوارتز و دولومیت به عنوان کانی‌های اصلی و آلپیت و موسکویت به عنوان کانی‌های فرعی است. نتایج به دست آمده از اندیس تجمع زمین مبین آنست که رسوبات منطقه، بی‌نهایت آلوده نسبت به عناصر آنتیموان و نقره، شدیداً آلوده نسبت به عناصر آرسنیک، کادمیوم، روی و مس، بی‌نهایت تا شدیداً آلوده نسبت به عنصر سرب، آلودگی شدید تا متوسط نسبت به عنصر کروم و غیرآلوده تا کمی آلوده نسبت به عنصر نیکل هستند. اعمال روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر داده‌ها موجب شد تا تعداد ۹ مؤلفه اصلی برای داده‌ها تعیین شود، که ۳ مؤلفه اول با بیش از ۷۰٪ تغییرپذیری، جامعه آماری را توجیه می‌کنند. به نظر می‌رسد مؤلفه اول (نقره، سرب، روی و مس) در ارتباط با معدن متروکه سرب و محتوی رس باشد. مؤلفه دوم (نیکل و آنتیموان) هم در ارتباط با محتوی ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی و مؤلفه سوم (آرسنیک و کروم) هم در مرتبط با کارخانه سیمان است.

کلید واژه

تهران، آلودگی رسوب، عناصر سمی، شاخص آلودگی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی.

سر آغاز

همین دلیل بررسی رسوبات منطقه یکی از بهترین روشهای ارزیابی آلودگی آن منطقه است.

مطالعات زیادی روی تحمیل فلزات سنگین به محیط خاک و رسوب از منابعی چون معدن‌کاری، کارخانه ذوب فلز، سیمان و... انجام گرفته است (Kamon, et al., 2000; Ract, et al., 2003). برای نمونه Mandal and Voutchkov (2011) به مطالعه تأثیر فعالیت کارخانه سیمان روی خاک اطراف، در جامائیکا پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که در اثر فعالیت کارخانه سیمان، مقادیر بالایی از سرب و روی و کرم به محیط تحمیل شده است، افزون بر آن عامل نزدیکی به یکی از خیابان‌های پرتردد نیز به تجمع آلاینده‌ها کمک زیادی کرده است. همچنین Ameh, (2011) و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر فعالیت کارخانه سیمان روی

آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین به دلیل تأثیر سوء این مواد سمی بر ارگانیسم‌های زنده، تبدیل به مسئله‌ای جهانی شده است (MacFarlane and Burchett, 2000). فلزات سنگین به دلیل پایداری بالا در محیط و تجمع در مجموعه مخازن طبیعی و در نهایتاً ورود به چرخه غذایی از اهمیت بوم‌شناختی زیادی برخوردارند (Loska and Wiechula, 2003). رسوبات به عنوان یکی از مخازن نهایی طبیعی، می‌توانند فلزات سنگین را به محیط تخلیه کنند (Hollert, 2003). این مسئله اهمیت بررسی‌های زیست‌محیطی رسوبات را مشخص می‌کند. در این میان ذرات دانه‌ریز (در حد سیلت و رس) از نظر شیمیایی بسیار فعال هستند و از متحرک‌ترین بخش‌های یک رسوب‌اند و در حمل آلاینده‌ها نقش مؤثری دارند. به

محدوده مورد مطالعه در جنوب شرقی شهر تهران و حد فاصل مناطق ۱۵ و ۲۰ شهرداری تهران واقع شده است. از شمال بزرگراه آزادگان، از شرق بزرگراه امام رضا (خاوران)، از جنوب غرب بزرگراه ورامین، از جنوب شرق کارخانه سیمان تهران و از غرب بزرگراه کمربندی شهر ری آنرا احاطه می‌کنند. به طور کلی منطقه بی‌بی شهربانو دارای آب و هوای نیمه خشک است. به استثنای دشت کوههای منطقه بی‌بی شهربانو فاقد پوشش گیاهی قابل توجهی بوده و به صورت صخره‌ای و سنگی است.

زمین شناسی و چینه شناسی

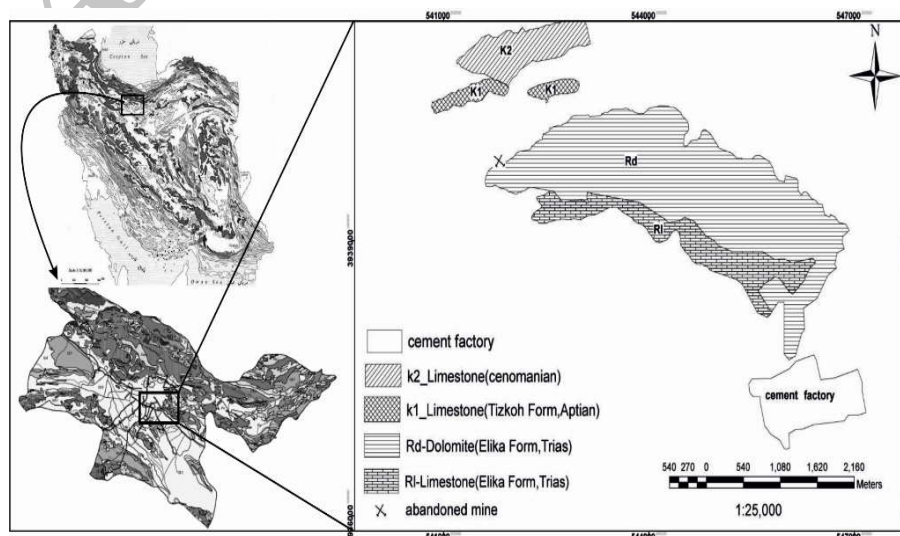
کوه بی‌بی شهربانو در محدوده چهارگوش نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران واقع شده است. در این منطقه رخنمون لایه‌ها از کامبرین زیرین (سازند سلطانیه واقع در دامنه جنوبی) تا سنومانین دیده می‌شود. لایه‌های مذکور همگی دارای امتداد شرقی- غربی بوده و شیب عمومی آنها به طرف شمال است در دامنه جنوبی کوه بی‌بی شهربانو بخش آهکی سازند الیکا (RI) وجود دارد. بخش دولومیتی سازند الیکا (Rd) در دامنه شمالی رخنمون دارد و دو برونزد کوچک از سازند تیزکوه (K1) با راستای شرقی- غربی در شمال غربی کوه بی‌بی شهربانو دیده می‌شود. برونزد واحد سنومانین (K2) را در شمال غرب کوه بی‌بی شهربانو می‌توان دید که شامل سنگ‌های آهکی توده‌ای تا ستر لایه با سطح هوازده روشن رنگ است (شکل شماره ۱).

رسوبات رودخانه‌ای در شمال نیجریه پرداخته و به این نتیجه رسیده است که غبار ناشی از کارخانه سیمان حاوی مقادیر متنابهی از فلزات سنگین (روی، کادمیوم و نیکل) است و کارخانه سیمان و دود ناشی از خودروها دو منبع مهم انتشار آلاینده‌ها هستند. Semhi and Al-Khirabash (2010) مطالعه مشابهی روی خاک اطراف کارخانه سیمان در ناحیه عمان انجام دادند و مشخص کردند که غبار ناشی از کارخانه سیمان، حاوی فلزات سنگین است و بر روی گیاهان منطقه تأثیر سوء داشته است. Khashman and Shawabkeh (2006) نیز در تحقیقشان نشان دادند که در خاک اطراف کارخانه سیمان در مرکز اردن مقادیر فلزات سنگین بالاست. از جمله دلایل انتخاب منطقه بی‌بی شهربانو به عنوان محدوده مورد مطالعه می‌توان به نبود مطالعات زیست محیطی در منطقه و استعداد منطقه در تجمع طبیعی عناصر سمی (علوی نائینی و مظفری، ۱۳۸۴) و همین‌طور لزوم توجه به معدن متروکه سرب در حاشیه شمال غربی و کارخانه سیمان در حاشیه جنوب شرقی کوه بی‌بی شهربانو اشاره کرد. در واقع هدف از این پژوهش بررسی ژئوشیمیایی بخش ریزدانه رسوبات آبراهه‌ای به عنوان محل اصلی دریافت و انباشت آلاینده‌ها و ارائه شاخص آلودگی برای فلزات سمی موجود در منطقه است.

مواد و روشها

محدوده مورد مطالعه

منطقه بی‌بی شهربانو از نظر موقعیت جغرافیایی بین طول جغرافیایی ۵۱/۲۱ تا ۵۱/۲۵ شرقی و عرض ۳۵/۲۶ تا ۳۵/۲۹ شمالی واقع شده است.



شکل شماره ۱: نقشه زمین شناسی ساده شده منطقه مورد مطالعه

نمونه برداری و آماده سازی و تجزیه نمونه ها

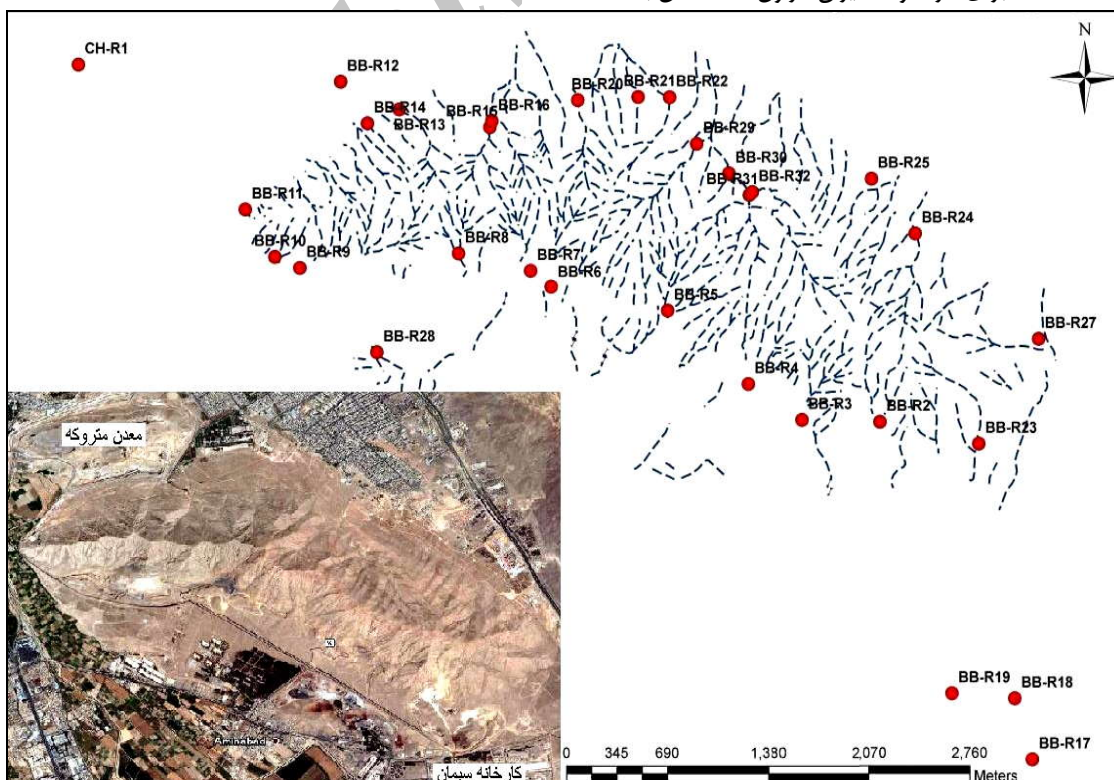
پس از بررسی نقشه های زمین شناسی و توپوگرافی منطقه، نقشه مورفومتری شبکه آبراهه های موجود در کوه بی بی شهربانو تهیه شد. در این مرحله با توجه به موقعیت آبراهه ها سعی شد که نقاط نمونه برداری در منتهی الیه آبراهه ها قرار بگیرد تا نماینده کل آبراهه های بالادست منطقه باشد. از تمام آبراهه های اصلی پیرامون کوه نمونه برداری به عمل آمد. نمونه ها با توجه به نقاط از قبل مشخص شده بر روی نقشه از عمق ۱۰-۱۵ سانتیمتری زمین و به مقدار ۲ کیلوگرم برداشت شد و با استفاده از بیلچه پلاستیکی درون پاکت های تمیز پلاستیکی جمع آوری و برچسب زده شدند (US EPA, 2006). نمونه ها همان روز به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی منتقل شده و برای آگیری و خشک کردن در معرض هوای آزاد قرار گرفتند تا برای انجام آزمایش های مختلف مورد استفاده قرار گیرند. اغلب نیاز است که نمونه های کامل رسوب در آزمایشگاه تقسیم شوند تا بتوان از نمونه های فرعی برای آزمایش های مختلف استفاده کرد و به عنوان مواد مرجع نگهداری شوند (US EPA, 2006). برای انجام دانه بندی و تعیین بافت رسوب در آزمایشگاه سازمان زمین شناسی از روش غربال کردن با الک شیکر استفاده شد، برای هر نمونه، میزان گراول، ماسه، گل به

طور جداگانه محاسبه شد. به طور کلی ذرات دانه ریز به دلیل توانایی جذب سطحی بالایی که دارند، مستعد جذب و تجمع عناصر سمی در رسوبات اند (Forstner 2004). با توجه به این که بخش ریزدانه محل اصلی دریافت آلاینده ها است تمام تجزیه ها بر روی بخش ریز دانه صورت گرفت (Forstner and Wittman, 1983) بعد از اتمام دانه بندی ذرات زیر الک ۶۳ میکرون (بخش گلی) و پس از خشک شدن، با هاون آگات خرد و همگن شده و برای انجام آزمایش های مختلف آماده شد.

اسیدیته با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال و مخلوط ۲:۱ رسوب و آب مقطر اندازه گیری شد (Loring, and Rantala, 1992). برای اندازه گیری کربنات موجود در نمونه ها از دستگاه کلسیمتر خودکار استفاده شد. برای تعیین مقدار مواد ارگانیک از روش افت در اثر سوزاندن^۱ استفاده شد (Dean, 1974). برای تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی^۲ از رابطه زیر (Henry, 1923) استفاده شد:

$$ECE = \frac{2}{5} \times \text{درصد مواد آلی} + \frac{10}{57} \times \text{درصد رس}$$

تجزیه نمونه ها هم با استفاده از روش طیف سنج نشری نوری به همراه پلاسمای جفتیده القایی^۳ که روش کارامدی در تجزیه های ژئوشیمیایی است، انجام شد.



شکل شماره (۲): نقشه مکان نمایی نمونه های اخذ شده رسوب، از منتهی الیه آبراهه های پیرامون کوه بی بی شهربانو

استفاده شد. همچنین خیلی از محققان، از مقادیر شیل، به عنوان مقادیر پس زمینه استفاده می کنند، همچنین جهت جایگزینی مقادیر پس زمینه (شیل) از اعداد ارائه شده توسط Turekian and Wedepohl (1961) استفاده شده است. بر اساس شاخص غنی شدگی، ۵ دسته آلودگی مشخص شده است که در جدول شماره (۱) نمایش داده شده است (Yongming, 2006).

جدول شماره (۱): پنج رده آلودگی بر اساس شاخص غنی شدگی

EF	سطح آلودگی
<۲	تهی تا کمی غنی شده
۲-۵	نسبتاً غنی شده
۵-۲۰	غنی شدگی قابل توجه
۲۰-۴۰	شدیدا غنی شده
۴۰<	بی نهایت غنی شده

با اندیس تجمع زمین نیز سطح آلودگی نمونه‌ها برای فلزات مختلف، محاسبه و کلاس بندی می شود، این شاخص طبق فرمول زیر محاسبه می شود: (Muller 1979)

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5 \times B_n} \right)$$

C_n مقدار عنصر در نمونه مورد مطالعه و B_n مقدار عنصر مورد نظر در متوسط جهانی شیل به عنوان پس زمینه (Loska, 1997) و ضریب ۱/۵ برای حذف تأثیر لیتولوژی‌های مختلف در منطقه است. تمام واحدهای محاسبه شده بر حسب ppm است. براساس نتایج حاصل از اندیس تجمع زمین، هفت رده آلودگی را می توان در نظر گرفت (Abraham and Parker, 2008). جدول شماره (۲) هفت رده آلودگی را نشان می دهد.

جدول شماره (۲): کلاس‌های آلودگی در اندیس تجمع زمین

رده	وضعیت آلودگی
۵<	بی نهایت آلوده
۵-۴	بی نهایت آلوده تا بشدت آلوده
۴-۳	بشدت آلوده
۳-۲	آلودگی متوسط تا شدید
۲-۱	نسبتاً آلوده
۰-۱	غیر آلوده تا نسبتاً آلوده
<۰	غیر آلوده

در این بخش ابتدا مقداری از نمونه، که نماینده‌ای از کل رسوب است (یک گرم با اندازه دانه کوچکتر از ۶۳ میکرون) را در بوته تفلونی ریخته و به آن ۲۰۰ میلی گرم از اسید HF، ۴ میلی گرم از اسید HNO₃، ۴ میلی گرم از اسید HClO₄ اضافه می شود. سپس در اسید HCl جوشانده و با آب دوبار تقطیر شده به حجم ۱۰۰CC رسانده می شود. تجزیه شیمیایی با دستگاه ICP-OES 735 varian انجام شده است.

بر روی ۹ نمونه در آزمایشگاه مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران آزمایش تفریق اشعه ایکس^۴ برای شناسایی کانی‌های تشکیل دهنده، با دستگاه Philips, Model Xpert انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل از روش لام، یا قرص سازی استفاده شد و هر نمونه ابتدا به صورت پودر بسیار ریز در آمده و در معرض بمباران پرتوهای اشعه ایکس قرار داده شد. در این روش از زاویه برخورد پرتو تابشی ۰ تا ۸۵ درجه استفاده شد (Pope, 2001).

شاخص آلودگی

روشهای مختلفی برای تشخیص تجمع غیرعادی آلاینده‌ها گزارش شده است که در این روشها آلاینده‌ها با عنصر مرجع مقایسه می شود (Abraham and Parker, 2008). از جمله روشهایی که نتایج آن به صورت عددی است و در آن امکان مقایسه مقادیر آلاینده‌های موجود در نمونه‌های مورد مطالعه با مقادیر زمینه وجود دارد، روشهای تعیین شاخص آلودگی است (Christophoridis, et al., 2009). شاخص آلودگی را با دو عامل شاخص غنی شدگی و اندیس تجمع زمین می توان اندازه گیری کرد. در روش فاکتور غنی شدگی از عناصری مثل Al و Fe می توان به عنوان مرجع استفاده کرد که این عناصر تأثیری بر روی عناصر مورد آزمایش ندارند (Abraham and Parker, 2008) شاخص غنی شدگی طبق معادله زیر محاسبه می شود:

$$EF = \frac{M_x / Fe_x}{M_b / Feb}$$

در این معادله M_x و M_b به ترتیب میزان فلز در نمونه مورد مطالعه و مقدار زمینه است و Fe_x و Feb به ترتیب مقادیر آهن در نمونه مورد مطالعه و مقادیر زمینه است (Abraham and Parker, 2008). برای نرمال کردن داده‌ها از عناصری چون Al, Si, Fe استفاده می شود. از آنجا که محققان بسیاری از عنصر آهن استفاده کرده‌اند (Mucha, et al., 2003) در این مطالعه نیز از عنصر آهن

پردازش‌های آماری

پس از دریافت نتایج تجزیه و تحلیل شیمیایی نمونه‌ها، نتایج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. پس از فایل‌بندی داده‌های خام با استفاده از نرم افزار SPSS 15 و Excel 2003، مراحل پردازش داده‌های سنسورد و نرمال‌سازی داده‌های طبیعی انجام گرفت.

ابتدا نرمالیتی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف امتحان شد، سپس مطالعات آماری تک متغیره (محاسبه مشخصه‌های آماری) و مطالعات آماری چند متغیره (تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۵ و تحلیل خوشه‌ای) بر روی داده‌ها اعمال شد. در تحلیل خوشه‌ای از روش الگوریتم Ward استفاده شد و فاصله بین خوشه‌ها بر اساس Squared Euclidean Distances انتخاب شد (Massart and Kaufman, 1983) نرمال‌سازی هم با استفاده از Z-score normalization انجام شد (Aryal, 2008).

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل‌های بافتی و کانی‌شناسی

پس از ترسیم نتایج دانه‌بندی بر روی نمودار مثلثی تعیین تیپ رسوبات (Folk, 1974)، بافت نمونه‌ها از نوع گراول ماسه‌ای گلی (msG) و گراول گلی (mG) و گراولی (G) است و فقط یک نمونه از نوع گل گراولی (gM) است.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تفریق اشعه ایکس نشان می‌دهد کانی‌های رسی موجود در بخش گلی نمونه‌های رسوب عبارتند از: کلینوکلر، ورمیکولیت، دیکتیت، مونت موریلونیت، ایلیت و کائولینیت. کانی‌های غیررسی عبارتند از:

کلسیت، کوارتز، دولومیت، آلبیت و موسکویت.

در تمام ۹ نمونه سه کانی کلسیت، دولومیت و کوارتز موجود است.

حضور کانی‌هایی مثل آلبیت، موسکویت و حتی کوارتز نشان‌دهنده این است که در سرمنشا آبراهه‌ها به احتمال زیاد علاوه بر کربنات، واحدهای سنگی دیگری هم وجود دارد (شهادی، ۱۳۸۸) زیرا این کانی‌ها در ترکیب سنگ‌هایی مثل کلسیت و دولومیت یافت نمی‌شود، بنابراین برای شناسایی منشاء این کانی‌ها بررسی‌های بیشتر سنگ‌شناسی در منطقه، ضروری و انکارناپذیر است.

محدودیت‌های مالی مانع از انجام این کار توسط نگارنده شده است.

تحلیل خواص فیزیکوشیمیایی نمونه‌های رسوب

جدول شماره (۳) نتایج بررسی‌های آماری خواص فیزیکوشیمیایی نمونه‌های رسوب منطقه را که شامل مقادیر میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، کج شدگی، حداقل و حداکثر است را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از جدول شماره (۳)، مشخص است مقدار میانگین اسیدیته به طرف فاز قلیایی (۸/۹) تمایل دارد که با توجه به لیتولوژی کربناته حاکم بر منطقه، مسئله‌ای طبیعی است.

مقدار میانگین محتوی کل کربنات ۴۹/۴۸ درصد است. نتایج تجزیه و تحلیل کانی‌شناسی هم مؤید این مطلب است که کانی‌های کربناته، از محتوای بالایی در منطقه برخوردارند.

محتوای کربن آلی نشان می‌دهد که محتوای کربن به صورت میانگین، ۷/۲۱ درصد است، بیشترین محتوای ماده آلی مربوط به یال شمالی کوه بی‌بی شهربانو است و این به دلیل مختصر پوشش گیاهی منطقه است.

ظرفیت تبادل کاتیونی، میانگینی در حدود ۲۰/۴۳ میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم دارد، در مطالعات زیست‌محیطی درصد رس به دلیل قدرت جذب بالایی که دارد از اهمیت زیادی برخوردار است. پس یکی از مشخصه‌های کلیدی محسوب می‌شود. محتوی رس نمونه‌ها با میانگین ۴/۲۰ درصد، از حداقل مقدار ۰/۰۶ تا حداکثر مقدار ۱۹/۳ درصد متغیر است. پراکندگی رس در نمونه‌ها از روند خاصی تبعیت نمی‌کند

جدول شماره (۳): مقادیر آمار توصیفی خواص

فیزیکوشیمیایی

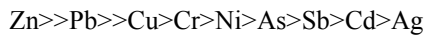
مشخصه‌های آماری	pH	کربنات %	ماده آلی %	CEC	رس %
میانگین	۸/۹	۴۹/۴۸	۷/۲۱	۲۰/۴۳	۴/۲۰
انحراف معیار	۰/۵۱	۱۵/۴۹	۱/۶۵	۳/۹۱	۴/۳۸
حداقل	۷/۴۱	۱۴	۴/۷۹	۱۳/۵۸	۰/۰۶
حداکثر	۹/۳۶	۸۷	۱۱/۴۳	۲۹/۰۱	۱۹/۳

فاکتور غنی‌شدگی

با توجه به نتایج حاصل از جدول شماره (۴) می‌توان گفت که رسوبات منطقه مورد مطالعه دارای غنی‌شدگی کمی نسبت به عناصر کروم و نیکل و غنی‌شدگی نسبی نسبت به عناصر آرسنیک

کمینه، بیشینه، متوسط و انحراف از معیار عناصر سمی در جدول شماره (۶) خلاصه شده است.

همان‌طور که در این جدول هم مشخص است، میانگین فراوانی عناصر سمی موجود در منطقه از روند زیر تبعیت می‌کند:



روی

میانگین فراوانی این عنصر در منطقه، $368/4$ ppm است که بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه BBR11 با $1951/3$ و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR5 با $73/5$ ppm است. از مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی این دو نمونه بر می‌آید که از نظر اسیدیته در یک طیف و هر دو قلیایی هستند. ولی احتمالاً درصد بالاتر رس در نمونه BBR11 موجب تمرکز بیشتر عنصر روی در این نمونه شده است.

داده‌های حاصل از تحلیل خوشه‌ای هم مؤید ارتباط مثبت این فلز با محتوای رس است. افزون بر این، نمونه مذکور از نزدیکی معدن متروکه سرب برداشته شد که با توجه به قرابت خواص ژئوشیمیایی دو عنصر سرب و روی، غیرطبیعی به نظر نمی‌رسد. قابل ذکر است که بیشترین مقدار سرب و روی، مربوط به همان نمونه برداشت شده از نزدیک معدن است.

سرب

میانگین فراوانی این عنصر در منطقه، $357/6$ ppm است که بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه BBR11 با $3442/9$ و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR21 با 74 ppm است.

در کل می‌توان گفت، به جز نمونه BBR11 که از مجاورت معدن قدیمی سرب برداشته شد و از قبل هم انتظار می‌رفت تمرکز بالایی از عنصر سرب را داشته باشد، غلظت سرب در دامنه جنوبی و بویژه در بخش شرقی یعنی در مجاورت کارخانه سیمان بالاست. این موضوع نشان‌دهنده تأثیر کارخانه سیمان در انتشار آلاینده‌ها، مخصوصاً آلاینده سرب است. هر چند به دلیل قرار گرفتن منطقه در مجاورت یکی از اتوبان‌های شلوغ، غلظت سرب در تمام نمونه‌ها بالاست. محاسبه درصد رس این دو نمونه نیز مؤید قدرت رس بر جذب سرب است، زیرا درصد رس نمونه BBR11 تقریباً پنج برابر نمونه BBR21 است.

علاوه بر این، نتایج مطالعات Banat, et al و همکاران (2005) Ellis and Revitt (1982) نیز نشان می‌دهد که غبار ناشی از

و مس هستند. همین‌طور غنی‌شدگی چشمگیری نسبت به عناصر نقره، کادمیوم، آنتیموان و روی وجود دارد. در مورد عنصر سرب هم غنی‌شدگی زیادی وجود دارد.

جدول شماره (۴): مقادیر فاکتور غنی‌شدگی

عناصر	EF	درجه غنی‌شدگی
Ag	15/73	غنی‌شدگی زیاد
As	3/06	نسبتاً غنی‌شده
Cd	6/23	غنی‌شدگی زیاد
Cr	1/37	تهی تا کمی غنی‌شده
Cu	2/82	نسبتاً غنی‌شده
Ni	1/2	تهی تا کمی غنی‌شده
Pb	29/87	بشدت غنی‌شده
Sb	11/92	غنی‌شدگی زیاد
Zn	6/47	غنی‌شدگی زیاد

شاخص اندیس تجمع زمین

نتایج حاصل از جدول شماره (۵) نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه نسبت به عناصر کروم و نیکل غیر آلوده، نسبت به عناصر آرسنیک و مس غیر آلوده تا نسبتاً آلوده، نسبت به عناصر کادمیوم و روی نسبتاً آلوده، نسبت به عناصر نقره و آنتیموان آلودگی متوسط تا شدید و در نهایت نسبت به عنصر سرب بشدت آلوده است.

جدول شماره (۵): مقادیر اندیس تجمع زمین در نمونه‌ها

Elements	Igeo value	وضعیت آلودگی
Ag	2/6	آلودگی متوسط تا شدید
As	0/28	غیرآلوده تا نسبتاً آلوده
Cd	1/31	نسبتاً آلوده
Cr	-0/86	غیر آلوده
Cu	0/17	غیرآلوده تا نسبتاً آلوده
Ni	-0/97	غیرآلوده
Pb	3/57	بشدت آلوده
Sb	2/25	آلودگی متوسط تا شدید
Zn	1/37	نسبتاً آلوده

نتایج مطالعات آماری تک متغیره

با در نظر گرفتن سطح معنی‌دار $0/05$ در آزمون کولموگروف - اسمیرونف، عناصری مانند As, Cd, Cr, Ni, Sb دارای توزیع نرمال و عناصر Ag, Pb, Cu, Zn دارای توزیع لاگ نرمال هستند. مقادیر

دو نمونه از نظر خواص فیزیکوشیمیایی تفاوت چندانی ندارند و به نظر می‌رسد که با خواص فیزیکوشیمیایی رسوب نیز ارتباطی ندارند و از منشاء بشرزاد به محیط تحمیل شده‌اند.

آنتیموان

میانگین فراوانی این عنصر در منطقه، $10/7$ ppm است که بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه BBR28 با $17/4$ و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR16 با 7 ppm است. به نظر می‌رسد محتوای ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتر نمونه BBR28، عامل محتوای بالاتر آنتیموان در این نمونه است.

کادمیوم

میانگین فراوانی کادمیوم در منطقه $1/1$ ppm است که بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه‌های BBR15 و BBR2 با $1/9$ و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR19 با 0 ppm است. مقایسه درصد کربنات دو نمونه نشان می‌دهد که نمونه‌های BBR15 و BBR2 هر دو دارای محتوای کربنات مضاعف نسبت به نمونه BBR19 هستند.

در مطالعات بسیاری به رسوبگذاری همزمان کانی‌های کربناته با برخی از فلزات مثل کادمیوم اشاره شده است (Alloway, 1995). به دلیل شعاع یونی نزدیک کلسیم و کادمیوم، کادمیوم تمایل به جانشینی کلسیم در کانی‌های کربناته دارد (Papadopoulos and Rowell, 1988).

نمونه‌های نزدیک به کارخانه سیمان از تمرکز بالایی نسبت به کادمیوم برخوردارند، چون در صنایع سیمان از کادمیوم هم استفاده می‌شود. به احتمال زیاد منشاء کادمیوم غبار ناشی از این واحد صنعتی است (Callender, 2009; Banat et al., 2005). همچنین Ellis and Revitt (1982) در مطالعه‌ای منشاء دیگر کادمیوم را سایش مکانیکی تایلر خودروها مشخص کرد که این عامل هم می‌تواند به تجمع کادمیوم در این منطقه کمک کند.

نقره

میانگین فراوانی نقره در منطقه، $0/65$ ppm است که بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه BBR30 با $3/8$ و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR21 با $0/1$ ppm است. نمونه BBR30 دارای رس و محتوای ماده آلی بیشتری نسبت به نمونه BBR21 است. احتمالاً همین عامل موجب افزایش قدرت جذب می‌شود.

کارخانه سیمان و همینطور دود ناشی از احتراق بنزین دو عامل مؤثر در انتشار سرب و روی به محیط است.

مس

میانگین فراوانی این عنصر در منطقه، 76 ppm است که بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه BBR31 با $218/8$ و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR7 با 29 ppm است. با توجه به مطالب فوق و مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی این دو نمونه مشخص شد که نمونه BBR31 با وجود داشتن محتوای رس پایین‌تر نسبت به نمونه BBR7 احتمالاً به دلیل داشتن محتوای ماده آلی بالاتر، دارای درصد مس بالاتری است. مقایسه قدرت جذب مس با بخش‌های مختلف رسوب به قرار زیر است: (Adediran and Kramer, 1987)

مواد آلی < اکسیدهای آهن و منگنز > < کانی‌های رسی

کروم

میانگین فراوانی کروم در محدوده مطالعه شده برابر با $74/3$ ppm است. بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه BBR2 با $130/6$ و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR7 با $46/3$ ppm است. پس از مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی دو نمونه مشخص شد که میزان اسیددیده در هر دو نمونه برابر و قلیایی است. شواهد تحلیل خوشه‌ای نشان می‌دهد که عنصر کروم تطابق چندانی با خواص فیزیکوشیمیایی رسوب ندارد. نمونه BBR2 از فاصله نزدیکی نسبت به کارخانه سیمان برداشته شد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که از عنصر کروم در تجهیزات صنعت سیمان استفاده می‌شود (Banat, et al, 2005).

نیکل

میانگین نیکل در منطقه حدود $51/92$ ppm است. بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه BBR19 با $83/8$ و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR12 با $36/1$ ppm است. مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی دو نمونه نشان می‌دهد که نمونه BBR19 محتوای ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتری نسبت به نمونه BBR12 دارد که احتمالاً به تجمع بیشتر نیکل در این نمونه کمک کرده است. نتایج تحلیل خوشه‌ای نیز بر این ادعا صحت می‌گذارد.

آرسنیک

میانگین فراوانی این عنصر در منطقه، $23/8$ ppm است که بیشینه مقدار این عنصر مربوط به نمونه BBR2 با $78/5$ ppm و کمترین مقدار هم مربوط به نمونه BBR7 با $11/8$ ppm است. این

جدول شماره (۶): مشخصه‌های آماری فلزات سمی در نمونه‌های مورد مطالعه و مقدار متوسط فلزات در محیط‌های مختلف

عناصر	پوسته زمین (1)	گل رودخانه (2)	گل همی پلاژیک (2)	خاک (2)	رسوبات رودخانه‌ای (3)	رسوبات رودخانه ای ناحیه کامپانیا ایتالیا (4)	خاک اطراف کارخانه سیمان مرکز اردن (5)	خاک اطراف کارخانه سیمان جنوب اردن (6)	این مطالعه			
									میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
A g	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۲	-	۱۰۵/۹۳	-	-	۰/۶۵	۰/۱۱	۳/۸۲	۰/۷۴
As	۱/۸	۸/۴	۹/۲	۷/۴	-	۷/۱۸	-	-	۲۳/۸۱	۱۱/۸۷	۷۸/۵	۱۲/۰۹
Cd	۰/۲	۰/۲۶	۰/۲	۰/۳۴	۱/۵۷±۱/۲۷	۰/۳	۴/۹۸	۵	۱/۱۱	۰/۰۴	۱/۹	۰/۴۳
Cr	۱۰۰	۸۵	۹۷	۶۴	۶۷±۳۴	۳۴/۱۸	۸۳/۹۳	۲۲/۱۸	۷۴/۳۰	۴۶/۰۳	۱۳۰/۶	۱۸/۱۳
Cu	۵۵	۳۲	۳۰	۲۱	۳۹±۱۳	۳۸/۹۰	-	۲/۸۹	۷۶/۰۴	۲۸/۹۸	۱۸۰ ۲۱۸	۴۷/۳۱
Ni	۷۵	۳۲	۵۳	۲۴	۴۴±۱۹	۲۳/۲۱	-	-	۵۱/۹۲	۳۶/۱۹	۸۳/۷۹	۹/۸۷
Pb	۱۲/۵	۲۳	۲۴	۱۴	۵۱±۲۸	۳۱/۶۹	۶۲/۱۷	۵۵	۳۵۷/۶۲	۷۴/۹۳	۱۸ ۳۴۴۲	۵۹۴/۵۸
Sb	۰/۲	۰/۸۱	۰/۹۶	۰/۷۱	-	۰/۴۷	-	-	۱۰/۷۰	۶/۹۶	۱۷/۳۷	۲/۳۷
Zn	۷۰	۹۴	۷۸	۱۳۰	۱۳۲±۶۷	۸۹/۲۷	۱۴۶/۹۴	۴۴/۵۱	۳۶۸/۴۳	۷۳/۵۲	۱۲ ۱۹۵۱	۳۴۲/۱۰

(1) Taylor, 1966, (2) Govindaraju, 1989, (3) Gocht, et al., 2001, (4) Albanese, et al., 2007, (5) Banat, et al., 2005, (6) Khashman and Shawabkeh, 2006

و ظرفیت تبادل کاتیونی است. مؤلفه سوم نیز که شامل عناصر آرسنیک و کروم است در ارتباط با کارخانه سیمان است. نتایج مطالعات محققان بسیاری نیز نشان داده است که فعالیت کارخانه سیمان عامل مؤثری در تحمیل فلزات سنگین و سمی به محیط است (Howqri and Banat, 2001).

تحلیل خوشه‌ای

شکل شماره (۵) نمودار تحلیل خوشه‌ای را نشان می‌دهد، عناصر Pb, Zn در یک شاخه قرار می‌گیرند، که با توجه به قرابت ویژگی‌های ژئوشیمیایی و پاراژنز بودن دو عنصر این مسئله بعید به نظر نمی‌رسد. عناصر Cu و Ag نیز با هم و با این شاخه در ارتباط هستند. شاخه بعدی شامل عناصر Cr و As است. شاخه دیگر شامل عناصر Ni و Sb است. Cd در شاخه‌ای جداگانه قرار می‌گیرد. همان‌طور که مشخص است کادمیوم با محتوای کربنات کلسیم، ارتباط مؤثر و مستقیم دارد. همچنین می‌توان به ارتباط سرب و روی با محتوای رس و ارتباط نیکل و آنتیموان با اسیدپتته و محتوای ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی اشاره کرد. نتایج تحلیل خوشه‌ای با نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی مطابقت دارد.

نتایج مطالعات آماری چند متغیره

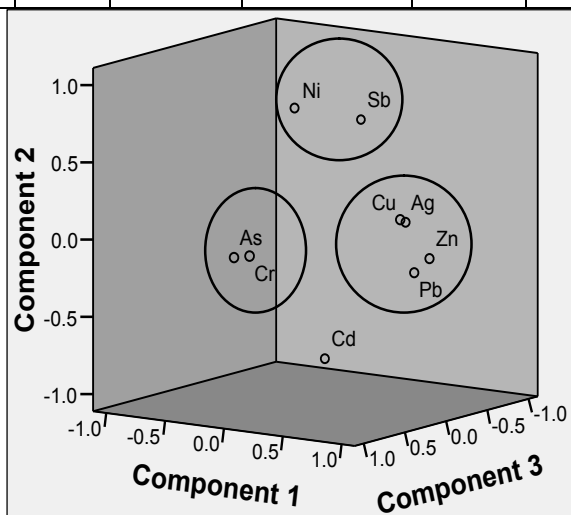
تحلیل مؤلفه‌های اصلی

اعمال روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر داده‌ها موجب شد تا تعداد ۹ مؤلفه اصلی برای داده‌ها تعیین شود، که جدول شماره (۷)، نه مؤلفه اصلی و درصد تجمعی واریانس سه مؤلفه را نمایش می‌دهد. همان‌طور که در جدول نشان داده شده، سه مؤلفه اول با بیش از ۷۰٪ تغییرپذیری، جامعه آماری را توجیه می‌کنند. جدول شماره (۸)، نشان می‌دهد که مؤلفه اول شامل عناصر Pb, Zn, Cu, Ag است. مؤلفه دوم شامل عنصر Cd است مؤلفه سوم شامل عناصر Cr, As, Ni است.

اعمال چرخش بر روی داده‌ها روی مؤلفه اول تأثیری نگذاشت اما باعث شد ترکیب مؤلفه‌های دوم و سوم تغییر کند که در این حالت مؤلفه دوم شامل عناصر Ni, Sb و مؤلفه سوم شامل عناصر As, Cr است (جدول شماره ۹). شکل شماره (۴) نیز دسته بندی سه مؤلفه اصلی را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد ترکیب مؤلفه اول در ارتباط با معدن متروکه سرب و محتوای رس باشد. ترکیب مؤلفه دوم یعنی عناصر نیکل و آنتیموان هم در ارتباط با محتوای ماده آلی

جدول شماره (۷): نتایج حاصل از اعمال روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر داده‌ها

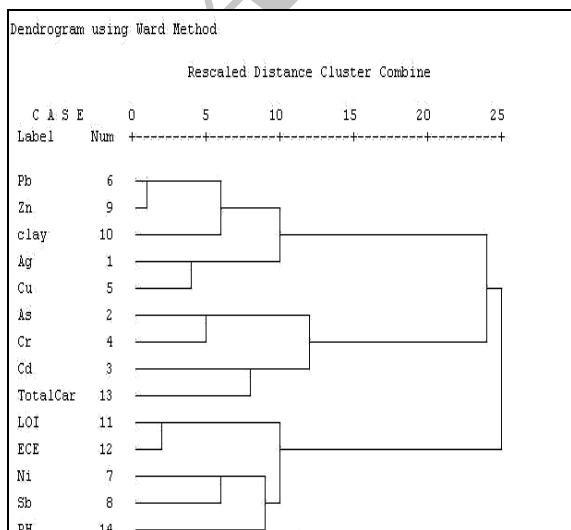
C	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared			Rotation Sums of Squared		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
۱	۲/۸۴	۳۱/۶۴	۳۱/۵۴	۲/۸۴	۳۱/۶۴	۳۱/۶۴	۲/۸۴	۳۱/۶۲	۳۱/۶۲
۲	۱/۹۸	۲۲/۱۰	۷۴/۵۳	۱/۹۸	۲۲/۱۰	۵۳/۷۴	۱/۸۸	۲۰/۹۶	۵۲/۵۸
۳	۱/۵۵	۱۷/۳۶	۷۱/۰۱	۱/۵۵	۱۷/۳۶	۷۱/۰۱	۱/۶۵	۱۸/۴۲	۷۱/۰۱
۴	-۰/۸۸	۹/۸۵	۸۰/۸۵						
۵	-۰/۶۳	۷/۰۴	۸۷/۹						
۶	-۰/۴۵	۴/۹۴	۹۲/۸۵						
۷	-۰/۳۶	۴/۰۹	۹۶/۹۴						
۸	-۰/۲۲	۲/۵۱	۹۹/۴۶						
۹	-۰/۰۴	-۰/۵۳	۱۰۰/۰۰						



شکل شماره (۴): پلات بار سه مؤلفه اصلی

جدول شماره (۸): سه مؤلفه اصلی قبل از چرخش

	Component		
	۱	۲	۳
Ag	-۰/۷۱	-۰/۱۴	۰/۰۱
As	-۰/۱۳	۰/۴۵	۰/۷
Cd	-۰/۲۹	۰/۸	-۰/۰۷
Cr	۰/۰۰	-۰/۴۳	۰/۷۳
Cu	۰/۷۷	-۰/۰۱	۰/۱۸
Ni	-۰/۰۱	-۰/۰۶	۰/۶۳
Pb	-۰/۸۵	-۰/۱۷	۰/۰۳
Sb	-۰/۲۷	-۰/۷۱	۰/۲۲
Zn	-۰/۹۱	-۰/۰۵	-۰/۰۷



شکل شماره (۵): نمودار تحلیل خوشه‌ای

جدول شماره (۹): سه مؤلفه اصلی بعد از چرخش

	Component		
	۱	۲	۳
Ag	۰/۷	۰/۱۲	-۰/۸۳
As	-۰/۱	۰/۰۵	۰/۸۴
Cd	۰/۲۹	-۰/۷۴	۰/۳۱
Cr	-۰/۰۴	-۰/۰۲	۰/۸۵
Cu	۰/۷۷	۰/۱۷	-۰/۰۸
Ni	۰/۰۰	۰/۸۴	۰/۲۶
Pb	-۰/۸۵	-۰/۱۷	۰/۰۱
Sb	-۰/۲۷	۰/۷۳	-۰/۱۵
Zn	۰/۹۱	-۰/۰۹	-۰/۰۸

تشکر و قدردانی**یادداشت‌ها**

- 1-L.O.I (Loss on Ignition) از جناب آقای مهندس کره‌ای ریاست محترم سازمان
 2-CEC (Cation Exchange Capacity) زمین‌شناسی و جناب آقای مهندس سعدالدین مسئول محترم مرکز
 3-ICP-OES (Inductively Coupled Plasma پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی (مرکز کرج) و سرکار
 Emission Spectrometry) خانم فرح رحمانی مدیر محترم واحد اجرایی زمین‌شناسی پزشکی
 4-XRD (X-Ray Diffraction) سازمان زمین‌شناسی، به علت تأمین تمام منابع مالی این تحقیق
 5-PCA (Principal Component Analysis) صمیمانه تشکر می‌کنم.

منابع مورد استفاده

شهادی، س. ۱۳۸۸. بررسی رسوب‌شناسی محدوده کوه بی‌بهره‌بانو (جنوب شرق تهران) با نگرشی ویژه بر مسائل زمین‌شناسی زیست‌محیطی و زمین‌شناسی پزشکی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم، تهران.

علوی نائینی، م.م.؛ مظفری، ع. ۱۳۸۴. گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی، کانی سنگین در ورقه یکصد هزار تهران، وزارت صنایع و معادن سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

Abraham, G.M.S, R.J., Parker .2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand, Estuar. Coast. Shelf. Sci. V.136, pp.227–238.

Adediran, S.A, J.R., Kramer .1987. Copper adsorption on clay, iron–manganese oxide and organic fractions along a salinity gradient. Appl. Geochem. V.2, pp. 213–216.

Albanese, S., et al .2007. Geochemical background and baseline values of toxic elements in stream sediments of Campania region (Italy). Geochemical Exploration V.93, pp.21–34.

Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. 2nd edn. Blackie Academic and Professional, London, UK.

Ameh, E.G.; M.S., Kolawole. E.G., Imeokparia. 2011. Using Factor-Cluster analysis and Enrichment methods to evaluate impact of cement production on stream sediments around Obajana cement factory in Kogi state, North Central Nigeria Pelagia Research Library, pp. 76-89.

Aryal, R.K. 2008. Spatial distribution and speciation of heavy metals in soakaway Sediment. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.

Banat, K.M., F.M., Howari, A.A., Al-Hamad .2005. Heavy metals in urban soils of central Jordan: Should we worry about their environmental risks? Environmental Research .V.97, pp. 258–273.

Callender, E. 2009. Heavy Metals in the Environment-Historical Trends, US Geological Survey, Westery, RI, USA

Christophoridis, C., D., Dedepsidis, K., Fytianos .2009. Occurrence and distribution of selected heavy metals in the surface sediments of Thermaikos Gulf, N. Greece. Assessment using pollution indicators Journal of Hazardous Materials.

Dean, W.E. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. Journal of Sedimentary Petrology. V.44, pp.242-248

Ellis, J.B., D.M., Revitt .1982. Incidence of Heavy Metals in Street Surface Sediments: Solubility and Grain Size Studies. Water, Air and Soil Pollution, Vol. 17, pp. 87-100.

- Folk, R.L. 1974. *petrology of sedimentary rocks*: Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, pp. 182.
- Forstner, U. 2004. *Sediment dynamics and pollutant mobility in river: An interdisciplinary approach, lake and reservoirs*. Research and management, vol 9. pp. 25-40.
- Forstner, U., G.T., Wittman. 1983. *Metal Pollution in the Aquatic, Environment*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 486.
- Gocht, T., K.M., Moldenhauer W., Puttmann. 2001. Historical record of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in floodplain sediments from the Rhine River (Hessisches Ried, Germany). *Appl. Geochem.* 16, pp. 1707-1721.
- Govindaraju, K. 1989. compilation of working values and sample description for 272 geostandards. *Geostand. Newslett.* 13, pp. 1-113.
- Henry, D. 1923. *Fundamentals of Soil Science*, Wiley; 8 edition, pp. 384.
- Hollert, H. 2003. A new sediment contact assay to assess particulate-bound pollutants using Zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *J. Soils Sediments.* V.3, pp. 197-207.
- Howari, F.M., K.M., Banat. 2001. Assessment of Fe, Zn, Cd, Hg, and Pb in the Jordan and Yarmouk River sediments in relation to their physicochemical properties and sequential extraction characterization. *Water Air Soil Pollut.* 132, pp. 43-59.
- Kamon, M., T., Katsumi, K., Watanabe. 2000. Heavy-metal leaching from cement stabilized waste sludge. *Geotech. High Water Content Mater. ASTM STP 1374*, pp. 123-136.
- Khashman, O.A., R.A. Shawabkeh. 2006. Metal Distribution in Soils around the Cement Factory in Southern Jordan *Environmental Pollution*, Vol. 140, pp. 387-394.
- Loring, D.H., R.T., Rantala. 1992. *Manual for the Geochemical Analysis of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter*, Earth Science Reviews, V.32. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 235-263.
- Loska, J. 1997. Use of enrichment and contamination factors together with geo accumulation indexes to evaluate the content of Cd, Cu and Ni in the Rybnik water reservoir in Poland, *Water, Air and Soil Pollution.* V.93, pp. 347-365.
- Loska, K., D., Wiechula. 2003. Application of principal component analysis for the estimation of source heavy metal contamination in surface sediments from Rybnik Reservoir. *Chemosphere.* V.51, pp. 723-733.
- MacFarlane, G.R., M.D., Burchett. 2000. Cellular distribution of Cu, Pb and Zn in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.). *Vierh. Aquat. Bot.* V. 68, pp. 45-59.
- Mandal, A., M., Voutchkov. 2011. Heavy Metals in Soils around the Cement Factory in Rockfort, Kingston, Jamaica *International Journal of Geosciences*, V. 2, pp. 48-54.
- Massart, D.L., L., Kaufman. 1983. *The interpretation of analytical chemical data by the use of cluster analysis*. New York: Wiley;
- Mucha, A.P., M.T.S.D., Vasconcelos, A.A., Bordalo. 2003. Macrobenthic community in the Doura estuary: relations with trace metals and natural sediment characteristics. *Environmental Pollution.* V.121, pp. 169.

Muller,G. 1979. Schwermetalle in den sedimenten des Rheins-Veränderungen seitt 1971. Umschan. V.79, pp.778-783.

Papadopoulos,P., D.L.,Rowell .1988. The reactions of Cadmium with calcium-carbonate surfaces. Soil Sci. V.39, pp.23-36.

Poppe,L.J.2001. A laboratory manual for X-Ray power diffraction, U.S.department of the Interior, U.S.geological survey open file report 01-041.

Ract,P.G., C.R.,Espinosa. J.A.S.,Teno rio .2003. Determination of Cu and Ni incorporation ratios in Portland cement clinker. Waste Manage. 23 (3), pp.281-285.

Semhi,K.h.,S.,Al-Khirabash. 2010. Dry Atmospheric Contribution to the Plant-Soil System Around a Cement Factory: Spatial Variations and Sources, a Case Study from Oman. Water Air Soil Pollut, V.205. pp.343-357.

Taylor,S.R. 1966. Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table. Geochemica et Cosmochimica Acta 28, pp. 1273-1285.

Turekian,K.K., K.H.,Wedepohl .1961. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. Geol. Soc. Am. Bull.V. 72, pp. 175-192.

US EPA.2006. Sample preparation and test method for soil and sediment. Retrieved March 19, 2006, from <http://www.epa.gov/sw-846 online/ method 3050b pdf>.

Yongming,H. 2006. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China, Sci. Total Environ. 355, pp.176-186.