





دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی

عنوان

بررسی غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی رودخانه کشکان (از
اتصال سرشاخه مادیانرود)، استان لرستان

حسین قاسم زاده

استاد راهنما

دکتر بهناز دهر آزما

اساتید مشاور

دکتر امیر حمزه حقی آبی

دکتر بیژن یوسفی یگانه

بهمن ماه ۱۳۹۰



دانشگاه علمی کاربردی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ :

ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد حسین قاسم زاده رشته: زمین شناسی گرایش: زیست محیطی تحت عنوان بررسی غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی رودخانه کشکان (از محل اتصال سرشاخه مادیاترود تا محل اتصال به سیمره)

که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه: بسیار) امتیاز (۱۸/۹۰) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	a عضو هیأت داوران
	استاد ارشد	دکتر احمد احمدی	۱- استاد راهنما
	استاد ارشد	دکتر امیر محمدی	۲- استاد مشاور
	استاد ارشد	دکتر امیر محمدی	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استاد ارشد	دکتر امیر محمدی	۴- استاد ممتحن
	استاد ارشد	دکتر امیر محمدی	۵- استاد ممتحن

دکتر سید علی حسینی
تأیید رئیس دانشکده:

تقدیم به

دست‌های زحمکش پدرم

و

محبت‌های بی‌دریغ مادرم

تقدیم به

برادرم آقای دکتر امید قاسم زاده

و

خواهرانم خانم دکتر سهامه و سکینه قاسم زاده

که همواره در طول تحصیل متحمل زحمت بودند و تکیه‌گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودشان مایه دلگرمی من می‌باشد

و

تقدیم به همسر من خانم نسیم یار مهرادی بخاطر همه فدک‌هایش

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس پروردگار یکتا را که لطف و کرم بی‌کرانش اینجانب را نیز در برگرفت تا به وسع توان خویش گامی کوچک در گستره علم و معرفت بردارم و میسر گشت تا از مزرعه دانش و تجربه بزرگان و نیک اندیشان خوشه‌چینی کرده باشم. شاکرم که به من فرصتی داد تا از محضر اساتید بزرگوار بهره گیرم و گامی هرچند کوچک در گستره بیکران علم و معرفت بردارم.

لازم می‌دانم که از زحمات فراوان استاد توانمندم سرکار خانم دکتر دهرآزما که با راهنمایی‌ها و نظرات ارزنده و صبر و حوصله فراوان، نقش مهمی در به ثمر رساندن این تحقیق داشته‌اند صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم، بی‌تردید انجام این پایان‌نامه بدون همکاری و راهنمایی ایشان هرگز ممکن نبود. از اساتید مشاور بزرگوارم آقایان دکتر امیر حمزه حقی‌آبی و دکتر بیژن یوسفی یگانه که مرا در انجام این رساله یاری دادند کمال تشکر را دارم. از اساتید محترم دوره کارشناسی ارشد، آقایان دکتر کرمی، دکتر طاهری، دکتر صادقیان، دکتر حافظی مقدس، دکتر قشلاقی، دکتر فردوست، دکتر کاظمی و دکتر جعفری بسیار سپاسگزارم. از کارشناسان دانشکده علوم زمین، آقایان مهندس خانعلی‌زاده و مهندس میر باقری و خانم‌ها مهندس سعیدی و مهندس فارسی کمال تشکر را دارم. مراتب سپاسگزاری از کارشناسان زحمتکش شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان آقایان مهندس بهروز ابراهیمی و مهندس سعیدی، به عمل می‌آید. از آقای قاسمیان، بازنمود، بهاری، یارمرادی، و آقای مهندس حسن قاسم‌زاده، بخاطر همه زحماتشان سپاسگزارم. همچنین برای دوستان بسیار خوبم که هیچگاه مرا در طول این دوره تنها نگذاشته و همواره مرا یاری کرده‌اند به خصوص آقایان گراوند، نعیمی، بسکابادی، کردوانی، شفیعی، قاسمی، محمودی، فتحی، زارع، آدینه‌وند، تیموری، امامی، قفقازی و خانمها رفیعی، اسکندری، آذرپیکان، غیورانه، رحمتی، امیری، رستمی، منصوری و آذر می از صمیم قلب آرزوی بهترین‌ها را دارم.

تعهد نامه

اینجناب حسین قاسم زاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی زیست محیطی دانشکده علوم زمین . دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی رودخانه کشکان (از اتصال سرشاخه مادبانرود)، استان لرستان تحت راهنمایی دکتر بهناز دهرآزما متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجناب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در موردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

رودخانه کشکان یکی از مهمترین رودخانه های استان لرستان و منبع مهم تامین آب شرب، کشاورزی و صنعتی در منطقه محسوب می شود. جهت جریان این رودخانه از شمال شرق به جنوب غرب می باشد و از مهمترین سرشاخه های رودخانه کرخه می باشد. در این مطالعه سعی شده است که غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی آن (از محل اتصال سرشاخه مادبانرود تا محل اتصال به رودخانه سیمره) مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد. به این منظور ۱۵ نمونه رسوب و ۱۵ نمونه آب برای اندازه گیری پارامترهای فیزیکو شیمیایی و تعیین کاتیون ها و آنیون ها و انجام آزمایشات ICP – MS برداشت گردید. از بین عناصر و فلزات آنالیز شده، یازده عنصر آهن، آلومینیوم، نیکل، مس، سرب، کبالت، استرانسیوم، سلنیوم، روی، آرسنیک و کروم با توجه به اولویت های زیست محیطی و مقدار و تغییرات غلظت آنها در منطقه انتخاب شد. بطور کلی سازندهای منطقه به سه دسته تبخیری، کربناته و تخریبی آواری تقسیم می شوند. مطالعات رسوب شناسی معلوم ساختند که بافت رسوبی بستر رودخانه از گراول ماسه ای تا ماسه گلی گراولی در مسیر رودخانه در حال تغییر می باشد. از بالادست منطقه مطالعاتی به پایین دست آن درصد مواد آلی افزایش و میزان کربنات کلسیم رسوبات بیشتر متاثر از سازند گچساران می باشد. نیکل، آهن، کبالت، آلومینیوم و کروم در رسوبات متاثر از سازندهای کشکان و امیران و استرانسیوم و سلنیوم در رسوبات متاثر از سازند گچساران بیشترین غلظت و غنی شدگی را دارا بوده و احتمالاً دارای منشاء زمین زاد می باشند. مس، روی، سرب و آرسنیک در رسوبات احتمالاً دارای منشاء زمین زاد و بشرزاد بوده، بطوریکه حداکثر غلظت این عناصر در ایستگاه اول که متاثر از تلمبه خانه نفت افرینه و باغات انجیر زورانتل می باشد به بالاترین مقدار می رسد. حداکثر درجه آلودگی در ایستگاه اول (متاثر از عوامل بشرزاد) و ششم (متاثر از عوامل زمین زاد) محاسبه گردید. سازندهای تخریبی آواری بیشترین و سازندهای تبخیری کمترین بار آلودگی فلزی (PLI) را در رسوبات رودخانه کشکان ایجاد می کنند. مقایسه غلظت عناصر با مقادیر TEC و PEC نشان می دهد که کیفیت رسوبات در ایستگاههای سوم و نهم بیشتر از سایر ایستگاهها نگران کننده می باشد. نتایج بررسی کیفیت آب نشان می دهد که کیفیت آب رودخانه کشکان بیشتر تحت تاثیر سازندهای تبخیری و کربناته قرار می گیرد. تیپ آب رودخانه کربناته کلسیک و pH آن قلیایی می باشد. آب رودخانه کشکان نسبت به کانیهای دولومیت، کلسیت، آراگونیت، هماتیت و گوتیت فوق اشباع می باشد. غلظت آلومینیوم و آهن بالاتر از استاندارد WHO 2008 می باشد و غلظت مس، سلنیوم، کبالت، نیکل، آهن، و استرانسیوم بالاتر از متوسط غلظت عناصر در آب رودخانه ها می باشند.

شاخص فلزی در غالب ایستگاههای رودخانه کشکان بالاتر از یک بوده، بنابراین آب در این ایستگاهها آلوده محسوب می شود.

کلمات کلیدی: رسوب، آب، عناصر سنگین، آلودگی، رودخانه کشکان

مقالات ارائه شده از این پایان نامه:

۱- ارزیابی کیفی آب رودخانه کشکان (از محل اتصال سرشاخه مادیان رود) در جهت بهبود مدیریت کیفیت آب منطقه، چهارمین همایش مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه امیر کبیر، تهران، اردیبهشت ۱۳۹۰.

۲- تاثیر سازندهای رخنمون یافته در تاقدیس‌های سلطان و سرکان بر کیفیت آب رودخانه کشکان، هفتمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی شاهرود، شهریور ۱۳۹۰.

۳- بررسی تاثیر فعالیت کشاورزی بر غظت آنیون های کلر و نیترات در رودخانه کشکان- استان لرستان ، هفتمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، آبان ماه ۱۳۹۰.

فصل اول: کلیات

۲	.....مقدمه
۳	.....بیان مسئله
۴	.....ضرورت انجام تحقیق
۵	.....اهداف تحقیق
۶	.....روش تحقیق
۸	.....خصوصیات منطقه مورد مطالعه
۹	.....مشخصات حوضه آبریز
۱۱	.....شرایط آب و هوایی منطقه
۱۱	.....پوشش گیاهی منطقه
۱۲	.....ساختار پایان نامه

فصل دوم: زمین شناسی منطقه

۱۴	.....۱-۲- مقدمه
۱۵	.....۲-۲- چینه‌شناسی عمومی منطقه
۱۷	.....۱-۲-۲- سازند سروک (آلبین - تورونین)
۱۷	.....۲-۲-۲- سازند ایلام (سانتونین - کامپانین)
۱۸	.....۳-۲-۲- سازند گورپی (کامپانین - پالتوسن)
۱۹	.....۴-۲-۲- سازند امیران (مائستریشتین پسین - پالتوسن)
۲۰	.....۵-۲-۲- سازند تله زنگ (پالتوسن - ائوسن)
۲۰	.....۶-۲-۲- سازند کشکان (پالتوسن - ائوسن میانی)
۲۱	.....۷-۲-۲- سازند شهبازان (اتوسن میانی - بالایی)
۲۲	.....۸-۲-۲- سازند آسماری (الیگو میوسن - میوسن)
۲۴	.....۹-۲-۲- سازند گچساران (میوسن زیرین)
۲۴	.....۱۰-۲-۲- سازند آغاچاری (میوسن پسین - پلیوسن)
۲۵	.....۱-۲-۲- رسوبات جوان کواترنر
۲۵	.....۱۲-۲-۲- وایزه های ناشی از لند اسلاید (کواترنر)
۲۶	.....۱۳-۲-۲- رسوبات سدی دریاچه‌ای (کواترنر)
۲۷	.....۳-۲- زمین ریخت شناس منطقه
۲۸	.....۳-۲- تافدیس‌ها
۳۰	.....۳-۲- تنگ‌ها
۳۰	.....۳-۲- اشکال ناشی از انحلال آهک و فرسایش کارستیک
۳۰	.....۴-۳-۲- لغزش لایه های زمین‌شناسی (لند اسلاید)

۳۱	.....۵-۲ تهیه مقاطع نازک از رسوبات سطحی رودخانه کشکان.....
	فصل سوم: مروری بر مطالعات پیشین
۳۶	.....۱-۳ مقدمه.....
۳۷	.....۲-۳ فرایندها و پارامترهای کنترل کننده ته نشینی و تحرک عناصر سنگین در آب و رسوبات رودخانه.....
۳۷	.....۱-۲-۳ مواد آلی.....
۳۷	.....Eh- pH-۳-۲-۳.....
۳۹	.....۲-۲-۳ بافت رسوبی.....
۴۰	.....۳-۳ آلودگی آب و رسوبات سطحی رودخانه ها.....
۴۱	.....۱-۳-۳ پیشینه تحقیق در ایران.....
۴۵	.....۲-۳-۳ پیشینه تحقیق در جهان.....
۵۰	.....۴-۳ مطالعات انجام شده در محدوده مورد مطالعه.....
	فصل چهارم: مواد و روشها
۵۲	.....۱-۴ مقدمه.....
۵۲	.....۲-۴ تعیین ایستگاههای نمونه برداری آب و رسوب.....
۵۵	.....۱-۲-۴ ایستگاه یکم (رودخانه کشکان در بالادست منطقه مورد مطالعه).....
۵۶	.....۲-۲-۴ ایستگاه دوم (مادیانرود).....
۵۶	.....۳-۲-۴ ایستگاه سوم (تنگه آسماری).....
۵۷	.....۴-۲-۴ ایستگاه چهارم (بعد از سازند کشکان و تله زنگ).....
۵۷	.....۵-۲-۴ ایستگاه پنجم (قبل از روستای خلج).....
۵۷	.....۶-۲-۴ ایستگاه ششم (بعد از روستای خلج).....
۵۷	.....۷-۲-۴ ایستگاه هفتم (ابتدای ناودیس فشرده آسماری).....
۵۸	.....۸-۲-۴ ایستگاه هشتم (انتهای ناودیس فشرده آسماری).....
۵۸	.....۹-۲-۴ ایستگاه نهم (بعد از روستای ملاوی).....
۵۸	.....۱۰-۲-۴ ایستگاه دهم (قبل از شهرستان پلدختر).....
۵۹	.....۱۱-۲-۴ ایستگاه یازدهم (بعد از شهرستان پلدختر).....
۶۱	.....۱۲-۲-۴ ایستگاه دوازدهم (رودخانه کشکان بعد از روستاها و کشاورزی).....
۶۱	.....۱۳-۲-۴ ایستگاه سیزدهم (رودخانه کشکان در پایین دست منطقه مورد مطالعه).....
۶۱	.....۱۴-۲-۴ ایستگاه چهاردهم (رودخانه سیمره).....
۶۱	.....۱۵-۲-۴ ایستگاه پانزدهم (رودخانه کرخه).....
۶۲	.....۳-۴ نمونه برداری آب و رسوب.....
۶۳	.....۱-۳-۴ نمونه برداری و آماده سازی نمونه های آب رودخانه.....
۶۴	.....۲-۳-۴ نمونه برداری و آماده سازی نمونه های رسوب رودخانه.....
۶۵	.....۴-۴ دانه بندی رسوبات.....
۶۶	.....۵-۴ تعیین pH.....

۶۶	.....۱-۵-۴ تعیین pH رسوبات.....
۶۶	.....۲-۵-۴ تعیین pH آب.....
۶۷	.....۶-۴ اندازه گیری مواد آلی رسوب.....
۶۷	.....۷-۴ تعیین میزان کربنات کلسیم (CaCO ₃) رسوبات.....
۶۷	.....۸-۴ تعیین EC رسوب و آب.....
۶۷	.....۱-۸-۴ تعیین EC رسوب.....
۶۸	.....۲-۸-۴ تعیین EC آب.....
۶۸	.....۹-۴ تعیین غلظت عناصر سنگین.....
۶۸	.....۱۰-۴ تهیه مقطع نازک از رسوبات.....
۶۹	.....۱۱-۴ تعیین غلظت آنیونها و کاتیونها و سایر پارامترهای فیزیکی شیمیایی نمونه‌های آب.....
۶۹	.....۱۲-۴ فاکتورها و شاخص های استفاده شده در تحلیل داده‌های رسوبی و مطالعات هیدرولیکی زیست محیطی.....
۶۹	.....۱-۱۲-۴ فاکتور غنی شدگی (Enrichment Factor).....
۷۰	.....۲-۱۲-۴ شاخص زمین انباشت (Geo Accumulations Index).....
۷۱	.....۳-۱۲-۴ فاکتور آلودگی (Contamination Factor) و درجه آلودگی (Contamination Degree).....
۷۳	.....۴-۱۲-۴ فاکتور بار آلودگی (Pollution Load Index).....
۷۳	.....۵-۱۲-۴ آنالیز خوشه‌ای (Cluster Analysis).....
۷۴	.....۶-۱۲-۴ تحلیل مولفه اصلی (Principal Component Analysis).....
۷۴	.....۷-۱۲-۴ ضریب همبستگی (Correlation Coefficient).....
	فصل پنجم: ارزیابی آلودگی عناصر سنگین در رسوبات سطحی رودخانه کشکان.....
۷۷	.....۱-۵-۱ مقدمه.....
۷۷	.....۲-۵-۲ همبستگی بین عناصر و پارامترهای رسوب‌شناسی.....
۸۱	.....۱-۳-۵ بررسی خصوصیات رسوب‌شناسی.....
۸۴	.....۲-۳-۵ بررسی تغییرات pH رسوبات.....
۸۵	.....۳-۳-۵ EC.....
۸۶	.....۴-۳-۵ مواد آلی.....
۸۷	.....۵-۳-۵ کربنات کلسیم.....
۸۷	.....۴-۵ بررسی تغییرات و پراکنش غلظت عناصر در رسوبات مورد مطالعه.....
۸۸	.....۱-۴-۵ نیکل (Ni).....
۸۹	.....۲-۴-۵ مس (Cu).....
۹۱	.....۳-۴-۵ روی (Zn).....
۹۲	.....۴-۴-۵ آرسنیک (As).....
۹۳	.....۵-۴-۵ کروم (Cr).....

۹۵	.....۶-۴-۵- سلنیوم(Se)
۹۶	.....۷-۴-۵- استرانسیوم(Sr)
۹۷	.....۸-۳-۵- آهن(Fe)
۹۹	.....۹-۴-۵- آلومینیوم(Al)
۱۰۱	.....۱۰-۴-۵- کبالت (CO)
۱۰۱	.....۱۱-۴-۵- سرب(Pb)
۱۰۳	.....۵-۵- بررسی تغییرات فاکتور غنی‌شدگی (EF) در رسوبات رودخانه کشکان
۱۰۸	.....۶-۵- بررسی تغییرات شاخص زمین انباشت (Igeo) در رسوبات رودخانه کشکان
۱۱۱	.....۷-۵- فاکتور آلودگی (CF) و درجه آلودگی (Cd) در رسوبات رودخانه کشکان
۱۱۴	.....۸-۵- محاسبه PLI در رسوبات رودخانه کشکان
۱۱۵	.....۹-۵- بررسی کیفیت رسوبات رودخانه کشکان براساس (SQGs)
۱۲۱	.....۱۰-۵- آنالیز خوشه‌ای (CA) در رسوبات رودخانه
۱۲۲	.....۱۱-۵- تحلیل مولفه اصلی (PCA) در رسوبات رودخانه

فصل ششم: بحث و بررسی کیفیت آب رودخانه

کشکان.....

۱۲۵	.....۱-۶- مقدمه
۱۲۹	.....۲-۶- بررسی همبستگی عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب
۱۲۸	.....۳-۶- بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب رودخانه کشکان
۱۲۹	.....۱-۳-۶- pH
۱۲۹	.....۲-۳-۶- هدایت الکتریکی (EC)
۱۳۱	.....۳-۳-۶- سختی (TH)
۱۳۲	.....۴-۳-۶- غلظت آنیونها
۱۳۴	.....۵-۳-۶- غلظت کاتیونها
۱۳۴	.....۶-۳-۶- TDS
۱۳۵	.....۴-۶- تیپ آب در رودخانه کشکان
۱۳۸	.....۵-۶- شاخص اشباع شدگی در نمونه‌های آب رودخانه کشکان
۱۳۸	.....۶-۶- بررسی تغییرات و پراکنش غلظت عناصر در آب رودخانه کشکان
۱۴۲	.....۱-۶-۶- مس (Cu)
۱۴۲	.....۲-۶-۶- آلومینیوم (Al)
۱۴۴	.....۳-۶-۶- آرسنیک (As)
۱۴۶	.....۴-۶-۶- کروم (Cr)
۱۴۷	.....۵-۶-۶- آهن (Fe)
۱۴۸	.....۶-۶-۶- نیکل (Ni)
۱۴۹	.....۷-۶-۶- روی (Zn)
۱۵۲	.....۸-۶-۶- سرب (Pb)

۱۵۲	.....۹-۶-۶- سلنیوم (Se).....
۱۵۳	.....۱۰-۶-۶- کبالت (CO).....
۱۵۴	.....۱۱-۶-۶- استرانسیوم (Sr).....
۱۵۶	.....۷-۶- بررسی شاخص فلزی (MI) در آب رودخانه.....
۱۵۸	.....۸-۶- تحلیل های آماری بکمک SPSS.....
۱۵۸	.....۱-۸-۶- آنالیز خوشه‌ای (CA).....
۱۵۹	.....۲-۸-۶- تحلیل مولفه اصلی (PCA).....
۱۶۰	.....۹-۶- مقایسه غلظت عناصر مورد بررسی با حد مجاز در آب رودخانه.....

فصل هفتم : نتیجه گیری و

پیشنهادات.....

۱۶۵	.....۱-۷- مقدمه.....
۱۶۵	.....۲-۷- ارزیابی کیفیت و آلودگی در رسوبات رودخانه کشکان و ارتباط آن با منابع آلاینده.....
۱۷۲	.....۳-۷- ارزیابی کیفیت و آلودگی در آب رودخانه کشکان و ارتباط آن با عوامل آلاینده.....
۱۷۵	.....۴-۷- پیشنهادات برای تحقیقاتی در آینده.....

۱۷۸منابع.....
-----	-----------------

.....

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): راههای دسترسی به محدوده مطالعات..... ۸
- شکل (۲-۱): حوضه آبریز محدوده مورد مطالعه..... ۱۰
- شکل (۱-۲): نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و موقعیت رودخانه کشکان و آبراهه ها بر روی آن (اکتباس از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ / زمین شناسی پلدختر)..... ۱۶
- شکل (۲-۲): لایه های سرخ رنگ سازند کشکان با واریزهای آهکی و دولومیتی آهکی سازند آسماری - شهبازان..... ۲۲
- شکل (۳-۲) ماسه سنگ و کنگلومرای سازند کشکان (انواع چرت با رنگهای متفاوت)..... ۲۲
- شکل (۴-۲): رسوبات سدی دریاچه ۳۱ در انتهای حوضه آبریز..... ۲۷
- شکل (۵-۲): ناودیس ساده و باریک (فشرده) آسماری (ایستگاه هفتم)..... ۲۸
- شکل (۶-۲): تناوب لایه های زمین شناسی منطقه در تاقدیس سلطان ۲۹
- شکل (۷-۲): لنداسلاید سیمره در انتهای حوضه کشکان..... ۳۱
- شکل (۷-۲): مقاطع نازک از رسوبات رودخانه کشکان..... ۳۴
- شکل (۱-۳): تحرک عناصر در Eh - pH های مختلف (Bradl 2005)..... ۳۸
- شکل (۱-۴): موقعیت ایستگاههای نمونه برداری بر روی نقشه زمین شناسی (اکتباس از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ پلدختر)..... ۵۳
- شکل (۲-۴): ایستگاه اول نمونه برداری، باغات انجیر در جوار رودخانه کشکان (روستای زورانتل) ۵۵
- شکل (۳-۴): ایستگاه دوم نمونه برداری، سرشاخه مادیانرود، قبل از اتصال رودخانه مادیانرود به کشکان..... ۵۶
- شکل (۴-۴): ایستگاه ششم انتهای سازند امیران و روستای خلیج ۵۷
- شکل (۵-۴): ایستگاه هشتم، انتهای ناودیس آسماری فشرده..... ۵۸
- شکل (۶-۴): مزارع سبزی قبل روستای ملاوی..... ۵۹
- شکل (۷-۴): ایستگاه نهم بعد از روستای ملاوی..... ۵۹
- شکل (۸-۴): ایستگاه دهم ، قبل از شهرستان پلدختر (مزارع سبزی جوار رودخانه)..... ۶۰
- شکل (۹-۴): ورود فاضلاب پلدختر بداخل رودخانه..... ۶۰
- شکل (۱۰-۴): ایستگاه یازدهم، استفاده از رودخانه برای شنا و ماهیگیری..... ۶۰
- شکل (۱۱-۴): ایستگاه پانزدهم: محل اتصال کشکان به رودخانه سیمره و تشکیل کرخه..... ۶۲
- شکل (۱۲-۴): نمونه برداری آب..... ۶۳
- شکل (۱۳-۴): نمونه برداری رسوبات سطحی رودخانه..... ۶۴
- شکل (۱۴-۴) طبقه بندی بافت رسوب براساس مثلث فولک (۱۹۵۴)..... ۶۵
- شکل (۱۵-۴) همبستگی مثبت، منفی و بدون همبستگی..... ۷۵

- شکل (۵-۱): نامگذاری بافت رسوب با استفاده مثلث فولک (۱۹۵۴)..... ۸۲
- شکل(۵-۲): تغییرات بافت و دانه‌بندی در نمونه‌های رسوب..... ۸۳
- شکل (۵-۳): تغییرات pH در نمونه های رسوب..... ۸۵
- شکل (۵-۴): تغییرات EC در نمونه های رسوب..... ۸۶
- شکل (۵-۵): تغییرات مواد آلی در نمونه های رسوب..... ۸۶
- شکل (۵-۶): تغییرات کربنات کلسیم نمونه های رسوب..... ۸۷
- شکل (۵-۷): تغییرات غلظت نیکل در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۸۹
- شکل (۵-۸): تغییرات غلظت مس در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۹۰
- شکل (۵-۹): تغییرات غلظت روی در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۹۲
- شکل (۵-۱۰): تغییرات غلظت آرسنیک در مقایسه با W.M.S رسوبات رودخانه..... ۹۴
- شکل (۵-۱۱): تغییرات غلظت کروم در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۹۵
- شکل (۵-۱۲): تغییرات غلظت سلنیم در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۹۷
- شکل (۵-۱۳): تغییرات غلظت استرانسیم در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۹۸
- شکل (۵-۱۴): تغییرات غلظت آهن در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۹۹
- شکل (۵-۱۵): تغییرات غلظت آلومینیوم در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۱۰۰
- شکل (۵-۱۶): تغییرات غلظت کبالت در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۱۰۲
- شکل (۵-۱۷): تغییرات غلظت سرب در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه..... ۱۰۳
- شکل(۵-۱۸): مجموع فاکتور غنی شدگی برای نه عنصر در ایستگاههای رودخانه کشکان..... ۱۰۶
- شکل(۵-۱۹): میانگین فاکتور غنی شدگی برای هر عنصر در رسوبات رودخانه کشکان..... ۱۰۶
- شکل(۵-۲۰): تغییرات فاکتور غنی شدگی عناصر در ایستگاههای نمونه برداری رودخانه کشکان..... ۱۰۷
- شکل(۵-۲۱): تغییرات Igeo برای عناصر در رسوبات رودخانه..... ۱۰۹-۱۱۰
- شکل (۵-۲۲): مقایسه شاخص زمین انباشت برای عناصر مختلف در رسوبات رودخانه..... ۱۱۱
- شکل(۵-۲۳): تغییرات PLI رسوبات رودخانه کشکان در ایستگاههای مختلف..... ۱۱۴

- شکل (۵ - ۲۴): مقایسه تغییرات عنصر نیکل با مقادیر SQGs..... ۱۱۷
- شکل (۵ - ۲۵): مقایسه تغییرات عنصر مس با مقادیر SQGs..... ۱۱۷
- شکل (۵ - ۲۶): مقایسه تغییرات عنصر سرب با مقادیر SQGs..... ۱۱۸
- شکل (۵ - ۲۷): مقایسه تغییرات عنصر روی با مقادیر SQGs..... ۱۱۸
- شکل (۵ - ۲۸): مقایسه تغییرات عنصر آرسنیک با مقادیر SQGs..... ۱۱۹
- شکل (۵ - ۲۹): مقایسه تغییرات عنصر کروم با مقادیر SQGs..... ۱۱۹
- شکل (۵ - ۳۰): مقایسه تغییرات عنصر آهن با مقادیر SQGs..... ۱۲۰
- شکل (۵ - ۳۱): مقایسه تغییرات عنصر منگنز با مقادیر SQGs..... ۱۲۱
- شکل (۵ - ۳۲): آنالیز خوشه‌ای عناصر در رسوبات رودخانه کشکان..... ۱۲۲
- شکل (۵ - ۳۳): نمودار سه بعدی PCA برای عناصر مورد مطالعه در رسوبات رودخانه کشکان..... ۱۲۳
- شکل (۶-۱): تغییرات pH در آب رودخانه کشکان..... ۱۳۱
- شکل (۶-۲): تغییرات (EC(μS.cm) در آب رودخانه کشکان..... ۱۳۲
- شکل (۶-۳): تغییرات سختی در آب رودخانه کشکان..... ۱۳۲
- شکل (۶-۴): تغییرات غلظت آنیونها در آب رودخانه کشکان..... ۱۳۳
- شکل (۶-۵): تغییرات غلظت کاتیونها در آب رودخانه کشکان..... ۱۳۴
- شکل (۶-۶): تغییرات غلظت TDS در آب رودخانه کشکان..... ۱۳۵
- شکل (۶-۷): تیپ آب رودخانه کشکان (نمودارهای استیف) برای هر ایستگاه و نمودار پایپر برای همه ایستگاههای نمونه برداری..... ۱۳۶-۱۳۷
- شکل (۶-۸): ضریب اشباع کانیهای حاصل از آنیونها و کاتیونها اصلی در آب رودخانه..... ۱۳۹
- شکل (۶-۹): شاخص اشباع شدگی کانیهای عناصر مورد بررسی در آب رودخانه..... ۱۳۹
- شکل (۶-۱۰): نمودارهای pH - Eh عناصر مورد بررسی (Takeno 2005)..... ۱۴۰
- شکل (۶-۱۱): تغییرات غلظت مس در آب رودخانه کشکان..... ۱۴۳
- شکل (۶-۱۲): تغییر غلظت آلومینیوم در رودخانه کشکان..... ۱۴۴

- شکل (۶-۱۳): تغییر غلظت آرسنیک در رودخانه کشکان..... ۱۴۵
- شکل (۶-۱۴): تغییر غلظت کروم در رودخانه کشکان..... ۱۴۷
- شکل (۶-۱۵): تغییر غلظت آهن در رودخانه کشکان..... ۱۴۹
- شکل (۶-۱۶): تغییر غلظت نیکل در رودخانه کشکان..... ۱۵۰
- شکل (۶-۱۷): تغییر غلظت روی در رودخانه کشکان..... ۱۵۱
- شکل (۶-۱۸): تغییر غلظت سرب در رودخانه کشکان..... ۱۵۳
- شکل (۶-۱۹): تغییر غلظت عنصر سلنیوم در رودخانه..... ۱۵۴
- شکل (۶-۲۰): تغییر غلظت کبالت در رودخانه کشکان..... ۱۵۵
- شکل (۶-۲۱): تغییر غلظت استرانسیوم در رودخانه..... ۱۵۶
- شکل (۶-۲۲): تغییرات شاخص فلزی در رودخانه کشکان..... ۱۵۷
- شکل (۶-۲۳): آنالیز خوشه ای عناصر مورد مطالعه در رودخانه کشکان..... ۱۵۹
- شکل (۶-۲۴): نمودار سه بعدی PCA برای عناصر مورد مطالعه آب رودخانه کشکان..... ۱۶۰
- شکل (۶-۲۵): مقایسه غلظت عناصر با مقادیر MCE در رودخانه..... ۱۶۳

فهرست جداول

۵۴	جدول (۱-۴): موقعیت محل‌های نمونه برداری آب و رسوبات رودخانه کشکان.....
۷۰	جدول (۲-۴): رده بندی مقادیر فاکتور غنی شدگی (Sutherland 2000).....
۷۱	جدول (۳-۴): مقادیر شاخص زمین انباشتگی در تعیین آلودگی رسوب (Muller) 1995.....
۷۲	جدول (۴-۴): ارتباط میزان آلودگی با Cd, CF و (Hoda & khaled) 2009).....
۷۲	جدول (۴-۵): مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده mcd (2005) (Abraham,.....
۷۷	جدول (۱-۵): مقادیر برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و رسوب شناسی در نمونه‌های رسوب.....
۷۸	جدول (۲-۵): غلظت عناصر و فلزات سنگین در نمونه های رسوب بر حسب (ppm).....
۷۹	جدول (۳-۵): مقادیر همبستگی بین عناصر و پارامترهای رسوبی.....
۱۰۴	جدول (۴-۵): تغییرات فاکتور غنی شدگی رسوبات رودخانه کشکان.....
۱۰۸	جدول (۵-۵): تغییرات شاخص زمین انباشت در رسوبات رودخانه کشکان.....
۱۱۲	جدول (۶-۵): محاسبه فاکتور آلودگی در رسوبات رودخانه کشکان.....
۱۱۳	جدول (۷-۵): تغییرات درجه آلودگی و درجه آلودگی اصلاح شده در ایستگاههای نمونه برداری رودخانه کشکان.....

...

فصل اول: کلیات

جدول (۵-۸): مقادیر PLI در رسوبات رودخانه

کشکان.....
۱۱۴

جدول (۶-۱): مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب رودخانه کشکان

.....
۱۲۶

جدول (۶-۲): غلظت عناصر در آب رودخانه کشکان بر حسب

ppb.....
۱۲۷

جدول (۶-۳): همبستگی بین عنصر اصلی و پارامترهای شیمیایی

فیزیکی.....
۱۲۸

جدول (۶-۴): محاسبه MI برای نمونه های آب رودخانه

کشکان.....
۱۵۷

جدول (۶-۵): غلظت میانگین آب رودخانه برای عناصر مورد بررسی (Kabata Pendias and

.....(Mukherjee,2007)
۱۶۱

فصل اول

کلیات

رودخانه‌ها بعنوان یکی از منابع اساسی تامین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح می‌باشند. با توجه به اهمیت این منابع آبی و خشکسالیهای سالهای اخیر حفظ این منابع یکی از وظایف مهم می‌باشد. این منابع بعنوان محل تخلیه فاضلاب‌های خانگی و شهری، پساب‌های کارخانه‌ها و زهکشی‌های کشاورزی می‌باشند. با توجه به اینکه هر رودخانه تا حدود معینی ظرفیت پذیرش آلاینده‌های ورودی را دارا می‌باشد، بنابراین امروزه بررسی کیفیت و اکولوژی این منابع از جمله تحقیقات مطرح می‌باشد. با شناخت نقاط بحرانی و در آستانه آلودگی زیست محیطی می‌توان راهکارهای مناسبی برای رفع آلودگی و مدیریت صحیح آنها ارائه کرد (دریکوندی و همکاران ۱۳۸۹). عدم آگاهی از کیفیت رودخانه‌ها باعث بروز ضررهای جبران ناپذیر شده، و باعث صرف هزینه‌هایی گزاف برای اصلاح کیفیت آب گردیده است (قاضی زاده و همکاران ۱۳۸۵). آلودگی از منابع مختلف زمین‌زاد و بشرزاد وارد رودخانه‌ها می‌گردد. از جمله آنها می‌توان به آلودگیهای نفتی، آلودگی عناصر کمیاب، آلودگیهای رادیواکتیو و آلودگی فلزات سنگین که تأثیر زیادی روی تندرستی و زندگی گیاهان و جانوران آبی دارند اشاره نمود، که در نهایت موجب زوال محیط زیست می‌گردند (خیرور ۱۳۸۹). فلزات سنگین غیر قابل تجزیه هستند و در بافتهای بدن تجمع یافته و باعث اختلال در متابولیسم بدن موجودات زنده می‌شوند (Lohani 2008).

نبود زیر ساخت‌های بهداشتی و حفاظتهای زیست محیطی و افزایش جمعیت همراه با شهرسازی و شهرنشینی بویژه در کشورهای در حال توسعه از جمله عوامل آلودگی رودخانه‌ها به فلزات سنگین و تغییر کیفیت آب رودخانه‌ها می‌باشد (Ahmad et al 2010). این منابع آلوده کننده هم بصورت متمرکز (پسابهای صنعتی و شهری) و هم بصورت غیر متمرکز نظیر هرز آبها و زهابهای کشاورزی بر افت کیفیت و آلودگی رودخانه‌ها تأثیر بسزایی دارند (Massoud et al 2006).

در نتیجه هوازدگی فیزیکی و شیمیایی فرسایش خاک، ذرات خاک از پوسته زمین جدا شده و پس از ورود به رودخانه‌ها، توسط آب حمل می‌شوند. لذا باتوجه به زمین شناسی هر منطقه رودخانه‌ها حامل فلزات سنگین موجود در سازندها و رسوبات حوضه آبریز می‌باشند که این امر ضرورت تحقیق در مورد نحوه‌ی توزیع عناصر آلاینده در محیط اطراف رودخانه را نمایان می‌سازد. رسوبات رودخانه‌ها میتوانند محل مناسبی جهت ذخیره‌سازی و تجمع مواد آلاینده باشند که تحت شرایط خاص فیزیکی و شیمیایی مواد آلوده دفن شده در این رسوبات آزاد گشته و وارد فاز محلول گردیده و باعث آلودگی آب رودخانه می‌گردند (انصاری و همکاران ۱۳۸۵).

رودخانه کشکان یکی از مهمترین رودخانه‌های استان لرستان و منبع مهم تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعتی در استان می‌باشد. این رودخانه باعث زهکشی حوضه آبریز کشکان شده و در توسعه و گسترش اراضی کشاورزی مخصوصا در جوار آن نقش مهمی ایفا می‌کند. همچنین از آب رودخانه در صنایع شیلات، پرورش ماهی و آبیان استفاده می‌شود.

این فصل به بیان مسئله، ضرورت انجام تحقیق، روش تحقیق، خصوصیات منطقه مورد مطالعه، و حوضه آبریز و سازمان‌بندی پایان نامه حاضر اختصاص داده شده است.

۱-۲- بیان مسئله

آبراهه اصلی و سرشاخه‌های فرعی رودخانه کشکان تحت تأثیر زهاب کشاورزی اطراف رودخانه، فاضلابهای شهری، روستایی و همچنین متاثر از سنگ شناسی متنوع حوضه خود می‌باشد. در تمام طول مسیر از آب رودخانه کشکان جهت مصارف کشاورزی (کشت سبزی، خیار و باغات انجیر و...) استفاده می‌شود. در منطقه مورد مطالعه رودخانه تحت تأثیر باغات انجیر بخش افرینه و زورانتل، مزارع سبزی روستاهای خلج، ملاوی و بابا زید، فاضلاب شهر پلدختر و در نهایت تحت تأثیر مزارع خیار، گندم و... روستاهای پایین دست شهرستان پلدختر (چم قلعه، چم مهر و...) قرار دارد. بخش عمده

ای از آب رودخانه جهت فعالیتهای کشاورزی مصرف و زهاب ناشی از آن بصورت عمقی و رواناب سطحی وارد رودخانه کشکان می‌شود. زهابهای کشاورزی حاوی املاح محلول، بقایای سموم دفع آفات نباتی و علف کش ها و بقایای کودهای شیمیایی بویژه نیترات، سموم آفات نباتی و عناصر سنگین می باشد. زمین شناسی منطقه از سنگ شناسی متنوعی برخوردار می‌باشد. سازندهای تبخیری، سازندهای کربناته (آهکی، آهکی - دولومیتی، آهکی - شیلی) و سازندهای تخریبی با منشا افیولیت ملانژ موجود در محدود مطالعاتی هریک با توجه به جنس و محتوی عناصر خود، آب و رسوبات رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این مطالعه پس از ارائه اهمیت مطالعات آب‌شناسی و رسوب شناسی و نقش فلزات سنگین و سایر آلایندها در آلودگی رودخانه‌ها، به بررسی عوامل آلاینده طبیعی و انسانزاد در رودخانه کشکان پرداخته و غلظت و تغییر عناصر سنگین موجود در محدوده مورد مطالعه از حوضه آبریز کشکان از سرشاخه مادیان رود (که شاخه فرعی می باشد) تا محل اتصال به سیمره و تشکیل کرخه بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

منابع آبی خصوصاً روان آبهای سطحی (رودخانه‌ها) اهمیت زیادی در تأمین نیازهای آبی انسانی، حیوانات و صنایع داشته و با توجه به منابع آبی قابل استفاده، لزوم حفاظت آنها در برابر آلودگی‌ها بیش از پیش مطرح می‌باشد. آلودگی رودخانه‌ها به فلزات سنگین، در اثر عوامل طبیعی و تخلیه‌های غیر مجاز صنعتی، خطرات بهداشتی و زیست محیطی فراوانی را بدنبال دارد (جلیلی و خاکپور ۱۳۸۵). در صورتی که ظرفیت پذیرش رودخانه از میزان آلاینده‌ها کمتر باشد منجر به بروز مشکلات زیست محیطی و در نهایت مرگ تدریجی رودخانه خواهد گردید. بنابراین آگاهی از وضعیت رودخانه از نظر میزان آلودگی و ظرفیت پذیرش آلاینده‌ها کمک زیادی در کنترل آلودگی و برنامه ریزی‌های آینده خواهد نمود (آذری و بافکار ۱۳۸۶).

فصل اول: کلیات

باتوجه به اهمیت بررسی و ارزیابی کیفیت آب و رسوبات رودخانه‌ها و با توجه به اهمیت و مصارف گوناگون رودخانه کشکان و وجود فعالیتهای کشاورزی و شهر نشینی و شرایط متنوع زمین‌شناسی در حوضه آبریز این رودخانه و درنهایت باتوجه به عدم وجود تحقیق جامع در مورد نحوه توزیع آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوبات رودخانه کشکان (از محل اتصال مادیانرود) و ارتباط آن با عوامل زمین‌شناسی و فعالیتهای بشرزاد در منطقه، انجام این تحقیق در منطقه اهمیت و ضرورت می‌یابد.

۴-۱- اهداف تحقیق

هدف کلی این تحقیق عبارت از ارزیابی پراکنش غلظت فلزات سنگین و عناصر دیگر در آب و رسوبات رودخانه کشکان (از محل اتصال مادیانرود تا محل اتصال به سیمره)، بررسی و ارتباط آن با شرایط زمین‌شناسی و فعالیتهای بشرزاد در منطقه می‌باشد. اهداف جزئی این تحقیق به قرار زیر می‌باشد:

- ۱- ارزیابی نحوه پراکنش غلظت عناصر سنگین در رسوبات رودخانه کشکان
- ۲- ارزیابی پارامترهای رسوب شناسی در رسوبات رودخانه کشکان (دانه‌بندی رسوبات، pH، EC، مقدار مواد آلی و کربنات کلسیم)
- ۳- ارزیابی کمی آلودگی رسوبات با استفاده از شاخصهایی از قبیل، ضریب غنی‌شدگی (EF)، شاخص زمین‌انباشت (Igeo)، فاکتور آلودگی و درجه آلودگی و بار آلودگی در رسوبات رودخانه کشکان
- ۴- مقایسه میانگین غلظت عناصر سنگین و رسوبات رودخانه با مقادیر این عناصر در رسوبات میانگین جهانی (W.M.S) و ارزیابی تأثیرات این عناصر بر موجودات زنده با استفاده از شاخصهای PEC و TEC (SQGs)
- ۵- بررسی ارتباط بین عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی رسوبات با عوامل آلاینده (زمین زاد و بشرزاد) در منطقه .

فصل اول: کلیات

۶- ارزیابی کیفیت میزان آلودگی در آب رودخانه کشکان با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف (شیمیایی و فیزیکی، غلظت کاتیون و آنیون ها، pH و EC و غلظت عناصر سنگین....)

۷- شناسایی سازندهای تأثیرگذار بر کیفیت آب رودخانه کشکان

۸- مقایسه داده های بدست آمده از غلظت عناصر موجود با استانداردهای معتبر بین المللی جهت شرب

۹- استفاده از نمودارها، شاخصهای مختلف مانند میزان همبستگی ژئوشیمیایی پارامترها، MI و... جهت تجزیه و تحلیل شرایط کیفی و آلودگی در آب رودخانه و ارتباط آن با عوامل آلاینده (زمین زاد و بشرزاد) در منطقه

۱۰- مقایسه کیفیت آب و رسوبات در محل های یکسان جهت تفسیر میزان انحلال و جذب عناصر و عوامل موثر بر آنها

۱-۵- روش تحقیق

بطور کلی، مراحل انجام تحقیق حاضر به شرح زیر می باشد:

۱- انجام مطالعات کتابخانه ای شامل مطالعات انجام شده قبلی در ارتباط با آلودگی عناصر

سنگین در آب و رسوبات رودخانه ای در سطح ایران و جهان

۲- بررسی نقشه های زمین شناسی منطقه: نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ ایلام - کوهدشت، نقشه زمین

شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شهرستان پلدختر، نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ توپوگرافی شهرستان پلدختر، نقشه

۱/۲۵۰۰۰۰ حوضه آبریز کشکان، نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ کوهدشت (سازمان نقشه برداری کشور

۱۳۸۷).

۳- بررسی منطقه با عکس های ماهواره ای

۴- تهیه نقشه رودخانه و آبراهه‌ها و موقعیت سرشاخه‌ها و همچنین تهیه نقشه زمین شناسی منطقه

مورد مطالعه در محیط GIS به کمک نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ پلدختر

۵- نمونه برداری از رسوبات و آب براساس تغییرات لیتولوژی، کاربری اراضی، وجود منابع آلاینده

بشرزاد

۶- تعیین دانه بندی، اندازه گیری EC، pH، مواد آلی و کربنات کلسیم و همچنین آماده سازی و

آنالیز ۱۵ نمونه‌های رسوب رودخانه توسط دستگاه ICP-MS

۷- آماده سازی و آنالیز ۱۵ نمونه آب رودخانه کشکان بمنظور اندازه گیری پارامترهای فیزیکی و

شیمیایی و تعیین غلظت آنیون و کاتیون‌ها و همچنین غلظت عناصر و فلزات سنگین با استفاده از

ICP-MS

۸- تهیه نقشه پراکندگی عناصر سنگین در ایستگاههای مختلف نمونه برداری آب و رسوبات

رودخانه در محیط GIS

۹- تعیین ارتباط بین عوامل آلاینده انسان‌زاد و زمین‌زاد در منطقه با میزان غلظت عناصر سنگین

در آب و رسوبات و تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات بدست آمده با استفاده از نمودارها و نرم

افزارهای مختلف (SPSS، AQQA، FREE QC و...)

۱۰- ارائه نتایج و تفاسیر در چهارچوب پایان نامه

۱-۶- خصوصیات منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در قسمت انتهایی حوضه آبریز رودخانه کشکان قرار گرفته که از نظر تقسیمات

کشوری، در شهرستان پلدختر، در جنوب غرب استان لرستان واقع شده است.

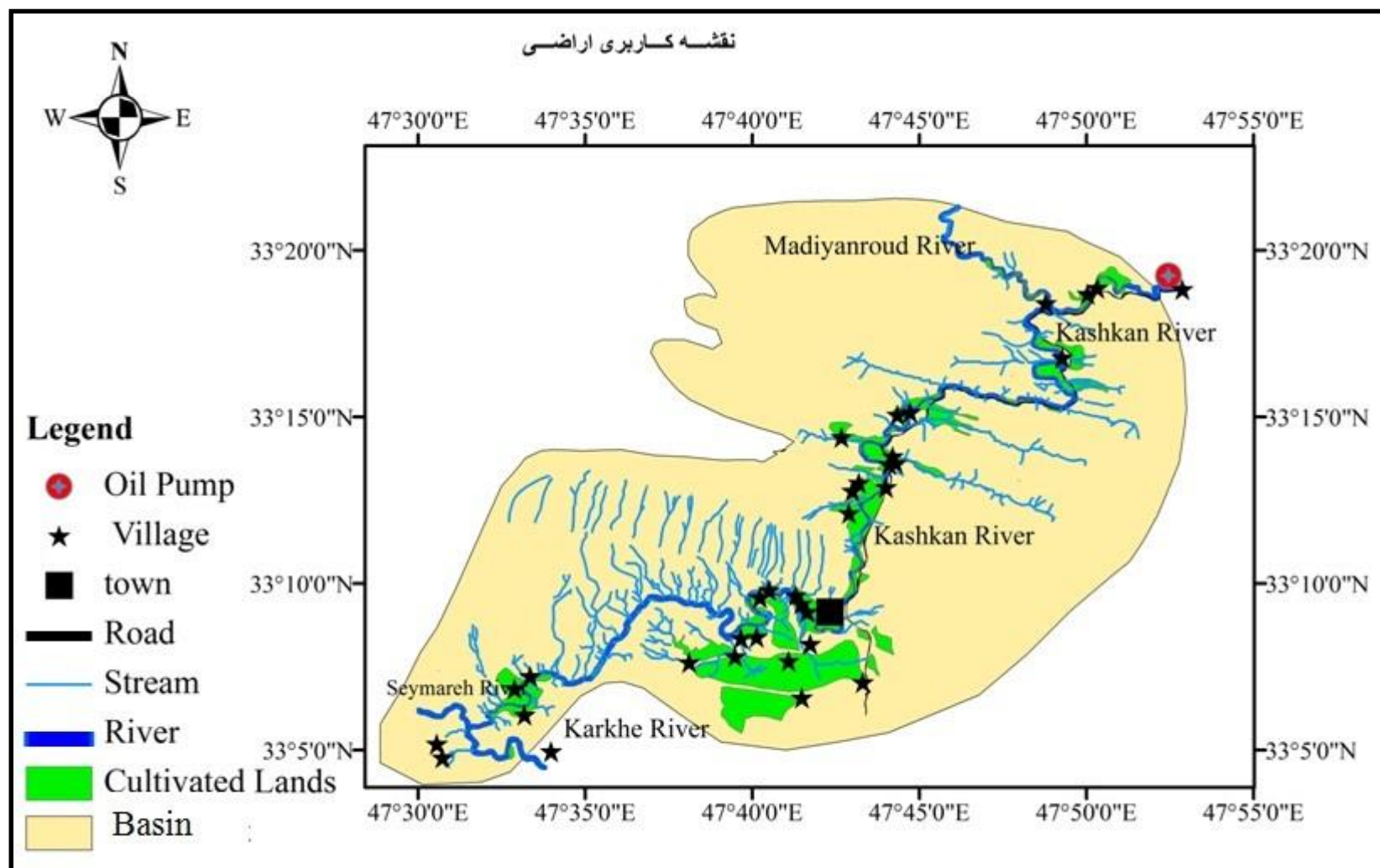
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ۳۰/۴۷ تا ۰۵/۴۸ درجه طول شرقی و ۰۴/۳۳ تا ۲۰/۳۳

درجه عرض شمالی قرار دارد. طول تقریبی منطقه مورد بررسی ۶۹ کیلومتر از محل اتصال مادیانرود

به کشکان تا محل اتصال به رودخانه سیمره می‌باشد. این بخش از رودخانه از شمال به زیر حوضه

۱-۶- مشخصات حوضه آبریز

محدوده مورد مطالعه بخشی از محدوده شهرستان پلدختر (۲۰۳۶ کیلومتر مربع) می باشد که این بخش خود بخشی از زیر حوضه آبریز کشکان بزرگ (۹۲۶۹/۵ کیلومتر مربع) بوده و در جنوب غربی استان لرستان واقع شده است (مطالعات هیدروکلیماتولوژی محدوده مطالعاتی پلدختر ۱۳۸۹). وسعت حوضه آبریز در محدود مورد مطالعه از محل اتصال مادیانرود تا محل اتصال به رودخانه سیمره، حدود ۵۶۸ کیلومتر مربع می باشد که در شکل (۱-۲) آورده شده است و طول حوضه مورد مطالعه حدود ۶۹ کیلومتر می باشد. با توجه به داده های آماری موجود دبی متوسط رودخانه کشکان در آبراهه اصلی در محل ایستگاه افرینه با دبی متوسط ۳۰/۹۴۷ متر مکعب بر ثانیه می باشد (قبل از اولین ایستگاه) و پس از اتصال سرشاخه فرعی مادیانرود که آبراهه شماره ۳ می باشد با دبی متوسط ۱/۷۳ متر مکعب بر ثانیه به ۳۲/۶۷ متر مکعب بر ثانیه میرسد. آخرین ایستگاه هیدرومتری رودخانه کشکان در انتهای حوضه آبریز، ایستگاه هیدرومتری شهرستان پلدختر (قبل از شهرستان پلدختر) می باشد که دبی متوسط سالیانه رودخانه در این ایستگاه هیدرومتری به ۴۸/۲۵ متر مکعب بر ثانیه است.



شکل (۲-۱): حوضه آبریز محدوده مورد مطالعه (برگرفته از نقشه حوضه آبریز کشکان - طرح هیدروکلیماتولوژی محدوده مطالعاتی پلدختر ۱۳۸۹)

لازم بذکر است که بعد از ایستگاه هیدرومتری شهرستان پلدختر (که قبل از ورود به شهرستان واقع شده است) هیچ ایستگاه دیگری در طول این رودخانه وجود ندارد (مطالعات هیدروکلیماتولوژی محدوده مطالعاتی پلدختر ۱۳۸۸ - گزارش توجیهی تخصیص منابع آب محدوده مطالعاتی پلدختر ۱۳۹۰). متوسط ارتفاع و حداکثر آن به ترتیب برابر با ۸۰۹/۶ و ۱۳۳۳/۷ متر می‌باشد.

۸-۱ - شرایط آب و هوایی منطقه

بدلیل اینکه محدوده مورد مطالعه از لحاظ جغرافیائی در محدوده شهرستان پلدختر واقع شده است لذا اطلاعات موجود در ایستگاه سینوپتیک این شهرستان مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس این اطلاعات محدوده مطالعاتی در یک اقلیم نسبتاً گرم و با بارش متوسط برخوردار قرار گرفته است. این منطقه دارای آب و هوایی معتدل در زمستان و گرم در تابستان می‌باشد و دوره یخبندان در تمام طول سال در این منطقه دیده نمی‌شود. متوسط حداکثری دمای منطقه در تیرماه ۴۶/۴ سانتیگراد و متوسط حداقلی در بهمن ماه ۶/۷ سانتیگراد می‌باشد. حداکثر میزان بارندگی به ۱۹۰/۷ میلی‌متر در بهمن ماه و حداقل بارش در سه ماه تابستان به صفر میلی‌متر می‌رسد. این محدوده به لحاظ وجود ارتفاعات آهکی و بارش باران نسبتاً مناسب، دارای منابع آب زیرزمینی قابل توجه و رودخانه‌های دائمی می‌باشد که از سرشاخه‌های رودخانه کرخه محسوب می‌شوند. با توجه به نمودارهای سالیانه دما و بارش، پایان فصل تر در منطقه خرداد ماه و پایان فصل خشک آبان‌ماه برآورد می‌گردد.

۹-۱ - پوشش گیاهی منطقه

پوشش گیاهی اراضی منطقه مورد مطالعه را می‌توان به سه بخش کشاورزی، جنگلی و مرتعی تقسیم نمود که بخش جنگلی بیشتر در مناطق مرتفع دیده می‌شود. بلوط، ارغوان، ارزن، کیکم، پسته کوهی، زالزالک و درختچه‌های بادام وحشی بیشترین پوشش گیاهی منطقه را به خود اختصاص داده است. بخش مرتعی

آن به نقاط با توپوگرافی پست تر محدود می‌گردد و در آن پوشش بوته‌ای بیشتر به چشم می‌خورد. بخش کشاورزی در این منطقه به اراضی قابل کشت اطراف رودخانه کشکان محدود می‌گردد که با نزدیک شدن به مناطق پایین دست حوضه کشکان، سطح زیر کشت نیز بیشتر می‌شود. باغات میوه (انجیر سیاه)، غلات، حبوبات، صیفی‌جات بیشترین سطح کشت را به خود اختصاص داده‌اند. شایان ذکر می‌باشد که در ابتدای منطقه مورد مطالعه باغات انجیر و در قسمت میانی مزارع سبزی و خیار و در قسمت انتهایی منطقه غلات و کشت خیار بیشترین سطح زیر کشت را نسبت به سایر محصولات دارا می‌باشند.

۱-۱۰- ساختار پایان نامه

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر به ترتیب زیر سازمان‌بندی شده است :

فصل اول: کلیات

فصل دوم: زمین شناسی

فصل سوم : مروری بر مطالعات پیشین

فصل چهارم: مواد و روشها

فصل پنجم : ارزیابی آلودگی عناصر سنگین در رسوبات سطحی رودخانه کشکان

فصل پنجم : بحث و بررسی کیفیت آب رودخانه کشکان

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

منابع

فصل دوم

زمین‌شناسی منطقه

۲-۱- مقدمه

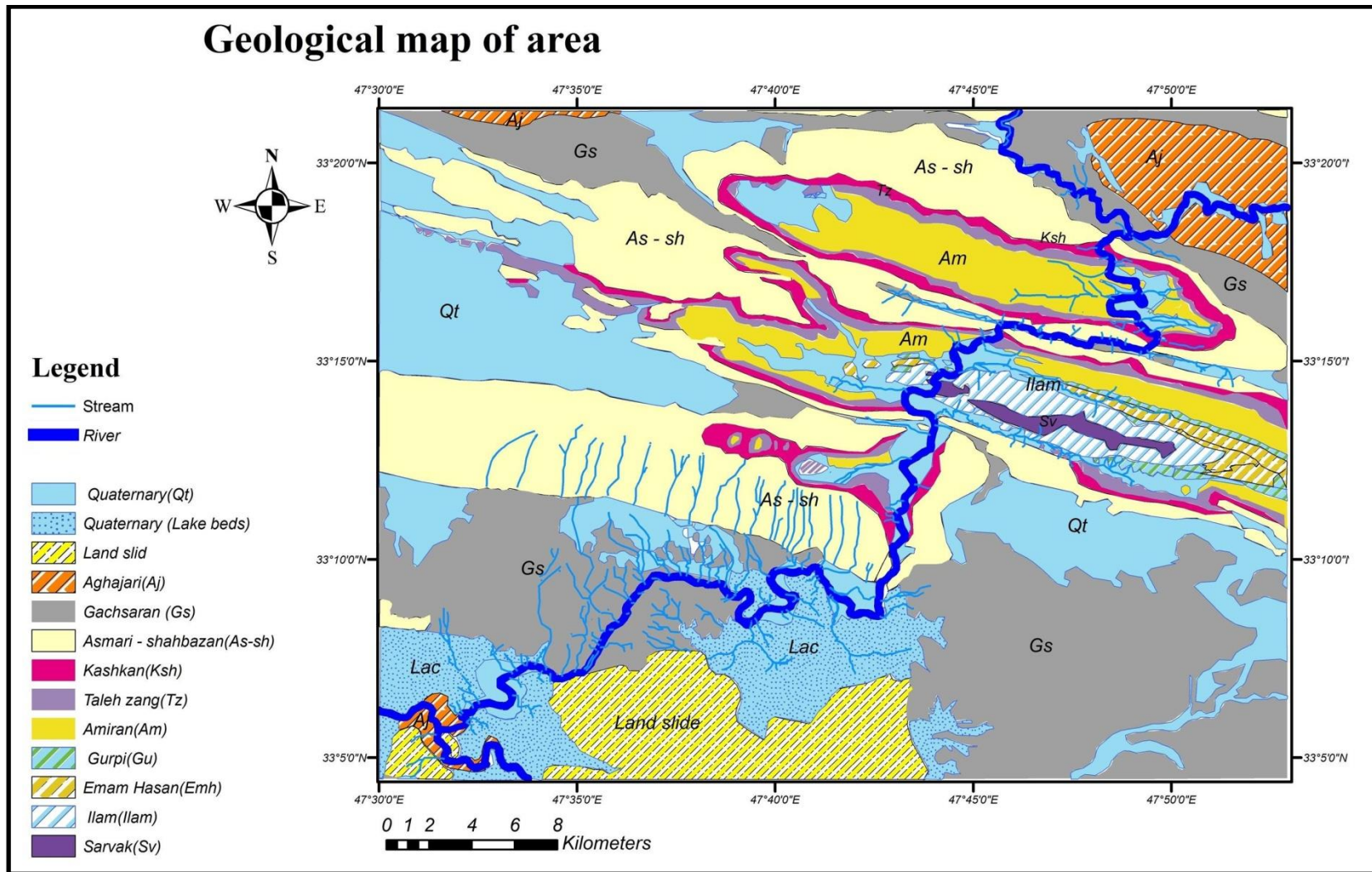
منطقه مورد مطالعه با مختصات ۴۷/۳۰ تا ۴۸/۰۵ درجه طول شرقی و ۳۳/۰۴ تا ۳۳/۲۰ درجه عرض شمالی در زون زاگرس چین خورده قرار دارد. این واحد ساختمانی (زاگرس چین خورده) پهنای حدود ۱۵۰-۲۵۰ کیلومتر دارد که در منتهی الیه حاشیه غربی ایران به موازات راندگی زاگرس قرار دارد و به علت چین خوردگی رسوبات آن، به آن زاگرس چین خورده می‌گویند. روند چین‌ها عمدتاً شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد و بخش اعظم ذخایر نفتی کشور در این بخش از زاگرس قرار دارد (درویش زاده ۱۳۸۵). از خاور شهرستان خرم‌آباد تا مرز باختری استان لرستان به عنوان بخشی از کوههای زاگرس چین خورده با ساختاری از انواع تاقدیس و ناودیس‌های ممتد و منظم محسوب می‌شود (آقاناتی ۱۳۸۵). فیزیوگرافی این بخش عمدتاً کوهساز با ستیغ‌های بلند و دره‌های عمیق است. علاوه بر ارتفاعات، واحدهای تپه ماهوری یکی دیگر از ریخت‌های حاکم بر ناحیه است که بطور معمول حاصل سازند شیلی - مارنی گورپی، فلش‌های سازند امیران و ترادف‌های گچی سازند گچساران است.

قدیمترین سازند رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه سازند سروک می‌باشد که در هسته تاقدیس سلطان دیده می‌شوند. این سازند در قاعده کرتاسه فوقانی رخنمون یافته و بر روی آن سازندهایی چون ایلام، گورپی و بخش امام حسن رخنمون یافته‌اند. سایر سازندهای موجود در منطقه در دوره ترشیاری تشکیل شده‌اند که در این دوره کوهزایی اواخر آلی از فعالیت خاصی برخوردار بوده است. به علت حرکات کوهزایی اواخر کرتاسه، محیط رسوبگذاری زاگرس از ترشیاری با تغییراتی آغاز شده بطوریکه، رسوبات تخریبی و قاره ای (سازند امیران) بتدریج به رسوبات کم عمق و عمیق تبدیل شده‌اند. پیشروی دریا در زمان الیگومیوسن سبب ته نشینی آهکهای آسماری در زاگرس گردیده و پس از آن رسوبات ماسه سنگی، مارنی و آهکی حاوی گچ و نمک و به سن میوسن میانی تا پلیوسن زیرین به طور هم شیب بر روی آهکهای آسماری قرار گرفته‌اند که، این رسوبات بنام گروه فارس نامیده می‌شوند

چرخه رسوبی فارس یک چرخه دریایی پسروده است که به سمت جنوب باختری نهشته شده و تغییرات سنی آن از میوسن پیشین تا پلیوسن است. این چرخه در بر گیرنده سازندهای گچساران، میشان، آغاچاری و سازند کنگلومرای بختیاری است که نشانگر یک فاز پسرودی دریا است (درویش زاده ۱۳۸۵). در این فصل به چینه‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی موجود در منطقه و بررسی مقاطع نازک تهیه شده از رسوبات رودخانه پرداخته شده است.

۲-۲- چینه‌شناسی عمومی منطقه

در بررسی واحدهای چینه‌ای منطقه از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ایلام - کوه‌دشت و نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ پلدختر استفاده گردید. (نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱-۲ آورده شده است). توالی چینه‌ای محدوده مورد مطالعه از قدیم به جدید بطور مختصر به شرح زیر می‌باشد.



شکل (۱-۲): نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و موقعیت رودخانه کشکان و آبراهه‌ها منتهی به آن (اقتباس از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی پلدختر)

۲-۲-۱- سازند سروک (آلبین - تورونین)

نام این سازند از تنگ سروک، در کوه بنگستان در منطقه خوزستان انتخاب شده است که در واقع شامل بیش از ۵۰۰ متر از رسوبات متفاوت می‌باشد که از پایین به بالا شامل لایه های آهکی رسی، آهک هوازده قرمز رنگ و برشی که رسوبات فوق رخساره های کم عمق این سازند را تشکیل می‌دهند. در حالی که در منطقه لرستان و در حاشیه زاگرس مرتفع، رخساره های عمیق این سازند شامل آهکهای لایه نازک دانه ریز و تیره رنگ حاوی میکروفسیل‌های پلانکتونی فراوان می‌باشد. سن سازند سروک از آلبین تا تورونین تعیین شده است (درویش زاده ۱۳۸۵). در برخی مناطق لرستان طبقات بالایی سازند سروک بشدت آغشته به اکسیدهای آهن می‌باشند که این فرایند ناشی از بیرون آمدن از آب قبل از رسوبگذاری سازندهای جوانتر می‌باشد (مطیعی ۱۳۷۲). سازند سروک در منطقه مورد مطالعه در هسته تاقدیس سلطان دیده می‌شود.

این سازند حساس به فرسایش بوده و از مهمترین تیپ های فرسایشی آن می‌توان به رخساره های فرسایشی سطحی، شیاری و آبراهه ای، تیپ توده سنگی و بیرون زدگی و واریزه‌ای اشاره کرد (احمدی - فیض نیا ۱۳۸۶).

۲-۲-۲- سازند ایلام (سانتونین - کامپانین)

برش نمونه آن در تنگ گراب واقع در شمال غرب کبیرکوه بررسی شده است. این سازند از ۱۹۰ متر آهکهای رسی دانه ریز خاکستری با چینه بندی منظم و نازک لایه همراه با لایه های نازک شیل سیاه رنگ تشکیل شده است (خسروتهرانی ۱۳۸۴).

سازند ایلام دارای دو رخساره متفاوت است. رخساره پلاژیک نسبتاً عمیق در لرستان که این رخساره مرز آهک رسی دانه ریز خاکستری رنگ با لایه بندی منظم با لایه های نازکی از شیل سیاه رنگ و در بخش قاعده‌ای سیلتی بوده و در آن قلوه‌های درشت هماتیت دیده می‌شود (دگرشویی). ضخامت این

بخش ۱۹۰ متر می‌باشد. لازم بذکر است که رخساره کم عمق در خوزستان و فارس رخنمون یافته است که از توضیحات آن صرف نظر می‌گردد. سن سازند ایلام سانتونین تا کامپانین است.

این سازند حساس به فرسایش بوده و مهمترین تیپ‌های فرسایشی آن تیپ فرسایشی آبی است که شامل رخساره‌های فرسایش سطحی، شیاری و آبراهه ای است (احمدی - فیض نیا ۱۳۸۶). سازند ایلام در منطقه مورد مطالعه در هسته تاقدیس سلطان رخنمون یافته است.

۲-۲-۳- سازند گورپی (کامپانین - پالئوسن)

از نظر سنگ شناختی سازند گورپی از ۳۲۰ متر مارنهای دریایی، شیل‌های تیره، آبی رنگ و آهک مارنی تشکیل شده است. سازند گورپی، دو بخش آهک امام حسن و بخش آهک لوفادار را شامل می‌شود. بخش آهک امام حسن از جنس آهک مارنی سفید رنگ است و از نظر جغرافیایی در لرستان و خوزستان گسترش دارد. برش آن در تنگ امام حسن واقع در جنوب غربی دامنه تاقدیس سام واقع شده است و از ۱۱۴ متر طبقات رسوبی با لایه بندی به ضخامت ۳۰/۴ متر آهک‌های مارنی تیره رنگ با تناوب مارن و مادستون تیره رنگ تشکیل شده است. این واحد از لرستان به سمت جنوب شرق و به سمت غرب به طرف عراق گسترش دارد. سازند گورپی با یک ناهمسازی فرسایشی بر روی سازند آهکی ایلام قرار می‌گیرد این حد با یک زون اکسیدی حاوی ترکیبات آهن نیز همراه است (خسرو تهرانی ۱۳۸۴).

در لرستان بخش آهک امام حسن قسمت بالایی سازند گورپی را تشکیل می‌دهد. بخش آهک لوفادار از آهک شیلی و مارن تشکیل شده است و به علت دارا بودن فسیل دو کفه ای لوفاء، آهک لوفادار خوانده می‌شود. سن سازند گورپی در لرستان از کامپانین تا پالئوسن است (خسرو تهرانی ۱۳۸۴). سازند گورپی حساس به فرسایش بوده و در آن تیپ فرسایش آبی، شامل رخساره های فرسایش سطحی، شیاری، آبراهه ای و گاهی هزار دره دیده می‌شود (احمدی - فیض نیا ۱۳۸۶). قسمت اعظم سازند گورپی دریال جنوبی تاقدیس سلطان فرسایش یافته (بدلیل حساسیت به فرسایش) و به

رسوبات جوان کواترنر تبدیل شده است . در بعضی نقاط بصورت لکه‌ای رخنمونهایی از آن در بین رسوبات کواترنر دیده می‌شود.

۲-۲-۴- سازند امیران (مائسترشتین پسین - پالئوسن)

برش نمونه سازند در کوه امیران، نزدیکی روستای معمولان در لرستان، واقع شده است و از ۸۷۱/۵ متر سلیستون، ماسه سنگ تیره، زیتونی، قهوه ای و کنگلومرا با قلوه های از سیلکس و نیز آهک شیلی، که بطور محلی گسترش دارد، تشکیل شده است. بطور کلی سن سازند امیران را می‌توان مائسترشتین پسین تا پالئوسن دانست. در طول کرتاسه پسین- پالئوسن، بیرون زدگی و سپس فرسایش رادیولاریتها (آمیزه رنگین)، مقداری زیادی قطعه سنگهای مختلفی بوجود آورده که ضمن حمل به سمت جنوب غرب رسوبات فلیشی سازند امیران را تشکیل داده است (خسرو تهرانی ۱۳۸۴، مطیعی ۱۳۷۲). بیشتر قطعات سازنده فلیش‌ها از تخریب افیولیت‌ها و رادیولیت‌ها هستند (درویش زاده ۱۳۸۵). سازند امیران مقاوم به عوامل هوازدگی و فرسایش بوده بطوریکه در طول ادوار گذشته تقریباً دست نخورده باقی مانده است . تیپ‌های فرسایشی آن شامل توده سنگی، بیرون زدگی و انواع واریزه ای می باشد (احمدی - فیض نیا ۱۳۸۶) .

۲-۲-۵- سازند تله زنگ (پالئوسن - ائوسن)

سازند تله زنگ در برش الگو (تنگ دو، بین اندیمشک - درود) از لحاظ سنگ شناسی شامل ۱۷۶ متر سنگ آهک، خاکستری تا قهوه ای، با لایه بندی متوسط تا توده ای و مقاوم است که سنگواره فراوان، به سن پالئوسن تا ائوسن میانی دارد (آقا نباتی ۱۳۸۵). در نواحی مرکزی لرستان سازند تله زنگ از آهکهای ریفی ساخته شده است و روی سازند امیران قرار می گیرد. سن این آهکها با در نظر گرفتن فسیلهای آن، پالئوسن است (خسرو تهرانی ۱۳۸۴) . بطور معمول سازند تله زنگ بر روی سازند امیران

و در زیر سازند کشکان قرار دارد ولی گاهی به طور جانبی و بتدریج با این دو سازند جانشین می‌شود (آقنابتی ۱۳۸۵).

سازند تله زنگ مقاوم به فرسایش آبی می‌باشد ولی در ادوار گذشته به دلیل شرایط مساعد آب و هوایی، وضعیت پوشش گیاهی و اکولوژی منطقه، پدیده انحلال فعال بوده و آثار آن بصورت رخساره های دره کارستی، بویژه دره‌های عمیق و باریک مشاهده می‌گردد (احمدی - فیض نیا ۱۳۸۶).

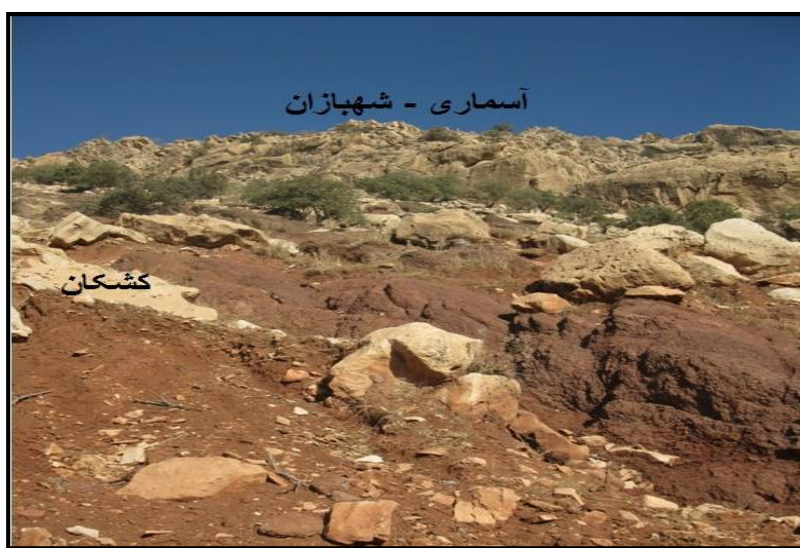
۲-۲-۶- سازند کشکان (پالئوسن - ائوسن میانی)

نام این سازند از رودخانه کشکان گرفته شده و برش الگو این سازند در ۲۵-۳۰ کیلو متری شمال خاوری پل دختر، در کنار راه اندیمشک - خرم آباد، رخنمون و ۳۷۰ متر ضخامت دارد. سازند کشکان که به واسطه داشتن رنگ سرخ و رخساره آواری قابل تمایز است (شکل ۲-۲)، بطور معمول شامل سیلت، ماسه سنگ و کنگلومرا با قلوه های رادیولاریت بویژه چرت فراوان است (شکل ۲-۳) که به سمت بالا درشت دانه می‌گردد. در اثر فرسایش رادیولاریتها، در نواحی مرکزی و شمال شرق لرستان در اثر جنبشهای قائم و فرسایش رادیولاریتها مقدار بسیار زیادی رسوبات تخریبی از نوع رسوبات فلیش روی هم انباشته شده و سازند کشکان را بوجود آورده (بیرانوند ۱۳۸۷) که چرت عمده ترین ذرات قطعات و قلوه سنگهای آن را تشکیل می دهد (مطیعی ۱۳۷۲) و سازند کشکان را مربوط به محیط آواری دانسته که ذرات آن به سمت بالا دانه درشت شده و کنگلومرای موجود در بخش بالایی آن نشانگر این توالی درشت شونده می‌باشد و با توجه به بارگرایی بودن این سازند بیان می‌کند که حوضه رسوبی کشکان یک محیط رودخانه‌ای بوده که توسط یک دشت آبرفتی به ارتفاعات رادیولاریتی متصل بوده است (بیرانوند ۱۳۸۷). مرز پایینی سازند کشکان با سنگ آهک های بیوهرمی سازند تله زنگ ناگهانی و هم شیب می‌باشد. مرز بالایی کشکان با کربناته های شهبازان ناپیوسته است و با یک زون هوازده حاوی لیمونت مشخص می‌شود. گسترش جغرافیایی سازند کشکان محدود به لرستان است. با توجه به جایگاه چینه شناسی، این سازند به سن پالئوسن تا ائوسن میانی دانسته می-

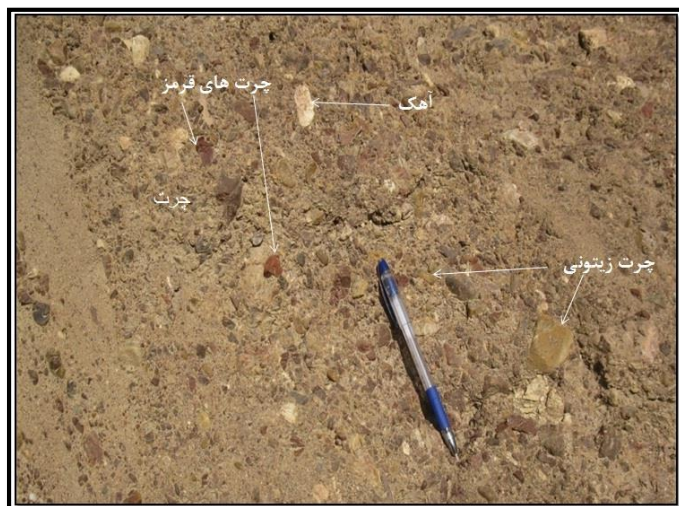
شود (آقنابتی ۱۳۸۵). ساختار سنگ شناسی سازند کشکان نشان دهنده یک سازند مقاوم است، بنابراین طی ادوار گذشته شرایط آب و هوایی تغییرات بسیار جزئی در روی آن ایجاد کرده است. مهمترین تیپ های فرسایشی آن تیپ فرسایشی توده سنگی و بیرون زدگی سنگی، تیپ فرسایشی واریزه ای می باشند (احمدی و فیض نیا ۱۳۷۸).

۲-۲-۷- سازند شهبازان (اوسن میانی تا بالایی)

نام این سازند از روستای شهبازان (در کنار راه آهن اندیمشک - درود) گرفته شده و شامل ۳۳۳/۸ متر دولومیت و آهک های دولومتی با رنگ هوازده سفید تا قهوه ای با سیمایی ضخیم لایه است که بطور پیوسته بر روی سازند آواری کشکان و بطور ناپیوسته در زیر سازند آسماری قرار دارد. با توجه به فسیل های موجود سن آن اوسن میانی تا بالایی تعیین شده است (آقنابتی ۱۳۸۴).



لایه های سرخ رنگ
کشکان با توده سنگهای
دولومیتی آهکی سازند
شهبازان



شکل (۲-۲):
سازند
آهکی و یا
آسماری -

شکل (۲-۳) کنگلومرای و ماسه‌سنگ‌های سازند کشکان (انواع چرت با رنگهای متفاوت)

این سازند حساس به پدیده انحلال بوده و آثار ناهمواریهای کارستی، نشان دهنده یک دوره آب و هوایی مرطوب بوده است. وجود آثاری چون دره‌های کارستی، دولینهای کوچک، اووالانهای پنهان، غار و چشمه‌های فعال امروزی یادگار آن دوره می‌باشد.

۲-۲-۸- سازند آسماری (الیگوسن - میوسن)

نام این سازند از کوه آسماری (جنوب خاوری مسجد سلیمان) گرفته شده است. در برش الگو این سازند با ۳۱۴ متر ستبرای، شامل آهک‌های مقاوم، کرم تا قهوه‌ای رنگ با ریخت شناسی کوهساز است که کمی میان لایه‌ی شیلی دارد و به داشتن درزه فراوان شاخص است.

در برش الگو سازند آسماری سن میوسن دارد. در برش کامل دارای دو عضو می‌باشد. (۱) عضو تبخیری «کلهر» در لرستان. (۲) عضو ماسه سنگی اهواز.

- بخش آهکی کلهر: این بخش با ضخامت ۱۱۹ متر در قسمت جنوب غرب لرستان گسترش دارد. این بخش از سازند آسماری از آهک‌های دولومیتی لایه نازک در تداخل با آهک‌های مارنی و مارن‌های ژپس دار و آهک‌های دولومیتی لایه نازک تشکیل شده است (مطیعی ۱۳۷۲).
سن بخش کلهر میوسن پیشین در نظر گرفته شده است.

- بخش ماسه سنگی اهواز: ضخامت این بخش ۲۱۳/۵ متر و شامل ماسه سنگ های آهکی، آهک ماسه داری و کمی شیل می باشد. سن آن از الیگوسن تا میوسن پیشین است (آقانباتی ۱۳۸۵).

از نگاه زیست چینه ای و لیتو لوژی سازند آسماری را به سه بخش پایینی، میانی و بالایی تقسیم نموده اند. بخش پایینی که از نظر سنگ شناسی این بخش در نقاط مختلف متغییر می باشد و معمولاً از شیل تشکیل شده است. در جنوب غرب لرستان تبخیری و متشکل از انیدریت، ژیپس با مقداری آهک و با ضخامت حدود ۱۲۰ متری باشد. در این منطقه حدود ۵ متر ژیپس در قسمت پایین آن، حدود ۲۰ متر مارن و آهک مارنی، همچنین حدود ۹۵ متر ژیپس ضخیم لایه وجود دارد. بخش میانی و بالایی متشکل از آهک می باشند (احمدی و فیض نیا ۱۳۷۸).

به علت مقاومت و سختی خاص آهک های آسماری، این سازند ارتفاع ها و بخشهای مقاوم منطقه زاگرس چین خورده را تشکیل می دهد و غالباً پوشش خارجی تاقدیس های طویل را بوجود آورده است.

۲-۲-۹- سازند گچساران (میوسن زیرین)

نخستین سازند گروه فارس است که در مناطق فرو افتادگی دزفول، لرستان تا حوضه خلیج فارس گسترش یافته است. سازند گچساران در مناطق مختلف دارای سن های متفاوت است به گونه ای که مرز پایینی آن در حوالی جزیره قشم به الیگوسن و شاید ائوسن برسد ولی در نواحی شمالی دارای سن میوسن پیشین است. از دید مهندسی سازند گچساران یک واحد سنگی بار رفتار شکل پذیر است، به همین رو این سازند در سطح زمین برش کاملی ندارد (خسرو تهرانی ۱۳۸۴). از نظر سنگ شناسی سازند گچساران عمدتاً از ایندریت، مارن های رنگارنگ، آهک و نمک تشکیل شده است در بعضی نقاط در این سازند ترکیبات سیلویت (کلرید پتاسیم) یافت می شود (درویش زاده ۱۳۸۵، مطیعی ۱۳۷۲).

باتوجه به ترکیب گچساران که از تناوب مارن، آهک، نمک، و انیدریت تشکیل یافته است میتوان این سازند را حساس به فرسایش به حساب آورد. انواع تیپ فرسایش آبی (فرسایش سطحی، فرسایش شیاری و آبراهه ای، تیپ انحلالی و...) در آن دیده می شود. در مناطقی که رودخانه‌های دائمی یا رودخانه‌های موقتی از سازند گچساران عبور می کنند تخریب شدید بستر با شیب تند دیده می شود که در بعضی نواحی، تخریب زمینهای کشاورزی را باعث شده است.

۲-۲-۱۰- سازند آجاجاری (میوسن پسین - پلیوسن)

ضخامت این سازند در مقطع نمونه ۲۹۶/۵ متر است که در مسیر جاده امیدیه اندازه گیری شده است. از لحاظ لیتولوژی از ماسه سنگهای آهک دار قهوه ای - خاکستری، رگه های ژئوپس، مارن های قرمز و سیلتستون تشکیل شده است. ضخامت این سازند متغیر است و در لرستان از رسوبات دریاچه‌ای تشکیل شده است.

این سازند در لرستان بصورت بین انگشتی به بخش لهبری تبدیل می شود که شامل سیلتستون های هوازده نرم ژئوپس داری است که در آن لایه‌های مارن و ماسه سنگ و گچ دیده می شود (درویش زاده ۱۳۸۵). سن سازند آجاجاری میوسن پسین - پلیوسن می باشد. آثار رادیولاریتها در ماسه سنگهای سازند آجاجاری هم دیده شده اند (مطیعی ۱۳۷۲). وجود مارنهای ژئوپس دار، این سازند را حساس به فرسایش نموده است ولی بدلیل اینکه مارن با ماسه سنگ و سیلتستون بطور متناوب قرار گرفته است، در صورتی که طبقه فوقانی از ماسه سنگ باشد از گزند عوامل فرسایشی مصون می ماند.

۲-۲-۱۱- نهشته‌های کواترنر

نهشته های جوان کواترنری از فرسایش و هوازدگی سازندهای منطقه بوجود آمده و غالباً مناطق پست و کم ارتفاع نظیر دشت سیلابی و سواحل رودخانه‌ها را تشکیل می دهند بطوریکه دارای سخت شدگی ضعیف بوده که شامل آبرفتهای ماسه‌ای، رسی وقلوه سنگهایی در اندازه های متفاوت می باشند.

۲-۲-۱۲- واریزه های ناشی از زمین لغزش (کواترنر)

واریزه‌های ناشی از زمین لغزش به مجموعه های درهم از سنگ های خردشده ناشی از لغزش (Landslide) بخشی از یال شمالی کبیرکوه که بر روی سازند گچساران فرو افتاده اطلاق می‌شود. لیتولوژی تشکیل دهنده این زمین لغزش عمدتاً تشکیلات کبیرکوه بوده و با توجه به اینکه زمین لغزش پلدختر محصول لغزش بخشی از یال شمالی کبیرکوه می‌باشد لذا قطعات شهبازان بخشی از قطعات خردشده زمین لغزش پلدختر را تشکیل داده است. سازند آسماری در کبیرکوه، دارای رخنمون های وسیع و برجسته می‌باشد و در زمین لغزش پلدختر قطعات خردشده آن در ابعاد متفاوت به وفور یافت می‌گردد. سازند آسماری در سرتاسر زمین لغزش عمده قطعات و ذرات خردشده را تشکیل داده است و در دشت جایدرد، قطعات خردشده و لغزشی آن همراه با زمین لغزش توسط آبرفت‌های دریاچه‌ای پوشیده شده است. این قطعات خرد شده آسماری تقریباً به طور کامل توسط لغزش ناشی از حرکات تکتونیکی از یال شمالی کبیرکوه به این منطقه آورده شده‌اند. سازند گچساران کاملاً در زیرزمین لغزش پلدختر و در کف دشت جایدرد و در جاهایی که زمین لغزش در زیر دشت قرار گرفته در قسمت های تحتانی آن وجود دارد. لازم بذکر است که ذرات و خرده سنگهای مرتبط با سازند های کشکان، امیران و گورپی در محدوده مطالعاتی دید نشده است (بهاروند و همکاران ۱۳۸۵).

۲-۲-۱۳- رسوبات سدی دریاچه‌ای (کواترنر)

در اثر وقوع لند زمین لغزش سیمره لایه های سخت آهک آسماری فرو ریخته و در برخورد با سطح زمین متلاشی شده و بصورت بلوکهای خرد به اطراف پراکنده شده‌اند و مسیر جریان رودخانه کشکان و سیمره را سد کرده و در نتیجه در پشت سد طبیعی دریاچه تشکیل شده است. این دریاچه بتدریج توسط نهشته‌های رسوبی با تناوب لایه های سلیتی، ماسه ای و شنی پر شده‌اند. بعدها با تخریب در جلوی دریاچه، مسیر جریان رودهای کشکان و سیمره به حالت طبیعی در آمده‌اند و حجم زیادی از این رسوبات از محل تخلیه شده‌اند. بقایای این رسوبات در حال حاضر تشکیل جلگه مسطح و حاصلخیز

را داده‌اند که در مقیاس وسیع زیر کشت قرار دارند (مناطق پایین تر از شهرستان پلدختر). لذا کشاورزی در این مناطق می‌تواند تاثیر بسزایی بر کیفیت آب رودخانه داشته باشد. این رسوبات دانه ریزی که عمدتاً از لایه های سیلتی، ماسه‌ای و شنی تشکیل شده‌اند (شکل ۲-۴) که این رسوبات در برابر فرسایش بسیار حساس بوده و آثار حرکت حیوانات و جانوران در سطح آنها بخوبی قابل مشاهده می‌باشد. رسوبات سدی دریاچه‌ای در انتهای منطقه مطالعاتی در محل ایستگاههای سیزدهم تا پانزدهم دیده می‌شوند (بهاروند و همکاران ۱۳۸۸، شایان ۱۳۸۳).



شکل (۲-۴): رسوبات سدی دریاچه‌ای در انتهای حوضه آبریز

۲-۳- زمین ریخت شناسی منطقه

در میوسن پسین، با حرکت شبه قاره عربستان به سوی فلات ایران دریای کم عمق موجود بین ایران و عربستان (دریای زاگرس) که در آن رسوبات آهک، ماسه سنگ و رس انباشته گردیده بود، دچار چین خوردگی شد و سلسله کوههای زاگرس چین خورده را در نواحی لرستان و خوزستان بوجود آورد که به زاگرس میانی شهرت دارد (درویش زاده ۱۳۸۵). سبک چین خوردگی در این قلمرو اصولاً بشکل چینهای فشرده می‌باشد که در آن طاق‌دیسه‌های مرکب (کوههای حجیم) بوسیله دره های عمیق (ناودیسهای ساده و باریک) از هم جدا شده‌اند (اوبرلند ۱۳۷۵) (شکل ۲-۵).

نقش عمده در ساختار این کوهها را سازند آسماری به عهده دارد. بطور کلی سازند آسماری به علت مقاومت و سختی خاص آهکهای آسماری ارتفاعات و بخش های مقاوم منطقه زاگرس چین خورده و محدود مورد مطالعه را تشکیل می دهد که توسط میان لایه های تخریبی و فلیشی از هم جدا شده اند.



شکل (۲-۵): ناودیس ساده و باریک (فشرده) آسماری (ایستگاه هفتم)

۲-۳-۱- تاقدیسها

تاقدیسهایی که در جنوب و جنوب باختری لرستان رخنمون یافته اند حاوی بیرون زدگیهایی از سازندهای سخت گروه بنگستان بوده در حالیکه رو به شمال بیشتر بیرون زدگیهایی از سازندهای فلیش مانند امیران و کشکان رخنمون پیدا می کند. تاقدیسهای موجود در جنوب باختری لرستان بصورت خطی و طویل می باشند و کمتر بوسیله گسله های عرضی بریده شده اند.

تاقدیس سرکان

تاقدیس سرکان در شمال تاقدیس ماله کوه و در حدود ۲۰ کیلومتری شهرستان پلدختر و در کنار جاده خرم آباد پلدختر قرار دارد . تاقدیس سرکان در سطح زمین از سازندهای آسماری - شهبازان،

کشکان، تله‌زنگ و امیران است و در عرض دارای دو کوهان است که از این بنظر کاملا منحصر بفرد است (اشکان ۱۳۸۳، مطیعی ۱۳۷۴).

تاقدیس سلطان

تاقدیسی باریک و بلند است که در نوار تاقدیس امام حسن - کوه ریت بین تاقدیسه‌های نفتی سرکان در شمال خاوری و ماله کوه در جنوب خاوری قرار می‌گیرد و جاده اندیمشک - خرم آباد از میانه آن می‌گذرد. هسته این تاقدیس مانند سایر تاقدیسه‌های لرستان دچار فرسایش شده و دره پهنی را بوجود آورده است. یالهای پرشیب آن از سازندهای آسماری تا تله زنگ می‌باشد (مطیعی ۱۳۷۴). عمیق‌ترین سازندی که در این تاقدیس رخنمون دارد سازند سروک است (شکل ۲-۶). این تاقدیس نامتقارن است و بیشتر یال جنوبی باختری تاقدیس اثری از یک تراست دیده می‌شود، بطوریکه سازند ایلام بر روی بخش امام حسن قرار می‌گیرد که برخی آن را نوعی فرو ریختگی بحساب می‌آورند. البته شواهد تکتونیکی برای تراست شدگی موجود نیست (افلاطونیان و یساقی ۱۳۸۷، مطیعی ۱۳۷۴).



شکل (۲-۶): تناوب لایه های زمین شناسی منطقه در تاقدیس سلطان (دید به سمت شمال غربی)

تاقدیس ماله کوه

این تاقدیس در شمال شهرستان پلدختر قرار دارد و جاده خرم آباد - پلدختر از میانه آن عبور می کند . در سطح زمین بصورت تاقدیسی از سازند آسماری است (شکل ۲-۴) و ابعاد آن در راس گروه بنگستان تقریباً ۳۵*۵ کیلومتر می باشد (مطیعی ۱۳۷۴).

۲-۳-۲- تنگه: به معبر آبی باریک گفته می شود که محور رشته کوه را شکافته باشد. اصطلاح معادل آن کلوز و گپ نام دارد. در منطقه مطالعاتی تنگه ملاوی مثال بارزی از این اشکال زمین ریخت شناسی می باشد. در محدوده مورد مطالعه بدلیل اینکه هسته تاقدیس ها متشکل از سنگهای نرم می باشد، عرض تنگه ها در بخش پایه تا حدی توسعه پیدا کرده اند که جاده خرم آباد - اندیمشک از کنار رودخانه کشکان عبور داده شده است (علائی طالقانی ۱۳۸۴).

۲-۳-۳- اشکال ناشی از انحلال آهک و فرسایش کارستی

آهک آسماری و آهک گروه بنگستان (سروک و ایلام) از نظر ایجاد رخساره های کارستی نقش بسزایی در منطقه دارند که بصورت غارها و چشمه های کارستی دیده می شوند (علائی طالقانی ۱۳۸۴).

۲-۳-۴- لغزش لایه های زمین شناسی (زمین لغزش)

از فرآیند های دامنه ایست که در منطقه دیده می شود و تقریباً آن را از پدیده های خاص زاگرس میانی (لرستان و خوزستان) بشمار می آورند. لغزش سیمره (لنداسلاید سیمره) نمونه ای از این مواد بشمار می آید، که در انتهای حوضه کشکان قابل رویت است (شکل ۲-۷). تناوب لایه های سخت آهک (آسماری - شهبازان) در بالا و مارن در زیر، شیب زیاد ساختمانی، دخالت تکتونیک و بالاخره نیروی ثقل از عوامل مؤثر در وقوع این پدیده محسوب می شوند (علائی طالقانی ۱۳۸۴).



شکل (۲-۷): لنداسلاید سیمره در انتهای حوضه کشکان

۲ - ۴ - تهیه مقاطع نازک از رسوبات سطحی رودخانه کشکان

برای مطالعه و کسب اطاعات بیشتر از جنس و نوع ذرات تشکیل دهنده رسوبات بستر رودخانه کشکان از رسوبات بستر رودخانه کشکان در حد گراول و ماسه مقطع نازک تهیه گردید. این مقاطع در آزمایشگاه اپتیک دانشگاه صنعتی شاهرود مورد مطالعه قرار گرفت. بطور کلی ۷ مقطع از کل منطقه مطالعاتی، تهیه گردید که ۵ مقطع از کانال اصلی رودخانه کشکان و یکی از سرشاخه مادیانرود (ایستگاه دوم) و یکی نیز از رودخانه سیمره (ایستگاه چهاردهم) تهیه و مورد مطالعه قرار گرفتند.

مقطع اول از ایستگاه اول (زورانتل) تهیه گردید که دارای آهک، قطعات چرت و کانی اپک می باشد. قطعات آهک ریز دانه تر بوده و به نسبت فراوانتر می باشد، در بین ذرات دانه ریز تر آهک قطعات چرت که رادیولاریتی (درشت دانه) می باشند دیده می شود. میزان ذرات ماسه به نسبت ذرات قبلی کمتر بوده بعضی دانه درشت و برخی نیز دانه ریز می باشند. برخی از دانه های آهکی دارای فسیل نیز می باشند و مقطع دارای دانه های اپک نیز می باشد (شکل ۲-۸- A).

مقطع دوم از رسوبات ایستگاه دوم (مادیانرود) تهیه گردیده است. در این مقطع ذرات آهک به نسبت بیشترین درصد را دارا بوده که حاوی فسیل نیز می‌باشند. چرت، ماسه سنگ و کانی اپک نیز در مقطع دیده می‌شود (شکل ۲-۸- B).

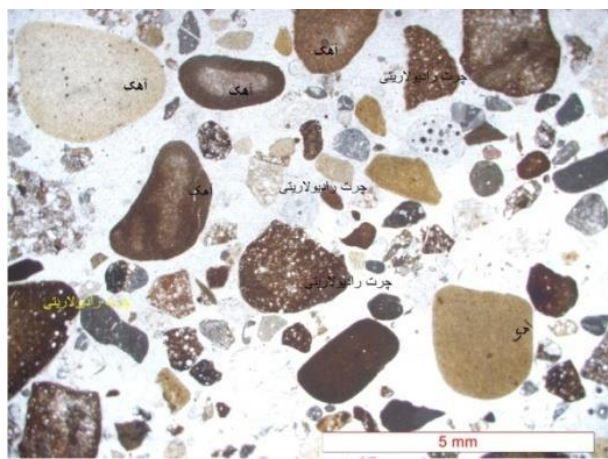
مقطع سوم از ایستگاه چهارم (بعد از سازندهای آسماری، کشکان و تله زنگ) تهیه گردید که دارای ذرات فراوان آهک، چرت های رادیولاریت دار و ماسه سنگهای دانه درشت و کانی های اپک می‌باشد. دانه های چرت و ماسه سنگ درشتتر از بقیه می‌باشند (شکل ۲-۸- C).

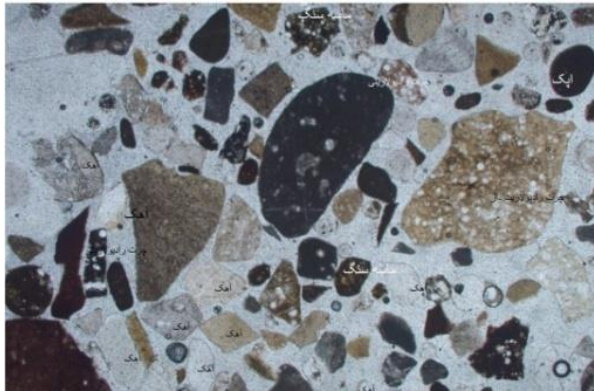
مقطع چهارم از ایستگاه ششم انتهای رخنمون امیران در هسته تاقدیس سرکان تهیه شده است. دارای چرت (دانه درشت وسط مقطع) و ماسه سنگ، دانه های اپک، به نسبت کمتر ذرات آهک می- باشد (شکل ۲-۸- D).

مقطع پنجم از رسوبات ایستگاه هفتم (ابتدای ناودیس فشرده) تهیه گردیده است. ذرات دانه درشت چرت و ماسه سنگ و اپک به نسبت بزرگتر و بیشتر از ایستگاه قبلی بوده و ذرات آهک از نسبت کمتری برخوردار می‌باشند بطور کلی درصد دانه های اپک و سیلیس بالاتری (هرچند دانه ریزتر) نسبت به ایستگاههای قبلی دارا می‌باشد (شکل ۲-۸- E).

مقطع ششم بعد از ایستگاه دهم (ابتدای شهر پلدختر) تهیه گردیده است، چرت از درصد فراوانی بالاتری نسبت به سایر ذرات برخوردار می‌باشد اما ماسه سنگها، دانه های اپک، سیلیس و دانه های آهک به نسبت دارای فراوانی یکسان می‌باشند (شکل ۲-۸- F).

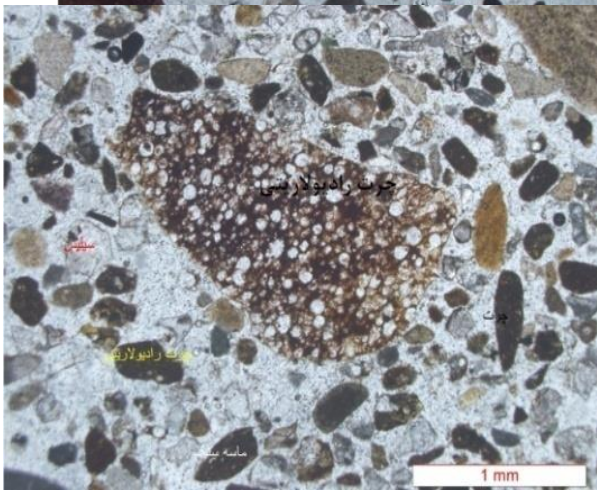
مقطع هفتم از ایستگاه چهاردهم تهیه گردید که دارای ذرات آن غالباً دانه درشت بوده و دارای آهک (قهوه ای رنگ)، چرت، کانی های اپک و سیلیس می‌باشد (شکل ۲-۸- J).



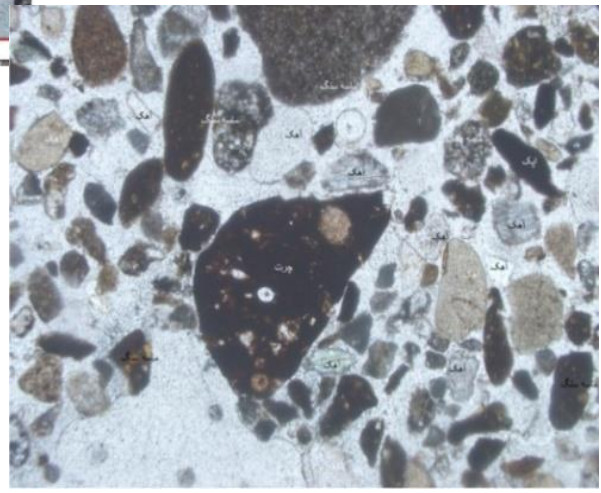


(A)

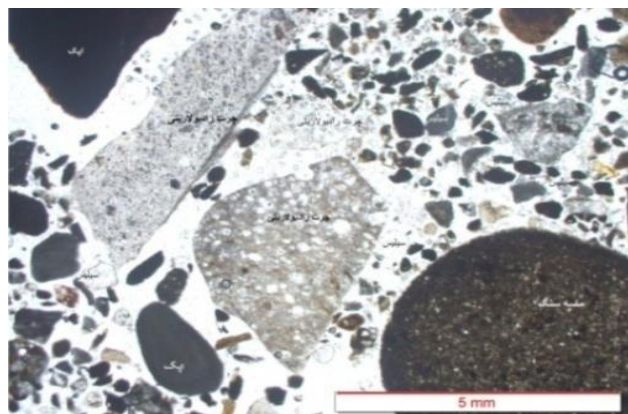
(B)



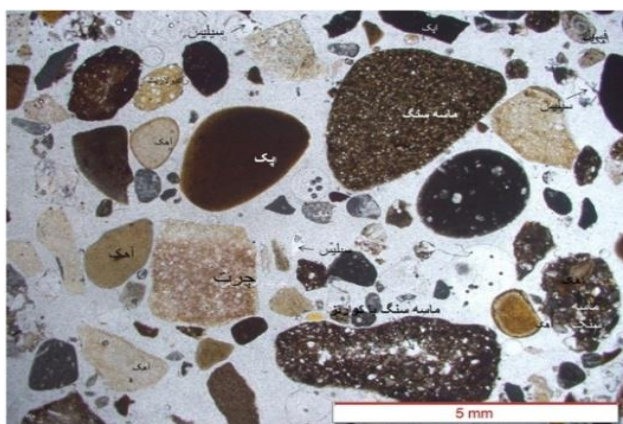
(D)



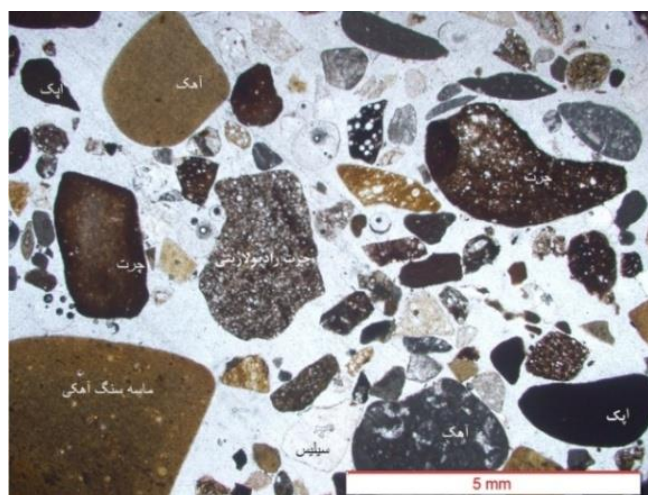
(C)



(E)



(F)



(J)

شکل (۲-۸): مقاطع نازک از رسوبات رودخانه کشکان (مطالعه شده در نور xpl)

فصل سوم

مروری بر مطالعات پیشین

۳-۱- مقدمه

رودخانه‌ها در تامین نیاز آبی انسان و سایر و... نقش مهمی را ایفا می‌کنند که لزوم حفاظت آنها در برابر آلودگیها بیش از پیش روشن می‌سازد. حضور فلزات سنگین در محیط حتی در مقادیر جزئی، به شدت سمی بوده و برای موجودات از گونه‌های خاص و نیز برای عموم موجودات زنده مشکل آفرین می‌باشد. فلزات سنگین در محیط زیست پایدار بوده و پتانسیل ورود به زنجیره غذایی را دارند لذا می‌توان آنها را یکی از مهم ترین آلاینده‌های سیستم‌های آبی در نظر گرفت (Fatos 2010).

برخی از این فلزات در اثر تخلیه پساب فاضلاب شهری و... و برخی دیگر متاثر زمین‌شناسی منطقه بطور طبیعی وارد منابع آبی می‌شوند. فلزات ورودی به منابع آبی توسط مواد معلق جذب شده ، توسط رسوبات کف رودخانه بدام می‌افتند، توسط موجودات آبی جذب شده و یا در آب به صورت محلول باقی می‌مانند و در دراز مدت بدلیل تجمع در هر یک از محیط‌های مذکور آثار زیان باری را ایجاد می‌کنند (وحید دستجردی ۱۳۷۹) .

رسوبات رودخانه‌ها می‌توانند محل مناسبی جهت ذخیره‌سازی مواد آلاینده با منابع زمین‌زاد و بشرزاد باشند (Hoda et al 2009). تحت شرایط خاص فیزیک‌شیمیایی مواد آلوده دفن شده در این رسوبات آزاد گشته و وارد فاز محلول می‌گردند. در واقع رسوبات نشان دهنده تاریخچه آلودگی و ضبط کننده وقایع آلاینده منابع آبی محسوب می‌گردند (انصاری و همکاران ۱۳۸۷, Salomons 2005) .

در این بخش پس از بیان اهمیت مطالعات زیست محیطی آب و رسوبات و عوامل تأثیرگذار در آلودگی و کیفیت آب رودخانه‌ها به بیان فرایندها و پارامترهای کنترل کننده تحرک عناصر سنگین در آب و رسوبات سطحی رودخانه مانند مواد آلی، pH، بافت رسوب و دبی رودخانه پرداخته شده است. در نهایت مطالعات انجام شده در ایران و جهان در زمینه آلودگی رودخانه‌ها و مطالعات انجام شده در منطقه مطالعاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۲- فرایندهای کنترل کننده تحرک عناصر سنگین در آب و رسوبات سطحی

رودخانه ها

۳-۲-۱- مواد آلی

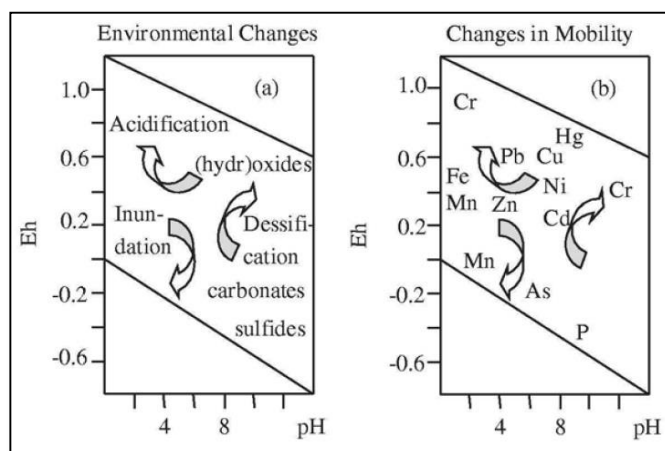
یکی از فاکتورهای موثر در جذب فلزات سنگین، مواد آلی (OM) موجود در رسوبات می باشد که تحت تاثیر فعالیت های بشرزاد و طبیعی وارد رسوبات رودخانه می شوند و پیوند آلی- فلزی یکی از اشکال معمول انباشت فلزات سنگین در رسوبات می باشد (Karbassi 2005).

در تحقیقی که برای مقایسه نقش رسوبات و مواد معلق رودخانه ای در جذب عناصر سنگین انجام گردید، معلوم شد که میزان جذب فلزات سنگین در رسوبات و مواد معلق رودخانه، روند مشابهی را داشته با این تفاوت که میزان جذب انجام شده توسط رسوبات تا حدودی از میزان جذب مواد معلق بیشتر بوده است که دلیل این امر را به علت مقدار مواد آلی بیشتر رسوبات نسبت به مواد معلق دانسته اند (رجب زاده سکه و سعیدی ۱۳۸۷). پیوند و واکنش مواد آلی با فلزات سنگین بستگی به ماهیت عنصر و مقاومت در رقابت با عناصر دیگر برای ترکیب شدن با مواد آلی دارد. به عنوان مثال توزیع مس در بین ترکیبات مختلف علاوه بر متاثر بودن از اکسیدهای آهن و منیزیم تحت کنترل مواد آلی می باشد و میل ترکیبی مس برای مواد آلی رسوب بالا می باشد. مواد آلی ممکن است از طریق واکنش های جذب سطحی، فلزات سنگین را از جنبش و حرکت باز داشته و یا اینکه به کمک تشکیل کمپکس های آلی محلول باعث تحرک پذیری فلزات سنگین در محیط های آبدین شوند (Bradl 2005).

۳-۲-۲- Eh - pH

pH و Eh دو فاکتور مهم در تحرک عناصر در محیط زیست می باشند. این دو عامل تاثیر زیادی بر واکنش عناصر سنگین با طبیعت و عوامل کمپلکسی دارا می باشند. حالت اکسیداسیون یک عنصر

بستگی به شرایط اکسیداسیون و احیاء محیط دارد. بخصوص عناصری چون آهن، منگنز، آرسنیک، سلنیوم و کروم، که نسبت به این تغییرات بسیار حساس می‌باشند. پتانسیل اکسیداسیون – احیا عمدتاً متأثر از pH و دما می‌باشد. در رسوبات، رودخانه‌ها و خاک، شرایط ممکن است باتوجه به فصل و مقدار بارش تغییر می‌یابد. انحلال‌پذیری کانیها و تشکیل کمپلکس‌های آبی متأثر از Eh – pH محیط بوده بنابراین بطور کلی برای بررسی و تحلیل ته نشست و انحلال فلزات در محیط‌های مختلف تعیین شرایط Eh – pH محیط بسیار مهم می‌باشد. (Bradl 2005, Kabata -Pendias & Mukherjee 2007). اثرات Eh بر نشست و یا تحرک عناصر متفاوت است در شکل (۳-۱) روند تغییر تحرک عناصر در Eh – pH های مختلف نشان داده شده است. فلزاتی مانند کروم، کادمیم، جیوه و سرب در Eh های اکسیدی و pH اسیدی تحرک آنها افزایش می‌یابد. عنصر طلا بدلیل داشتن پتانسیل اکسایشی بالا در در بازه وسیعی از Eh - pH بصورت جامد (Solid) دیده می‌شود در صورتی که کلر در بازه زیادی بصورت محلول وجود دارد که این عامل خود تعیین کننده غلظت عنصر در محیط آبی و یا رسوبی می‌گردد. با توجه به نمودارهای Eh - pH میتوان گفت که با افزایش اسیدیته محیط همراه با شرایط اکسایشی، غالب عناصر بالقوه سمی به حالت محلول در می‌آیند و از بخش جامد رسوبی جدا شده و وارد فاز محلول می‌شوند (Bradl 2005).



شکل (۳-۱): تحرک عناصر در Eh – pH های مختلف (Bradl 2005)

در pH های بالا، مفازهای تبادل کاتیونی، کربنات، مواد آلی، هیدروکسید و فاز باقیمانده در روند جذب و نگهداری شرکت معمولا می کنند، که این امر عامل اصلی بالا بودن میزان جذب در pH های بالایی- باشد. (yong 1992).

از عوامل تاثیر گذار بر pH محیط و قابلیت نگهداری آلاینده ها، ترکیبات کربنات موجود در رسوبات می باشد. در pH های پایین ترکیبات کربناتی در نمونه های رسوبی تجزیه شده که این امر موجب ایجاد سطح فعال بیشتری در فرایند تبادل می شود. در اثر حلالیت فاز کربنات و تمایل یون H^+ به جذب در سطح رس، جذب آلاینده های فلزی سنگین کاهش می یابد (yong, 1992 - 1993). بررسی تغییرات pH محیط و میزان نگهداری فلزات سنگین بوسیله نمونه های رسی بنتونیت، کائولینیت و نانو رسها اصلاح شده در حضور کربنات نشان داد که با افزایش درصد کربنات همزمان با افزایش pH محیط، قابلیت نگهداری آلاینده بیشتر می شود (امیری ۱۳۸۸).

۳-۲-۳- بافت رسوب و تبادل یونی

غلظت فلزات سمی در رسوبات تا حد زیادی توسط اندازه ذرات تشکیل دهنده رسوبات کنترل می - شود. بطور کلی، بسیاری از ویژگی های فیزیکوشیمیایی رسوبات در درجه اول تحت تاثیر ذرات دانه ریز و مواد آلی و تا حدودی توسط ذرات دانه درشت تر، نظیر ماسه و سلیت کنترل می شود (Rubio et al 2006).

در فرآیند تبادل یونی یونهای جذب شده بر سطح کانیها، بسته به نوع کانی و نوع یون، با پیوندهای متفاوت (ضعیف تا بسیاری قوی) نگهداری و یا با محیط مبادله می شوند. قدرت جذب شوندهایی نسبتی دو یون به خواصی مانند اندازه، بار و قدرت تشکیل پیوند کووالانسی در آنها بستگی دارد (کراسکف ۱۳۷۷). هر چند میزان جذب یونها بروی جاذبها کمتر باشد ریسک زیست محیطی فاز محلول در رودخانه قابل توجه تر خواهد بود بطور مثال کادمیم که توسط رسوبات و مواد معلق کمترین میزان جذب را دارا می باشد، از تحرک بالایی برخوردار بوده و در صورت حضور آن در رسوبات، احتمال ورود

این عنصر به فاز محلول بالا می‌باشد (رجب زاده سکه و سعیدی ۱۳۸۷). توزیع عناصر سمی در خاکها و رسوبات، بطور کلی تحت تاثیر کانی‌شناسی، مواد آلی، توزیع اندازه ذرات، پوشش گیاهی، حضور یونها و عناصر دیگر و pH می‌باشد (Wong et al 2003). بطور مثال سولفیدها به آسانی تحت شرایط اکسیدی تجزیه می‌شوند و عناصر سمی را در محیط آزاد می‌کنند (Miller 2007، Bradl 2005). رس ها بدلیل دارا بودن سطوح مناسب برای تبادلات کاتیونی با سیالات اهمیت ویژه در جذب عناصر دارند. این کانی ها سطوح وسیع و در نتیجه جذب سطحی بالا داشته باشند. به عبارت دیگر معمولا در رسوبات ارتباط مستقیم و همبستگی بالایی بین مقادیر و نوع رس ها با غلظت عناصر جذب شده در آنها دیده شده است (Miller 2007). در واقع میتوان نتیجه گرفت که رسوبات دانه ریزتر از قابلیت بالاتری برای نگهداری و جذب عناصر سنگین دارا می‌باشند.

۳-۳- آلودگی آب و رسوبات سطحی رودخانه‌ها

تحقیقات درباره آلودگی فلزات سنگین بدلیل سمیت بالقوه آنها برای انسان و محیط از اهمیت زیادی برخوردار است (Vindhini and Narayana 2008). برخی از فلزات سنگین مانند مس، آهن، منگنز، نیکل و روی بعنوان ریز مغذی برای فرایندهای زیستی در حیوانات و گیاهان ضروری می‌باشند در حالیکه بسیاری از فلزات دیگر مانند کادمیم، سرب عوامل ایجادکننده اختلال در فعالیتهای فیزیولوژیکی شناخته شده‌اند. عناصری مثل Fe, Zn, V, Mo, Mg, Cu, Co از جمله عناصر مورد نیاز بدن می‌باشند که در صورتی که غلظت آنها از مقدار مورد نیاز و ضروری بیشتر شود باعث اختلال در رشد می‌گردند. عناصری مانند Hg, Pb و Cd جزء عناصر حیاتی نبوده و اثرات مفیدی بر حیات ارگانسیم های زنده ندارند بطور یک تجمع آنها در بدن موجودات زنده باعث بیماری‌های خطر ناک، کاهش یا عدم رشد، تضعیف سیستم دفاعی بدن و ایجاد عوارضی نامطلوب دیگر می‌گردد (Fiol 2006, Aktar 2010). فلزات سنگین در بدن موجودات زنده دو نقش اساسی را به عهده دارند که یکی از آنکه شرکت در ساختمان مولکولهای مختلف (مانند هموگلوبین) و دیگری نقش کوآنزیمی

است، که با اتصال به آنزیمهای مختلف به عنوان فعال کننده آنزیم در تسریع واکنشها عمل کنند. (خراسانی و همکاران ، ۱۳۸۴) یکی از اساسی ترین مسئله در ارتباط با فلزات سنگین عدم تغییر آنها در بدن می باشد. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، در بافتهای مختلف نظیر چربی، عضلات، استخوانها و مفاصل تجمع و انبار می شوند که همین فرایند باعث بوجود آمدن بیماریها و عوارض متعدد در بدن موجودات می گردد. (EL-Nady 1996)

۳-۳-۱- پیشینه تحقیق در ایران

آلودگی آب و رسوبات سطحی رودخانهها موضوع و هدف بسیاری از تحقیقات در سطح کشور بوده است که در زیر به برخی از این مطالعات اشاره می شود.

آلودگی شدید رودخانه آجی چای ناشی از تراکم مراکز صنعتی و آلوده کننده شهر تبریز بوده که توان خود پالایی را از رودخانه گرفته و باعث آلودگی شدید این رودخانه در منطقه گردیده است به طوری که فلزات سنگین Cu,Pb,Ni,Cd و فاکتورهای چون سختی کل، سولفات و آمونیوم در آن بالاتر از حد مجاز استاندارد برای آبزیان بوده است (حاجی حسنی و یاراحمدی ۱۳۸۸).

کیفیت رودخانه سیاهرود در استان مازندران توسط کرباسی (۱۳۸۹) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت بالای نیکل موجود در رسوبات بیشتر تحت تاثیر واحدهای خاص زمین شناسی (الترابازیک) قرار داشته است. اما غلظت بالای روی در رسوبات و رودخانه نسبت به رسوبات جهانی و پوسته زمین به دلیل ورود فاضلاب های نساجی، شهری، گونی بافی و کنسرو سازی به رودخانه بوده است.

رودخانه سرد آبرود به عنوان یکی از رودهای حفاظت شده دریای خزر که بدلیل مصارف شرب، کشاورزی و آبیاری پروری حائز اهمیت بوده از لحاظ مشخصات کیفی و غلظت دو عنصر Fe و Pb مورد بررسی قرار گرفت. آب این رودخانه در بعضی از ایستگاهها به علت قرار گیری در اکوسیستم شهری

دارای بیشترین بار آلودگی بوده و میزان Pb موجود در آب رودخانه در کلیه ایستگاه‌های مورد اندازه گیری بیشتر از حد مجاز استانداردهای موجود بوده است (کازم نژاد و همکاران ۱۳۸۹).

کرباسی و همکاران (۱۳۸۵) عامل کنترل کننده غلظت عناصر سنگین در رسوبات رودخانه سفارود را واحد های زمین شناسی منطقه دانسته بطوریکه واحدهای آهکی نقش بیشتر و مهم‌تری نسبت به دیگر واحد های زمین‌شناسی منطقه داشته و عامل موثری در کمتر بودن غلظت عناصر سنگین منطقه نسبت به میانگین‌های جهانی بوده‌اند. در این تحقیق منشاء آهن و منگنز کاملاً زمین‌زاد بیان گردیده است و فلزاتی چون سرب، نیکل، روی، آهن و منگنز را در رسوبات منطقه در رده غیر آلوده قرار دارند.

محبتی و همکاران (۱۳۸۷) با اندازه گیری غلظت فلزات سنگین Pb و Cd در ۱۱ ایستگاه نمونه برداری از آب رودخانه زاینده رود اعلام کردند که غلظت سرب از مقادیر یکسانی پیروی کرده و کمتر از مقادیر استاندارد جهانی بوده ولی غلظت کادمیم از حد استانداردهای جهانی بالاتر بوده است .

طی تحقیقی که دهقان مدیسه و همکاران (۱۳۸۸) بر روی رودخانه بهمنشیر به روش ولتامتری انجام دادند معلوم گردید که غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب رودخانه بصورت $Cd < Co < Cu < Pb \approx Ni = Zn$ بوده است که مقایسه مقادیر با استانداردهای کیفیت رسوب (برگرفته از NOAA) بیان گردیده که غلظت عنصر سرب کمتر از LEL (Lowest Effect Level) و غلظت مس و کادمیم کمی بالاتر از این حد و بسیار کمتر از SEL (Severe Effect Level) و مقدار نیکل و روی بیشتر از SEL بوده که مقدار نیکل و روی بیشتر از حد استانداردهای مذکور بوده است.

عامل آلاینده‌گی رودخانه‌های تمبی و بهلول در بیشتر محلی و محدود بوده و اغلب در ارتباط با تخلیه زباله‌های مسجد سلیمان بیان گردیده است. که عامل افزایش آلاینده ها به صورت نقطه‌ای، تجمع وانبار شدن زباله‌ها در حاشیه رودخانه مذکور به ویژه در فصول خشک و کم آب بوده است. بطور کلی

مطالعات نشان دهنده این مطلب می باشد که منشأ انسانی عامل اصلی آلودگی محسوب می شود (کوثری و همکاران ۱۳۸۶).

در بررسی آلودگی فلزات سنگین دلتای سفیدرود (علیزاده کتک لاهیجانی و همکاران ۱۳۸۴) ضرایب همبستگی بین غلظت فلزات سنگین و میزان کربنات کلسیم، سیلت، رس و ماده آلی رسوب نشان می دهد که همبستگی بالایی بین غلظت فلزات سنگین و رسوبات دانه ریز وجود دارد. ایشان مقادیر کم ضرایب غنی شدگی و مقادیر کم حلالیت فلزات سنگین را بیانگر آن دانسته اند که این فلزات عمدتاً از منابع طبیعی (فرسایش حوضه آبریز) تامین می شوند و اثر فعالیت های انسانی در تمرکز فلزات سنگین دلتای سفیدرود ناچیز بوده است. غلظت فلزات سنگین در این مطالعه ناشی از فرسایش سنگ های حوضه آبریز و آورد رودخانه ها بیان گردیده است.

نتیجه تجزیه و تحلیل آماری بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس (خراسانی و همکاران ۱۳۸۴) نشان داده که آهن، منشا زمین زاد در منطقه داشته و غلظت بالای چهار عنصر روی، کروم، سرب و مس ناشی از منابع آلوده کننده مستقر در ساحل و تردد کشتی ها و نفتکش ها در منطقه بوده است.

میزان آلودگی به فلزات سنگین رودخانه بالخلی شهر اردبیل در پایین دست شهر که تحت تاثیر آلاینده های شهری قرار داشته بیشتر از بالادست بوده و بین اکثر پارامترهای همبستگی معنی داری از لحاظ آماری وجود نداشته که محققین دلیل آن را نداشتن منشا مشترک بیان کرده اند (شهماری و همکاران ۱۳۸۷).

انصاری و همکاران (۱۳۸۵)، دلیل توان زیاد رودخانه کارون را در جذب عناصر آلاینده حاصل از زهاب وارد شده به رودخانه را، ماهیت رسی و داشتن بار الکتریکی و همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی بالا می دانند.

صادقی و کرباسی (۱۳۸۵) طی مطالعه و ارزیابی غلظت منشا عناصر سنگین در رسوبات بستر رودخانه شیروود بیان کردند که عناصر Ni و V، بالاترین درصد آلودگی را در مصب رودخانه داشته‌اند که این دو عنصر نمایانگر آلودگی نفتی در منطقه می‌باشد.

مر و سلاطی (۱۳۸۵) با محاسبه زمین انباشتگی رسوبات رودخانه خشک در شیراز مشخص نمودند که رسوبات رودخانه خشک توسط فلزات بالقوه سمی نظیر Pb, Cd آلودگی متوسط تا بالایی را نشان می‌دهند و رسوب و آب رودخانه خشک دارای غلظت بالای عناصر بالقوه سمی (Ni, Cr, Pb, Cd, ...) است که منعکس کننده اثر فعالیت‌های بشرزاد بر آلودگی رودخانه خشک بوده می‌باشد. ایشان بالا بودن pH آب رودخانه در هر دو فصل تر و خشک را عاملی مهم در رسوبگذاری و جذب فلزات بالقوه سمی (Pb, Cr, Zn) در رسوبات دانسته‌اند. البته فعالیت‌های بشرزاد نقش مهمی در آلودگی بالا دست رودخانه داشته که مناطق پایین دست را نیز تحت تاثیر قرار داده است.

در مطالعه‌ای که شهرکی (۱۳۸۸) بر روی ژئوشیمی حوضه آبریز رودخانه سرباز انجام داد عنوان کرد که غلظت عناصر کمیاب در رسوبات بستر رودخانه از بالا دست به پایین دست رودخانه افزایش یافته است. وی دلیل تغییرات غلظت عناصر سنگین به سمت پایین دست رودخانه را در نتیجه تغییرات زمین شناختی، شرایط شیمیایی و ویژگیهای فیزیکی محیط رسوبی بیان کرده است. وی همچنین غلظت عناصر آرسنک، جیوه، سرب، سلینوم و روی را بیشتر از غلظت عناصر در متوسط پوسته می‌داند.

بابائی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی روند انتشار و تغییرات غلظت فلزات سنگین (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb, Co) در آب رودخانه سبزکوه استان چهارمحال بختیاری پرداختند نتایج مطالعات نشان داد که غلظت فلزات مس و روی در مقایسه با سایر فلزات بیشتر بوده و کبالت و کادمیم کمترین غلظت را داشته‌اند. وی دلیل افزایش غلظت فلزات سنگین مس، آهن و روی را در ماه مرداد

نسبت به سایر ماههای سال افزایش فعالیت های کشاورزی و مزارع برنج و فعالیت های آبی پروری در این ماه دانسته است.

خلج و پورقاسم (۱۳۸۸) به مطالعه تجمع فلزات سنگین در ذرات معلق زاینده رود پرداخته و غلظت بالای روی، نیکل، آهن و منگنز در ذرات جامد معلق موجود در رودخانه را به حضور صنایع آلیاژی و واحدهای گالوانیزاسیون در حاشیه زاینده رود و تخلیه پساب آنها به رودخانه نسبت داده‌اند.

شهنواز و همکاران (۱۳۸۸) به منظور استفاده از رسوبات لایروبی شده رودخانه کارون برای مصارف مختلف (کشاورزی و...) به اندازه گیری غلظت فلزات سنگین (Ni, Cd, Co, Cu, Zn) پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین مذکور در رسوبات سطحی بیشتر از رسوبات عمقی است و از بین عناصر فوق غلظت مس بالاترین مقدار را داشته است.

۳-۳-۲- پیشینه تحقیق در جهان

مطالعات در مورد فلزات سنگین و نقش آنها در محیط زیست و بالاخص منابع آب همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. تحقیقات متعدد و بسیاری در راستای ارزیابی آلودگی آب و رسوبات رودخانه ها در جهان بر روی آب و رسوبات سطحی صورت پذیرفته است. که در ادامه به نمونه هایی از آن اشاره می گردد.

طی مطالعه ای تغییرات مکانی و زمانی عناصر آلاینده (As, Cd, Co, Cr) و... در رسوبات و ذرات معلق موجود در رودخانه Changjian در طی فصول تر و خشک در ۷۵ ایستگاه در امتداد رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر این مسأله می باشد که معدنکاری یکی از مهم ترین منابع آلاینده فلزات سنگین برای رودخانه Changjian می باشد (Yinxian et al 2010).

محققین با انجام آزمایش، تجزیه و تحلیل آب، رسوبات، پلانکتونها و ماهی های رودخانه Cauvery اعلام کرد که غلظت فلزات سنگین در پایین دست نسبت به بالا دست رودخانه افزایش داشته که در

نتیجه ورود کود و سموم شیمیایی در اثر فعالیتهای کشاورزی، صنعتی و ورود فاضلاب انسانی می باشد (Abida et al 2009).

چین و همکاران تجمع فلزات سنگین در آب و ذرات ریز معلق در، رودخانه Hindon را در هندوستان مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که غلظت های بالای Zn,Fe,Cu در ذرات معلق و غلظتهای بالای Cd,Mn,Cr,Ni,Pb در حالت محلول در آب رودخانه وجود دارد (Jain et al 2005).

محققین عامل بیشتر بودن غلظت کادمیم در آب رودخانه Yellow در چین نسبت به دریای مجاور آن را تأثیرات زمین شناسی منطقه دانسته. و بطور کلی بیان نموده اند که غلظت عناصر سنگین در آب رودخانه و دریا از سواحل به سمت مناطق عمیق (مرکزی) دریایی کاهش یافته است که این امر را بازتابی از تحت تأثیر قرار گرفتن رودخانه ناشی از تأثیرات زمین شناسی منطقه و فعالیت های بشرزاد دانسته اند (Aikun et al 2010).

(Reza and Singh 2010) سینگ با بررسی مقادیر HPI در رودخانه Brahamani هندوستان به این نتیجه رسید که نمونه های برداشت شده در آب رودخانه بطور جدی آلوده نبوده که دلیل این امر را بالا بودن نرخ جریان آب رودخانه یا دبی بالای آب رودخانه و رعایت مسائل زیست محیطی توسط معدنکاران و صاحبان صنایع اطراف دانسته است.

کاوشیک و همکاران به مطالعه بر روی آب و رسوبات رودخانه Yamuha در هندوستان پرداخته و با محاسبه فاکتور غنی شدگی (EF) اعلام کردند که در رسوبات این رودخانه عناصر نیکل و کادمیم غنی شدگی نشان دادند که این غنی شدگی در نتیجه منابع صنعتی جوار رودخانه بوده و فاکتور غنی شدگی برای آهن کمتر از یک بوده که نشان میدهد تأثیرات انسانی ناچیز بوده است. غلظت این عناصر در آب رودخانه بیشتر از حداکثر مجاز آب آشامیدنی بویژه در سایت های پایین دست می باشد (Kaushik et al 2009).

در تحقیقی برای بررسی غلظت فلزات سنگین رسوبات دریای مدیترانه در غرب مصر رهنمودهای کیفیت عددی رسوب یا (SQGS) استفاده نمود. در این مطالعه از دو فاکتور غلظت موثر آستانه (TEC) و غلظت موثر احتمالی (PEC) استفاده گردید. که غلظت Zn,Pb,Cr در همه نمونه‌ها در رسوبات پایین تر از TECs بوده که نشان دهنده این است که غلظت این عناصر به حد آستانه تاثیرگذاری منفی برای موجودات زنده نرسیده‌اند. از سوی دیگر غلظت نیکل در تمامی ایستگاهها بالاتر از TEC بوده و نشان دهنده این موضوع است که موجودات زنده ساکن این ایستگاه ها در خطر بالقوه آلودگی با عنصر نیکل می‌باشند (Hoda et al 2009).

سینگ و همکاران میزان غلظت عنصر Cr در رسوبات رودخانه Gomti که یکی از سرشاخه‌های رودخانه گانگ در کشور هندوستان می باشد را مورد ارزیابی قرار دادند. ایشان بالا بودن غلظت این عنصر نسبت به غلظت متوسط این عنصر در شیل را ناشی از استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی اطراف رودخانه و همچنین ورود پساب صنعت رنگرزی رودخانه دانستند (Singh et al 2005).

تقی‌نیا حجابی و همکاران (Taghinia Hejabi et al 2010) رودخانه Kabini در هندوستان را حمل کننده آلاینده‌های طبیعی و بشرزاد دانسته‌اند، بخش عمده فلزات آلاینده این رودخانه در بخش رسی در رسوبات بستر رودخانه تجمع یافته و غلظت بعضی از این عناصر (سرب،مس و روی) فراتر از حد آستانه تاثیرگذاری منفی رسوب (TEC) بوده است. عامل افزایش غلظت سرب را وارد شدن فاضلاب کارخانه کاغذ سازی دانسته و عواملی چون هوازدگی سنگ مادر و ورود پساب صنایع منطقه بدخل رودخانه را از عوامل افزایش غلظت مس در رودخانه بیان نموده‌اند. منشا روی را علاوه بر منابع نقطه ای عواملی چون رسوبات جوی،حشره‌کش ها وآفت‌کش ها و تخلیه مواد شیمیایی سمی ناشی از مناطق صنعتی اطراف رودخانه می‌دانند.

محققین طی مطالعه‌ای به ارزیابی مقایسه‌ای بین غلظت فلزات سنگین (کادمیم، کروم، مس، جیوه، سرب و روی) در رسوبات آبراهه اصلی رودخانه‌ها و دریاچه‌های حوضه آبریز رودخانه یانگ‌تسه در روهان چین پرداخته‌اند. نتایج نشان داده که درجه دسترس پذیری زیستی میزان کادمیم، مس، روی و سرب در رسوبات جریان اصلی رودخانه و دریاچه‌ها نسبت به دیگر فلزات بالاتر بوده، بنابراین این عناصر خطر زیستی بیشتری را در مقایسه با سایر فلزات ایجاد می‌کنند. وی پایین بودن خطر زیستی عناصری چون Ni, Cr, Hg, Al را بدلیل حضور بخش اعظم این عناصر در بخش باقیمانده (residual) عنوان نموده است. همچنین محاسبه همبستگی عناصر، همبستگی معنی داری بین عناصر (مس، روی و سرب) و عناصر (کروم و نیکل) در شاخه اصلی و جیوه، مس، کادمیم و سرب در دریاچه‌ها و همچنین بین عناصر مس و سرب در شاخه‌ها را نشان میدهد (Zhifeng yang et al 2009).

موحیودین (mohiudin et al 2010) و همکاران با برداشت بیست نمونه از آب و رسوب خلیج توکیو و رودخانه Tsurumi در یوکاهامای ژاپن معلوم ساختند که میانگین غلظت کروم، مس و نیکل در آب تا حدود زیادی (۱۰۰ برابر) بیش از استاندارد آب آشامیدنی بوده و مقادیر شاخص بارآلودگی رسوبات بین ۱/۲۴ تا ۷/۶۵ بوده که گواهی بر آلودگی رسوبات رودخانه به عناصر فوق بوده است.

محققین بیان میدارند که غلظت فلزات سنگین در آبراهه اصلی رودخانه Han (کره جنوبی) بوده و غلظت فلزات به سمت پایین دست افزایش می‌یابد. مقدار نیکل، کروم، مس، روی، سرب، کادمیم و جیوه بالاتر از سطح (کمترین سطح موثر) ERL براساس راهنمای کیفیت رسوب NOAA بوده است. بعد از پیوستن شاخه‌های فرعی به آبراهه اصلی غلظت نیکل و روی بیشتر از سطح (میان‌سطح موثر) ERM می‌گردد. بالا رفتن غلظت فلزات سنگین را در رسوبات آبراهه اصلی ناشی از ورود زباله‌های شهری، زهاب خانگی و ورود آلایندها ناشی از مناطق نزدیک به لندفیل و ورود شیرابه ناشی از زباله‌های شهری به بدخل رسوبات رودخانه میدانند (Kim et al 2011).

نتایج تحقیق درباره کیفیت آب و رسوبات رودخانه Iber در کوزوو تحقیق نشان داد که غلظت فلزات در بالادست رودخانه نسبت به پایین دست بیشتر بوده و دلیل این امر را در بیشتر بودن صنایع در بالادست رودخانه دانسته‌اند. نتایج آنالیزهای چندین ساله نشان داد که غلظت کادمیم، مس، روی در سال ۲۰۰۸ کمتر از سالهای قبلی شده است، در حالیکه غلظت سرب بطور کل نسبت به سالهای قبلی افزایش نشان داده است. منشا این افزایش غلظت را فعالیتهای معدنکاری بخصوص معادن سرب و روی و فرآیند ذوب و صنایع شیمیایی در مناطق Zvecan و Mitrovica که در جوار رودخانه قرار دارند دانسته‌اند (Rexhepi et al 2010).

۳-۴- مطالعات انجام گرفته در محدوده مورد مطالعه

مهمترین مطالعات صورت گرفته در این محدوده مطالعات هیدروکلیماتولوژی محدوده پلدختر توسط مهندسین مشاور بین المللی سازند آب پارس در تیرماه ۱۳۸۸ و گزارش توجیهی تخصیص منابع آب محدوده مطالعاتی شهرستان پلدختر (۸۹-۹۰) می‌باشد. در این مطالعه به بررسی فیزیوگرافی حوضه آبریز کشکان پلدختر، مطالعات رژیم آبدهی ایستگاههای هیدرومتری منطقه، سیلاب و هیدرو گراف سیل، و کیفیت شیمیایی آب رودخانه کشکان از لحاظ برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی در سالهای بین ۱۳۸۸-۱۳۹۰ شده است. در منطقه مورد مطالعه تنها دو ایستگاه هیدرومتری مادیانرود و پلدختر وجود دارند. طبق مطالعات انجام شده حداقل و حداکثر هدایت هیدرولیکی در ایستگاه مادیانرود ۳۱۹ و ۱۷۱۰ میکروموس بر ثانیه بوده و pH آن بین ۸/۲۰ تا ۸/۳۰ عنوان گردیده است. اما در ایستگاه پلدختر هدایت الکتریکی بین ۳۳۰ تا ۱۴۰۰ میکروموس بر ثانیه و pH آن بین ۶/۴۵ تا ۸/۵۰ میکرو موس بر سانتیمتر می‌باشند. کیفیت آب رودخانه کشکان و مادیانرود باتوجه به نمودار شولر در محدوده قابلیت شرب خوب و قابل قبول قرار داشته‌اند (مطالعات هیدروکلیماتولوژی کشکان پلدختر ۱۳۸۸). لازم به ذکر است تاکنون هیچ‌گونه مطالعه جامع در مورد کیفیت رسوب و آب

رودخانه کشکان و یا منطقه مورد مطالعه از نظر غلظت فلزات سنگین و ارتباط آن با شرایط حاکم بر منطقه (زمین شناسی و عوامل بشرزاد) صورت پذیرفته است.

فصل چہارم

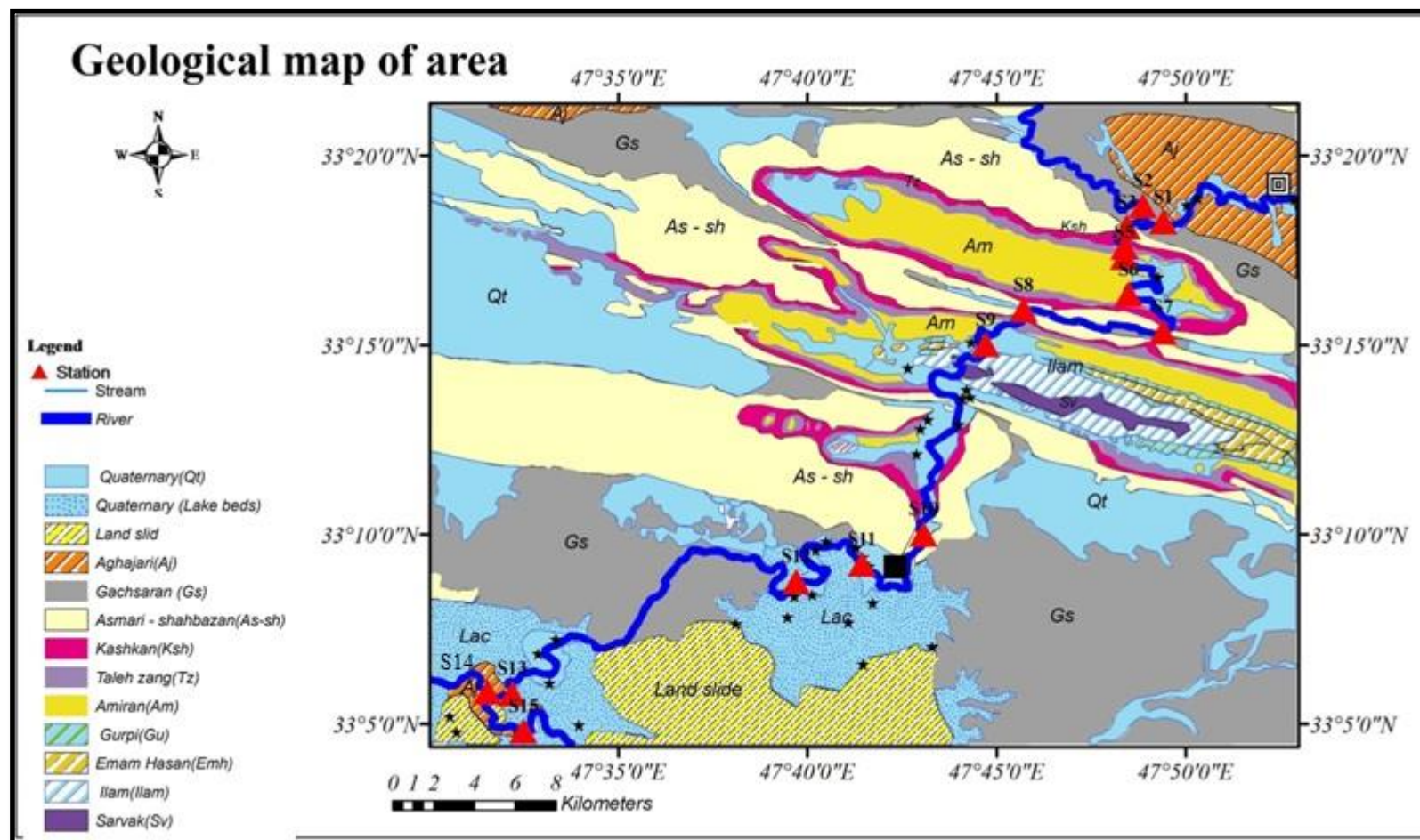
مواد و روشہا

۴-۱- مقدمه

برای ارزیابی و بررسی چگونگی تغییر و نحوه توزیع غلظت عناصر سنگین و بررسی عوامل موثر بر آن (تشکیلات زمین شناسی و عوامل بشرزاد) در رودخانه کشکان، ایستگاههای نمونه برداری تعیین و آنالیزهای فیزیکوشیمیایی مختلفی بر روی رسوب و آب رودخانه صورت پذیرفت. در این فصل به بیان نحوه نمونه برداری، مشخصات ایستگاههای نمونه برداری، روشهای آنالیزهای آزمایشگاهی انجام گرفته، شاخصهای ژئوشیمیایی مورد استفاده برای تعیین منشأ احتمالی و میزان آلودگی عناصر در آب و رسوبات رودخانه کشکان پرداخته شده است.

۴-۲- تعیین ایستگاههای نمونه برداری آب و رسوب

عملیات نمونه برداری با در نظر گرفتن نحوه توزیع منابع آلاینده بشرزاد (روستاها، شهرها و کشاورزی)، ورود شاخه‌های فرعی (به رودخانه) و تغییر لیتولوژی اطراف رودخانه صورت گرفت. بر این اساس تعداد ۱۵ ایستگاه انتخاب و نمونه‌برداری از آب و رسوب در آنها صورت پذیرفت. موقعیت و نام ایستگاهها به ترتیب از بالا دست به سمت پایین دست رودخانه در شکل (۴-۱) و جدول (۴-۱) ارائه شده است. اغلب مسیل‌های ورودی به کانال اصلی رودخانه کشکان آبراهه شماره ۱ یا ۲ می‌باشد که در مناطق پایین دست منطقه مطالعاتی بر تعداد آبراهه‌های فرعی افزوده میگردد. معرفی ایستگاههای نمونه برداری و عوامل آلاینده موثر بر کیفیت آب و رسوبات ایستگاهها در ادامه آورده می‌شود.



شکل (۴)-

موقعیت ایستگاههای نمونه برداری بر روی نقشه زمین شناسی (اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ پلدختر)

(۱):

جدول شماره ه (۴-۱). موقعیت محل‌های نمونه برداری آب و رسوبات رودخانه کشکان

شماره ایستگاه	محل ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
S1	سرشاخه زورانتل (رودخانه کشکان در بالا دست منطقه مورد مطالعه)	N 33° 18' 15".1	E 47° 49' 25".6
S2	سرشاخه مادیانرود	N 33° 18' 16".8	E 47° 49' 03".0
S2	رودخانه کشکان در محل تنگه آسماری	N 33° 18' 07".4	E 47° 48' 27".6
S4	رودخانه کشکان در محل انتهای سازند کشکان	N 33° 17' 46".8	E 47° 48' 52".7
S5	رودخانه کشکان در ابتدای سازند امیران	N 33° 17' 23".1	E 47° 48' 30".2
S6	رودخانه کشکان در انتهای سازند امیران	N 33° 17' 04".7	E 47° 49' 09".8
S6	رودخانه کشکان در محل ابتدای ناودیس فشرده آسماری- شهبازان	N 33° 15' 21".9	E 47° 49' 24".3
S8	رودخانه کشکان در انتهای ناودیس فشرده آسماری- شهبازان	N 33° 15' 56".7	E 47° 45' 43".9
S9	رودخانه کشکان در ابتدای گروه بنگستان	N 33° 15' 01".6	E 47° 44' 43".7
S10	رودخانه کشکان در انتهای گروه بنگستان و قبل از شهرستان پلدختر	N 33° 11' 20".0	E 47° 43' 19".6
S11	رودخانه کشکان در محل بعد از شهرستان پلدختر قبل از مزارع کشاورزی	N 33° 09' 13".0	E 47° 41' 27".6
S12	رودخانه کشکان در بعداز روستاها و مزارع کشاورزی	N 33° 05' 53".6	E 47° 40' 33".0
S13	رودخانه کشکان در پایین دست منطقه مورد مطالعه	N 33° 05' 48".9	E 47° 32' 12".5
S14	رودخانه سیمره قبل از اتصال به کشکان	N 33° 05' 51".0	E 47° 31' 33".1
S15	رودخانه کرخه (حاصل اتصال کشکان به سیمره)	N 33° 04' 49".8	E 47° 32' 30".0

۴-۲-۱- ایستگاه : سرشاخه زورانتل (رودخانه کشکان در بالا دست منطقه مورد مطالعه)

این ایستگاه در شاخه اصلی رودخانه در بالا دست منطقه مورد مطالعه تعیین شده قرار دارد و دارای دبی

متوسط $30/947 \text{ m}^3/\text{s}$ می باشد (مطالعات هیدروکلیماتولوژی محدوده پل دختر ۱۳۸۹).

بالادست این ایستگاه شروع رخنمون سازندهای گروه فارس می باشد واز لحاظ لیتولوژی بیشتر تحت

تاثیرسازندهای آگاجاری و گچساران قرار دارد. فعالیت های کشاورزی بیشتر بصورت باغ های انجیره که

غالباً در جوار رودخانه قراردارد دیده می شود. ایستگاه تلمبه خانه نفت افرینه در بالا دست این ایستگاه قرار

دارد. رودخانه تحت تاثیر فاضلاب روستایی افرینه، زورانتل و... می باشد(شکل ۴-۲).



شکل (۴-۲): ایستگاه اول نمونه برداری، باغات انجیر در جوار رودخانه کشکان (روستای زورانتل) دید به سمت شمال غربی)

۴-۲-۲- ایستگاه دوم: (سر شاخه مادیانرود)

این ایستگاه در سرشاخه مادیانرود و قبل از اتصال سر شاخه فرعی مادیانرود به شاخه اصلی رودخانه

کشکان انتخاب گردید. از لحاظ لیتولوژی تحت تاثیر سازندهای گچساران و آسماری و تا حدودی آگاجاری

قرار دارد. فعالیت کشاورزی بصورت باغ های انجیر (به میزان کمتر از ایستگاه اول) در اطراف رودخانه دیده

می‌شود شکل (۳-۴). حرکت آب رودخانه آرام بوده و دبی متوسط رودخانه در این ایستگاه $1/723 \text{ m}^3/\text{s}$ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد (مطالعات هیدروکلیماتولوژی محدوده پل دختر ۱۳۸۹).



شکل (۳-۴): ایستگاه دوم نمونه برداری، سرشاخه مادیانرود، قبل از اتصال رودخانه مادیانرود به کشکان (دید به سمت شمال غرب)

۳-۲-۴- ایستگاه سوم: رودخانه کشکان در محل تنگه آسماری

در مسیر رودخانه کشکان بعد از اتصال سرشاخه مادیانرود به آبراهه اصلی قرار دارد و کیفیت آن، نتیجه اتصال مادیانرود به کشکان را نشان می‌دهد. در این ایستگاه فعالیت انسانی کمتر دیده می‌شود و از لحاظ لیتولوژی تحت تاثیر سازنده های آسماری و گچساران می‌باشد. در این ایستگاه آب رودخانه تقریباً متلاطم با دبی متوسط $32/67 \text{ m}^3/\text{s}$ می‌باشد. در این محل، رودخانه در نزدیکترین حالت ممکن به جاده خرم آباد- پلدختر می‌باشد.

۴-۲-۴- ایستگاه چهارم: رودخانه کشکان در محل انتهایی سازند کشکان

این ایستگاه در مسیر رودخانه کشکان بعد از رخنمون سازندهای کشکان و تله زنگ انتخاب گردید تا تاثیر سازنده های فوق بر روی آب و رسوبات بستر رودخانه مشخص گردد. هیچ گونه فعالیت انسانی در این ایستگاه دیده نمی شود.

۴-۲-۵- ایستگاه پنجم : رودخانه کشکان در ابتدای سازند امیران

این ایستگاه در مسیر رودخانه کشکان، قبل از روستای خلیج و در محل رخنمون سازند امیران انتخاب گردید. در این ایستگاه فعالیت های کشاورزی دیده نمی شود.

۴-۲-۶- ایستگاه ششم: رودخانه کشکان در انتهای سازند امیران

این ایستگاه تحت تأثیر رواناب ناشی از فعالیت های کشاورزی، باغات انجیر، مزارع سبزی و فاضلاب روستای خلیج قرار دارد و از لحاظ زمین شناسی بیشتر تحت تأثیر رسوبات سازند آواری امیران رودخانه می باشد(شکل ۴-۴).



شکل (۴-۴): ایستگاه ششم انتهای سازند امیران و روستای خلیج

۴-۲-۷- ایستگاه هفتم: رودخانه کشکان در ابتدای ناودیس فشرده آسماری - شهبازان

این ایستگاه در ابتدای ناودیس فشرده آسماری که بین دو تاقدیس سلطان و سرکان می باشد تعیین گردید که تحت تأثیر سازندهای کشکان، تله زنگ، آسماری و گچساران می باشد. مزارع کشاورزی در بالای ایستگاه دیده می شود.

۴-۲-۸- ایستگاه هشتم: رودخانه کشکان در انتهای ناودیس فشرده آسماری - شهبازان بطور غالب تحت تأثیر سازند آهکی آسماری قرار دارد. به علت لیتولوژی و مورفولوژی موجود در محل فعالیت کشاورزی در بالادست منطقه بصورت محدود وجود دارد. در بالادست ایستگاه در بالای سازند فرسایش یافته آسماری رخنمون سازند کشکان بخوبی قابل مشاهده است. رودخانه به موازات جاده پلدختر - خرم آباد در جریان است (شکل ۴-۵).



شکل (۴-۵): ایستگاه هشتم، انتهای ناودیس آسماری فشرده

۴-۲-۹- ایستگاه نهم: رودخانه کشکان در ابتدای گروه بنگستان

این ایستگاه تحت تأثیر فعالیت های کشاورزی (مزارع سبزی وخیار) وهمچنین فاضلاب روستای ملاوی قرار دارد (شکل ۴-۶). از لحاظ زمین شناسی تحت تأثیر سازندهای کشکان و امیران قرار دارد. البته وسعت رسوبات عهد حاضر در اطراف رودخانه بیشتر مشهود است. رودخانه نسبت به ایستگاههای قبلی عریض تر شده است (شکل ۴-۷). این ایستگاه قبل از رخنمون سازندهای گروه بنگستان انتخاب گردیده است.

۴-۲-۱۰- ایستگاه دهم : رودخانه کشکان در انتهای گروه بنگستان و قبل از شهرستان پلدختر

این ایستگاه از لحاظ زمین شناسی بیشتر تحت تأثیر سازندهای گروه بنگستان که در هسته تاقدیس سلطان رخنمون یافته اند قرار دارد. و در بالا دست منطقه پمپ بنزین پلدختر در کنار رودخانه قرار دارد. آب رودخانه تقریباً متلاطم می باشد و عرض رودخانه کمتر و جریان آب رودخانه تندتر شده است.

البته سازندهای کشکان،امیران و تله زنگ در این ایستگاه از رخنمون خیلی کمی برخوردارند، و بیشتر سازندهای گروه بنگستان و آسماری و گچساران در بالا دست ایستگاه دیده می شوند(شکل ۴-۸).

۶



شکل (۴-)

(: مزارع

سبزی

قبل

روستای

ملاوی

(۴-)



شکل

(: ۷)

ایستگاه

نهم

بعد از روستای ملاوی

۴-۲-۱۱- ایستگاه یازدهم: بعد از شهرستان پلدختر

هدف از انتخاب این ایستگاه ارزیابی تاثیر شهر پلدختر بر کیفیت آب و رسوب رودخانه کشکان تعیین گردید. رودخانه از وسط شهر پلدختر عبور می کند و تحت تاثیر فاضلاب این شهر قرار دارد(شکل ۴-۹ و ۴-۱۰). فاضلاب قسمت راست رودخانه بطور مستقیم و بدون تصفیه و فاضلاب سمت چپ رودخانه بعد از

تصفیه وارد رودخانه می‌گردد. این ایستگاه در انتهای شهر پلدختر و بعد از ورود فاضلاب‌ها تعیین گردیده است.



شکل (۴-۸): ایستگاه دهم ، قبل از شهرستان پلدختر (مزارع سبزی جوار رودخانه)



شکل (۴-۹): ورود فاضلاب پلدختر بداخل رودخانه



شکل (۴-۱۰): ایستگاه یازدهم، استفاده از رودخانه برای شنا و ماهیگیری

۴-۲-۱۲- ایستگاه دوازدهم: رودخانه کشکان در محل بعداز روستاها و مزارع کشاورزی

این ایستگاه بعد از روستاهای پایین دست شهرستان پلدختر تعیین گردید. کشاورزی (کشت گندم- خیار و...) در بالا دست این ایستگاه از رونق بیشتری نسبت به تمامی ایستگاه های قبلی برخوردار است. از لحاظ زمین شناسی تحت تاثیر سازندهای آسماری و گچساران، رسوبات عهد حاضر و ذرات پراکنده ناشی از لنداسلاید سیمره می باشد.

۴-۲-۱۳- ایستگاه سیزدهم : رودخانه کشکان در پایین دست منطقه مورد مطالعه

این ایستگاه در انتهایی ترین منطقه از رودخانه کشکان (قبل از اتصال به رودخانه سیمره) تعیین گردید. از لحاظ لیتولوژی تحت تأثیر رسوبات دانه ریز و رسوبات سدی ناشی از لنداسلاید سیمره، رسوبات عهد حاضر و سازند گچساران می باشد. بعلت گسترش زمین های هموار موجود در جوار رودخانه، کشاورزی این منطقه از رونق خاصی بر خوردار است (کشت خیار، ذرت، گندوم و...).

۴-۲-۱۴- ایستگاه چهاردهم: رودخانه سیمره قبل از اتصال به رودخانه کشکان

برای مقایسه آلودگی رودخانه سیمره و کشکان، قبل از محل اتصال این دو رودخانه یک نمونه آب و رسوبات سطحی از رودخانه سیمره برداشت گردید. این رودخانه تحت تأثیر آلودگیهای ناشی از سد سازی (سد سیمره)، فعالیت های کشاورزی و همچنین رواناب سطحی شهر دره شهر قرار دارد. سازند آغاجاری، آسماری و گچساران در اطراف رودخانه رخنمون دارند. آب رودخانه نسبتاً متلاطم می باشد. دبی متوسط رودخانه سیمره در آخرین ایستگاه (نظرآباد) $36/53 \text{ m}^3/\text{s}$ می باشد (آرشیو آمار آب منطقه ای استان ایلام، ۱۳۸۹).

۴-۲-۱۵- ایستگاه پانزدهم : رودخانه کرخه حاصل از اتصال رودخانه های کشکان و سیمره

بعد از اتصال رودخانه کشکان (آبراهه شماره ۶) و رودخانه سیمره (آبراهه شماره ۶) رودخانه کرخه (آبراهه شماره ۷) شکل می گیرد. رودخانه کرخه تامین کنند آب سدهای پایین دست خود (سد کرخه و...) و مزارع

کشاورزی جوار خود می‌باشد. در محل نمونه برداری سازند آغاچاری و رسوبات آواری ناشی از لنداسلاید سیمره دیده می‌شوند. رودخانه بر بستر سازند آغاچاری که دره ای V شکل را تشکیل داده است جریان دارد (شکل ۴-۱۱).



شکل (۴-۱۱): ایستگاه پانزدهم: محل اتصال کشکان به رودخانه سیمره و تشکیل کرخه (دید به سمت غرب)

۴-۳- نمونه برداری آب و رسوب

یکی از مهم‌ترین فرآیندهایی که در تحقیقات مربوط به اندازه‌گیری و ارزیابی کیفیت منابع آبی باید مورد توجه جدی قرار گیرد عملیات نمونه برداری (sampling) می‌باشد. پس از تعیین ایستگاههای نمونه- برداری، نمونه برداری از آب و رسوبات رودخانه کشکان (از محل اتصال مادیانرود تا محل اتصال رودخانه کشکان به رودخانه سیمره) در پاییز ۱۳۸۹ به منظور تعیین غلظت عناصر سنگین و میزان تغییرات غلظت این آلاینده‌ها با توجه به تغییرات عوامل طبیعی و بشرزاد موجود در منطقه از بالا دست محدوده مورد

مطالعه به سمت پایین دست صورت پذیرفت. در هر ایستگاه نمونه برداری، علاوه بر انجام نمونه برداری آب و رسوبات سطحی، پارامترهایی چون موقعیت جغرافیایی (UTM)، و دما اندازه گیری گردیدند. در ادامه مراحل انجام نمونه برداری، روشهای آنالیز نمونهها و شاخصها و معیارهای مورد استفاده جهت تفسیر نتایج بدست آمده آورده شده است.

۴-۳-۱- نمونه برداری و آمادسازی نمونه های آب رودخانه

نمونه برداری از آب رودخانه کشکان در ۱۵ ایستگاه و در هر ایستگاه با توجه به عرض رودخانه حداقل از ۳ (سمت راست، میانه و سمت چپ) مکان آب برداشت گردیده و با هم مخلوط و هموژن شده و به عنوان نمونه آب یک ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴-۱). برای نمونه برداری آب رودخانه، از روش غوطه ور کردن یا نمونه برداری ساده استفاده گردید. قبل از نمونه برداری برای کاهش خطا نکات زیر رعایت گردید:

- ۱- از ظروف پلی اتیلینی بدون هر گونه استفاده قبلی جهت نمونه برداری استفاده گردید.
- ۲- قبل از نمونه برداری ظروف چندین بار با آب رودخانه در هر ایستگاه شستشو داده شدند.
- ۳- نمونه برداری آب از عمق ۱۵-۲۰ زیر سطح در حالت رو به جریان آب صورت گرفت.
- ۴- درب ظروف در زیر آب باز و پس از نمونه برداری در زیر سطح آب نیز بسته گردید.
- ۵- نمونه های آب در هر ایستگاه در ۲ ظرف پلی اتیلنی جمع آوری شد:

۱- ظرف ۵۰۰ ml بدون اسید، برای تعیین و اندازه گیری پارامترهای فیزیکی شیمیایی مانند

کاتیونها و آنیونها، pH و EC

۲- ظرف ۲۵۰ ml : اسیدی شده، با اسید نیتریک ۱۰٪



شکل (۴-۱۲): نمونه برداری آب

۴-۳-۲- نمونه برداری و آماده‌سازی نمونه‌های رسوب رودخانه

نمونه برداری از رسوبات رودخانه کشکان در مجموع در ۱۵ ایستگاه در طول رودخانه و از رسوبات سطحی ۱۵-۲۰ سانتیمتری انجام شد (شکل ۴-۱۲). هیدرولوژی و مسیر رودخانه در توزیع اندازه ذرات نقش مهمی را ایفا می‌کند و با توجه به عرض متغیر رودخانه کشکان و متفاوت شدن هیدرولوژی آن، بافت رسوبات در مسیر رودخانه متغیر می‌باشد. چندین مرتبه تغییر می‌کند، برای مطالعه دقیق‌تر کیفیت رسوبات از مقطع عرضی رودخانه چندین نمونه در هر ایستگاه (حداقل ۳ نمونه) برداشت و در نهایت یک نمونه ترکیبی تهیه گردید. سپس نمونه‌ها در آزمایشگاه در هوای آزاد خشک و برای انجام مراحل بعدی (دانه بندی و آنالیز (ICP-MS) و دیگر آنالیزها آماده گردیدند.

۴-۴- دانه بندی رسوبات

برای دانه بندی رسوب، ابتدا رسوب در هوای اتاق خشک و سپس رسوب را بطور کامل با هم مخلوط و بصورت مخروطی شکل درآورده، سپس رسوب را به چهار قسمت تبدیل و یک قسمت آن (حدوداً ۱۰۰۰ گرم) برای دانه بندی جدا گردید.



شکل (۴-۱۳): نمونه برداری رسوبات سطحی رودخانه

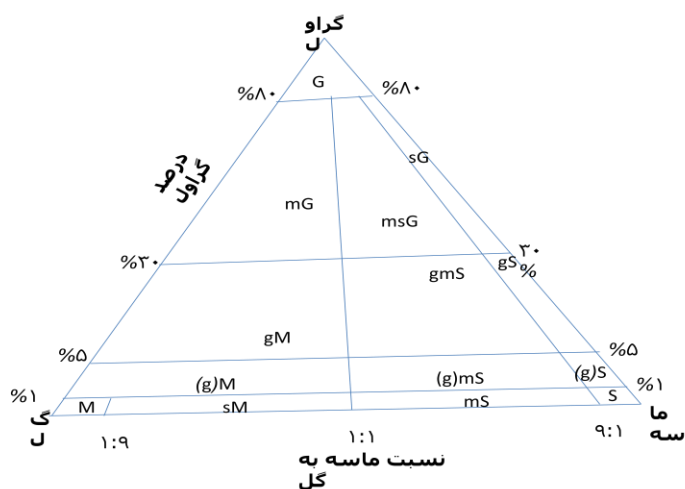
در این مرحله از روش غربال خشک استفاده گردید. الک شماره ۱۰ برای جداسازی ذرات گراول از ماسه و الک شماره ۲۳۰ برای جدا کردن ذرات ماسه از گل (سیلت + رس) استفاده شد.

برای نامگذاری ذرات رسوب در هر ایستگاه از مثلث فولک (۱۹۵۴) استفاده گردید (شکل ۴-۱۳). (امینی و زمان زاده- ۱۳۸۴).

در این مثلث نام رسوب توسط ۲ فاکتور تعیین می شود (موسوی حرمی ۱۳۸۶) :

۱- مقدار گراول رسوب

۲-نسبت ماسه به گل (۹:۱، ۱:۱ و ۱:۹)



شکل (۴-۱۴ طبقه بندی بافت رسوب براساس مثلث فولک (۱۹۵۴)

۴-۵- تعیین pH

۴-۵-۱- تعیین pH رسوبات

جهت اندازه گیری pH رسوبات از روش (EPA SW -846 METOD 9045) استفاده شد. ابتدا ، ۲۰ گرم از نمونه رسوب توسط ترازوی حساس وزن گردید و به بشر ۵۰ CC منتقل شده و ۲۰ آب مقطر نیز به رسوب اضافه گردید و مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه بر روی هم زن (IKA.RH.Basic 2) قرار داده شد. سپس مخلوط حاصل به مدت یک ساعت به حال سکون قرار گرفت و در نهایت pH آن توسط pH سنج(مدل jenway3510)، اندازه گیری شد.

۴-۵-۲- تعیین pH آب

اندازه گیری pH آب رودخانه کشکان با pH متر سانتکس مدل sp-701 با دقت ۰/۰۱ بلافاصله در محل صورت گرفت.

۴-۶- اندازه گیری مواد آلی رسوب

مواد آلی یکی از اجزای مهم و موثر در نگهداری فلزات سنگین در رسوبات می‌باشند. در تفکیک شیمیایی عناصر سنگین موجود در رسوبات یکی از اجزای پیوند کننده با فلزات مواد آلی رسوب می‌باشند که جزء بخش انسان ساز آلاینده محسوب می‌شوند (Karbasi 2005). جهت اندازه گیری مواد آلی موجود در رسوبات رودخانه کشکان از روش استاندارد APHA,1995 استفاده شد. ابتدا نمونه ها وزن شده را در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد تا رطوبت آن خارج شود. سپس نمونه ها مجدداً وزن شده و به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد در داخل کوره قرار داده شدند . بعد از گذشت این زمان ، نمونه ها از کوره خارج شده و دوباره وزن شدند. از تفاضل وزن قبل و بعد از حرارت دادن در کوره ، مقدار ماده آلی رسوبات تعیین گردید.

۴-۷- اندازه گیری میزان کربنات کلسیم (CaCO_3) رسوبات

برای تعیین درصد کربنات کلسیم از روش (Carver,1971) استفاده گردید. در این روش جهت تعیین کربنات کلسیم در نمونه رسوب، رسوب بعداز آماده سازی، وزن و برای تعیین میزان کربنات کلسیم در کوره در دمای ۹۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یکساعت قرار داده شد. لازم بذکر است که دمای کوره از زمان روشن شدن تا رسیدن به دمای ۹۰۰ درجه ۲-۳ ساعت طول می‌کشد که جز زمان حرارت محسوب نمی‌شود. از روی کاهش وزن رسوب بعداز قرار دادن در کوره نسبت به قبل از آن درصد کربنات کلسیم نمونه تعیین گردید.

۴-۸- تعیین EC

۴-۸-۱- EC رسوب

جهت اندازه گیری EC رسوبات از نسبت ۱ به ۵ رسوب به آب مقطر استفاده شد. ابتدا ، ۱۰ گرم از نمونه کوچکتر از ۲ میلیمتر) که در هوای آزاد اتاق خشک شده بود توسط ترازوی حساس وزن گردید و به بشر ۲۵۰ CC منتقل شده و ۵۰ CC آب مقطر ($EC < 1 \mu S/cm$) نیز به رسوب اضافه گردید و مخلوط به مدت یک ساعت بر روی همزن (IKA.RH.Basic 2) با دور rpm ۱۵ قرار داده شد. پس از ساکن شدن و زلال شدن محلول EC آن توسط EC سنج اندازه گیری شد. برای برطرف کردن خطای ناشی از دما و تصحیح آن، دمای محلول در هر بار آزمایش یادداشت و به کمک ضرایب موجود (غازان شاهی ۱۳۸۵) EC رسوب تصحیح گردید.

۴-۸-۲- EC آب

EC آب رودخانه کشکان بعد از نمونه برداری از آب رودخانه بلافاصله با EC متر صحرایی با دقت یک میکرو موس بر سانتیمتر اندازه گیری شد.

۴-۹- تعیین غلظت عناصر سنگین

برای تعیین غلظت عناصر سنگین موجود در نمونه های رسوب ، پس از خرد کردن کامل ۵۰ گرم از هر نمونه رسوب (دانه های در حد گراول تا رس) و عبور دادن آن از الک ۶۰ مش، نمونه رسوب برای آنالیز به روش ICP – MS آماده گردید. نمونه های آب و رسوب برای تعیین غلظت عناصر با استفاده از ICP-MS به آزمایشگاه AcmeLab کشور کانادا ارسال گردید. در این مطالعه با توجه به غلظت عناصر در رسوبات و آب، مقایسه آنها و اولویت های زیست محیطی، از بین عناصر تعیین شده (۷۲ عنصر در آب و ۳۷ عنصر در خاک) تعداد ۱۱ عنصر برای تجزیه و تحلیل انتخاب گردید.

۴-۱۰- تهیه مقطع نازک از رسوبات

جهت مطالعات سنگ و کانی شناسی در رسوبات بستر رودخانه، ۵ نمونه از رسوبات آبراهه اصلی و یک نمونه از رسوبات سطحی رودخانه مادیانرود و یک نمونه از رسوبات رودخانه سیمره برای تهیه مقطع صیقلی انتخاب و تهیه گردید و در آزمایشگاه اپتیک دانشگاه صنعتی شاهرود مورد بررسی قرار گرفت.

۴-۱۱- تعیین غلظت آنیونها و کاتیونها و سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه

های آب

جهت بررسی کیفیت آب و تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شامل غلظت آنیونها و کاتیونها، (CO_3^{2-} - SO_4^{2-} - HCO_3^- - Ca^{2+} - Na - Mg^{2+} و ...) نمونه های آب تهیه شده از رودخانه کشکان به آزمایشگاه علم و فناوری استان سمنان ارسال گردید و مورد آنالیز قرار گرفت .

۴-۱۲- فاکتورها و شاخص های استفاده شده در تحلیل دادهای رسوبی و مطالعات

هیدرولیکی زیست محیطی

برای تکمیل بررسی های زیست محیطی و ارزیابی میزان آلودگی و منابع احتمالی (بشرزاد و طبیعی) فلزات سنگین انتخاب شده در رسوبات و آب، از شاخص زمین انباشت (Igeo)، ضریب غنی شدگی، فاکتور آلودگی، درجه آلودگی، و همچنین روش های آماری تحلیل داده ها مانند: تعیین ضرایب همبستگی بین پارامترها و عناصر مختلف، آنالیز خوشه ای (CA)، و تحلیل مولفه اصلی (PCA) استفاده گردید.

۴-۱۲-۱- فاکتور غنی شدگی (Enrichment Factor)

برای ارزیابی غنی شدگی محیط از نظر عناصر مختلف نسبت به میزان متوسط آن در پوسته زمین مورد استفاده قرار می گیرد. به موازات افزایش EF، بخش مشارکت انسانی در افزایش آلودگی نیز افزایش می یابد. فاکتور غنی شدگی را میتوان از رابطه (۴-۱) بصورت زیر بیان گردید است. (Loska et al 1995).

رابطه (۴-۱)

$$E_f = \frac{\left[\frac{C_{1Me+n}}{C_{1n}} \right]}{\left[\frac{C_{2Me+n}}{C_{2n}} \right]}$$

که:

C_{2Me+n} : غلظت فلز در محیط مبنا (پوسته زمین) C_{1Me+n} : غلظت فلز در محیط مورد بررسی
 C_{2n} : غلظت فاز مبنا در محیط مبنا C_{1n} : غلظت فاز مبنا در محیط مورد بررسی

در این تحقیق باتوجه به نوسان کمتر عنصر آهن نسبت به سایر عناصر مبنا مثل آلومینیوم، منگنز و... و غلظت بالای آن در منطقه مطالعاتی، آهن بعنوان عنصر زمین مبنا استفاده گردید. رده بندی رسوبات براساس ضرایب غنی شدگی در جدول ۴-۲ آورده شده است.

جدول (۴-۲): رده بندی مقادیر ضرایب غنی شدگی (Sutherland 2000)

EF	شدت غنی شدگی
EF<2	بدون غنی شدگی تا غنی شدگی اندک
EF=2 - 5	غنی شدگی متوسط
EF=5 - 20	غنی شدگی قابل توجه
EF=20 - 40	غنی شدگی بسیار بالا
EF>40	غنی شدگی بی نهایت بالا

۴-۱۲-۲- شاخص زمین انباشت (Geo Accumulation Index)

Igeo توسط مولر (۱۹۷۹) برای تعیین آلودگی فلزات سنگین در رسوبات کنونی در مقایسه با متوسط

میزان غلظت این عناصر در شیل میانگین صورت زیر ارائه گردید (Buriganga 2011).

$$I_{geo} = \text{Log}_2 \{ Cn / 1.5Bn \}$$

در این رابطه Cn غلظت عنصر مورد مطالعه در نمونه رسوب، Bn متوسط غلظت عنصر مورد نظر در شیل میانگین زمینه می باشد. لازم بذکر است که عدد ۱.۵ فاکتور تصحیح تاثیر لیتولوژیک می باشد و از تغییرات سنگ شناختی در رسوبات ناشی می شود. رده بندی شدت آلودگی بر اساس شاخص زمین انباشت در جدول ۳-۴ آورده شده است. (Muller 1995).

جدول (۳-۴): مقادیر شاخص زمین انباشتگی در تعیین آلودگی رسوب (Muller 1995)

رده آلودگی	محدوده آلودگی	شدت آلودگی
۱	$I_{geo} \leq 0$	فاقد آلودگی
۲	$0 < I_{geo} < 1$	فاقد آلودگی تا آلودگی متوسط
۳	$1 < I_{geo} < 2$	آلودگی متوسط
۴	$2 < I_{geo} < 3$	آلودگی متوسط تا شدید
۵	$3 < I_{geo} < 4$	آلودگی شدید
۶	$4 < I_{geo} < 5$	آلودگی شدید تا بی نهایت
۷	$5 < I_{geo}$	آلودگی بی نهایت

۳-۱۲-۴- فاکتور آلودگی (Contamination Factor) و درجه آلودگی (Contamination

Degree)

از این شاخصها برای تعیین وضعیت آلودگی محیط رسوبی استفاده می گردد. این فاکتور آلودگی از رابطه

$$CF = \frac{C_o}{C_n}$$

زیر بدست می آید: رابطه ۳-۴:

C_f : فاکتور آلودگی فلز تعیین شده

C_0 : غلظت فلز تعیین شده در ماده مرجع (شیل میانگین)

برای ارزیابی شدت آلودگی از شاخص دیگری بنام درجه آلودگی استفاده می شود که از مجموع فاکتور

آلودگی نیز عناصر مختلف حاصل می شود (Hakanson 1980). رابطه ارائه شده هاکانسون بدلیل

محدویت های مختلف آن اصلاح شده و امروزه بجای آن از فرمول اصلاح شده آن ، یعنی درجه آلودگی

اصلاح شده (mCd) استفاده میگردد: (Abraham 2005)

$$mcd = \sum_{i=0}^n cf/n \quad \text{رابطه ۴-۴}$$

در این رابطه (mCd)، درجه آلودگی تصحیح شده، C_f ، فاکتور آلودگی و n تعداد عناصر آنالیز شده مورد

بررسی می باشد. ارتباط فاکتورهای ذکر شده با میزان آلودگی در جدول ۴-۴ آورده شده است.

جدول (۴-۴): ارتباط میزان آلودگی با C_d ، CF (Hakanson 1980)

میزان آلودگی رسوب	مقدار C_d	میزان آلودگی رسوب	CF
درجه آلودگی پایین	$C_d < 6$	آلودگی پایین	$CF < 1$
درجه آلودگی متوسط	$6 \leq C_d < 12$	آلودگی متوسط	$1 \leq CF < 3$
درجه آلودگی قابل توجه	$12 \leq C_d < 24$	آلودگی قابل توجه	$3 \leq CF < 6$
درجه آلودگی بسیار بالا	$C_d \geq 24$	آلودگی بسیار بالا	$CF \geq 6$

جدول ۴-۵: مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده (Abraham, 2005).

کیفیت رسوب	مقدار mCd
غیر آلوده تا آلودگی بسیار اندک (very low)	$mCd < 1/5$
آلودگی اندک (low)	$1/5 \leq mCd < 2$
آلودگی متوسط (moderate)	$2 \leq mCd < 4$
آلودگی زیاد (high)	$4 \leq mCd < 8$
آلودگی بسیار زیاد (very high)	$8 \leq mCd < 16$

آلودگی فوق العاده زیاد (extremely high)	$۱۶ \leq mCd < ۳۲$
آلودگی بینهایت زیاد (ultra high)	$mCd \geq ۳۲$

۴-۱۲-۴- شاخص بار آلودگی

برای محاسبه میزان بار آلودگی هریک از ایستگاههای نمونه برداری رسوب رودخانه کشکان از شاخص بار آلودگی یا PLI استفاده گردید. بار آلودگی توسط تام لینسون ۱۹۸۰ ارائه شده است (Saha 2001).

$$(PLI) = n\sqrt{CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \dots CF_n} \quad \text{رابطه ۴-۵}$$

$$CF_1 = \text{فاکتور آلودگی فلز اول}$$

$$CF_2 = \text{فاکتور آلودگی فلز اول}$$

$$CF_n = \text{فاکتور آلودگی فلز nام}$$

n: تعداد فلز مورد مطالعه در هر ایستگاه

لازم بذکر است که در صورتی که بار آلودگی بالاتر از یک باشد رسوبات آلوده بوده و در غیر اینصورت رسوبات فاقد آلودگی می باشند (Cabrera et al., 1999).

در این روش بخش عظیمی از تغییر پذیری می تواند بوسیله تعداد معدودی از متغیرهای جدید (K) توجیه شوند در این صورت گفته می شود که تعداد بعدهای از p به k کاهش یافته است. میتوان نتیجه گرفت که ما بکمک PCA در یک فضای p بعدی بدنبال دستیابی به دستگاه محورهای مختصاتی هستیم که بتواند با تعداد کمی بعد (متغیر جدید) بخش عمده تغییرپذیری را تفسیر و توجیه کند.

(حسنی پاک و شرفالدین ۱۳۸۰)

۴-۱۱-۶- آنالیز خوشه ای (Cluster Analysis)

آنالیز خوشه‌ای بعنوان حل کننده و ساده سازی تجزیه و تحلیل داده‌ها در نظر گرفته می‌شود و شامل تعدادی از الگوریتم های مختلف و روش ها برای گروه بندی داده‌ها مشابه است. (Juozapavicius and Rapseviius 2001).

در تحلیل خوشه ای، هدف دست یافتن به ملاکی برای طبقه بندی هرچه مناسبتر متغیرها و یا نمونه ها براساس تشابه هرچه بیشتر درون گروهی و اختلاف هرچه بیشتر بین گروهی است. تمامی روشهای خوشه بندی مبتنی بر ماتریس شباهت ها می باشند.(حسنی پاک و شرف الدین ۱۳۸۰)

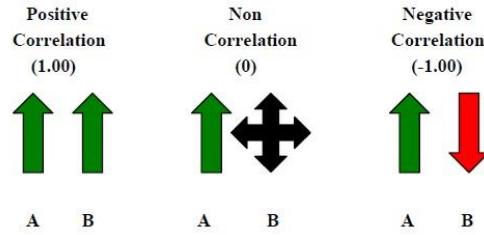
۴-۱۱-۵- تحلیل مولفه اصلی (PCA) (Principal Component Analysis)

PCA یک تکنیک چند متغیره است که در علم زمین شناسی کاربرد زیادی دارد. برای نتیجه گرفتن از داده‌های ژئوشیمیایی زمانی که تعداد زیادی از عناصر آنالیز شیمیایی شده باشند، (به خاطر داشتن ابعاد زیاد) کار دشواری است یکی از روشهای کاهش ابعاد داده‌ها، روش مولفه های اصلی می‌باشد. PCA روشی است جهت پیدا کردن ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه، به صورتی که تشکیل یک دستگاه مختصات جدید را بدهند و بر اساس بردارها و مقادیر ویژه کار می‌نماید. به این ترکیبات خطی مولفه های اصلی گفته میشود.

۴-۱۱-۷- ضریب همبستگی (correlation coefficient)

برای داشتن معیاری از رابطه بین دو متغیر، پارامتر آماری بنام ضریب همبستگی تعریف گردیده است. مقدار ضریب همبستگی بین $+1$ و -1 تعریف شده است. در صورتی که دو متغیر همبستگی کاملا خطی همسو (افزایش یکی باعث افزایش دیگری شود) داشته باشند، ضریب همبستگی آنها $+1$ خواهد بود اما در صورتی که دو متغیر دارای همبستگی کاملا خطی غیر همسو (افزایش یکی باعث کاهش دیگری شود) باشند، ضریب همبستگی آنها -1 و در صورتی که دو متغیر غیر همبسته باشند (افزایش یکی تاثیری بر

روی دیگری نداشته باشد) ضریب همبستگی آنها صفر است شکل (۴-۱۵)، (حسنی پاک و شرف الدین ۱۳۸۰).



شکل (۴-۱۵) همبستگی مثبت، منفی و بدون همبستگی

فصل پنجم

ارزیابی آلودگی عناصر سنگین در رسوبات

سطحی رودخانه کشکان

۵-۱- مقدمه

پس از انجام نمونه برداری و آنالیزهای مورد نظر بر روی نمونه‌های رسوب برداشت شده با توجه به موارد ذکر شده، یازده عنصر (نیکل، مس، روی، آرسنیک، استرانسیوم، سلنیم، آلومینیوم، سرب، کبالت، کروم و آهن) تعیین و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج آنالیزهای مختلف صورت گرفته بر روی نمونه‌های رسوبات در جدول (۵-۱ و ۵-۲) آورده شده است. در این فصل به بررسی کیفیت رسوبات، میزان آلودگی آنها و منشأ احتمالی آلودگی با توجه به نحوه پراکنش غلظت عناصر و مقادیر پارامترهای مورد اندازه‌گیری، و محاسبه شاخص‌هایی مانند I_{geo} ، CF ، $SQGs$ ، PLI ، EF و همچنین محاسبه ضریب همبستگی و آنالیز خوشه‌ای و تحلیل مولفه اصلی، در رسوبات رودخانه کشکان پرداخته شده است.

۵-۲- همبستگی بین عناصر و پارامترهای رسوب شناسی

عنصر نیکل در رسوبات سطحی رودخانه کشکان همبستگی خوبی با عناصر آهن (۰/۹۶)، مس (۰/۹۰)، کبالت (۰/۹۵)، کروم (۰/۹۸) و آلومینیوم (۰/۸۵) دارد. با توجه به اینکه منشأ سازندهای آواری کشکان و امیران از افیولیت ملانژهای شمال شرق زاگرس می‌باشد (خسرو تهرانی) و افیولیت ملانژها حاوی عناصر فوق می‌باشند، میتوان گفت که منشأ عنصر نیکل در رسوبات زمین زاد می‌باشد.

جدول (۵-۱): مقادیر برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و رسوب شناسی در نمونه‌های رسوب

Station	PH	EC	OM(%)	CaCO ₃ (%)	Mud(%)	Sand(%)	Gravel (%)
S1	8.44	396.87	8.03	13.48	4.60	64.89	30.51
S2	8.86	441.82	7.05	26.51	24.00	65.65	10.35
S3	8.81	309.96	8.09	13.66	3.02	63.85	33.13
S4	8.62	223.44	8.23	13.40	4.40	64.99	30.61
S5	8.55	200.78	7.87	14.07	6.64	65.42	27.94
S6	8.52	215.00	8.09	12.85	7.86	68.07	24.06
S7	8.61	200.54	8.70	14.09	5.06	64.42	30.53
S8	8.57	188.57	8.44	15.47	5.60	65.74	28.66

S9	8.55	211.28	11.09	6.77	9.01	68.11	22.88
S10	8.60	244.60	10.23	10.67	7.28	66.11	26.62
S11	8.20	480.71	7.08	10.79	13.72	67.67	18.61
S12	8.56	255.53	11.95	6.39	18.13	70.79	11.08
S13	8.65	241.34	11.59	6.60	17.17	72.68	10.14
S14	8.80	243.01	7.36	13.25	9.06	73.93	17.01
S15	8.61	249.01	8.14	18.19	10.50	74.41	15.09

جدول (۵-۲): غلظت عناصر و فلزات سنگین در نمونه های رسوب بر حسب (ppm)

Station	Cu	Zn	Ni	As	Cr	Se	Sr	Fe	Al	Co	pb
S1	32.11	439.9	86.4	8.4	68.7	0.3	226.4	25900	14400	16.1	30.44
S2	12.38	20	31.6	4.2	32	0.6	412.3	10600	3800	6.2	8.49
S3	29.79	42.2	99.2	3.3	75.5	0.5	230.1	30700	17300	18.1	5.24
S4	29.44	42.2	112.4	3.5	79.8	0.5	219.1	30400	17600	17.5	6.09
S5	28.29	43.9	95.3	4.1	76.1	0.5	255	30500	17000	17.6	6.15
S6	33.88	50.5	127.4	3.2	90	0.6	221.1	34300	20000	21.7	6.29
S7	31.13	44.2	118.7	3.3	80.1	0.5	231.3	30700	17400	18	5.57
S8	30.57	44.7	108.8	4.1	78.9	0.5	246	30100	17200	18.7	6.11
S9	29.47	43.4	123	3.7	86.8	0.4	230.9	31000	17400	19.4	6.61
S10	20.69	29.8	67.6	3.3	52.2	0.5	272.7	19900	10000	12.1	4.7
S11	21.39	37.3	71.3	4.9	58.2	0.4	245	23200	18500	14.7	6.17
S12	28.65	43.1	97.4	3.8	73.2	0.5	248.4	27700	15400	18.2	6.93
S13	21.93	36.8	73	4.2	57.7	0.4	266.5	22400	12500	13.8	5.51
S14	14.61	30	65.7	5.2	48.5	0.4	292.1	17400	9100	10.5	6.44
S15	20.92	35.8	75.9	4.7	57.7	0.5	234.5	21100	14600	13.3	6.35
Mean	25.68	65.58	90.24	4.26	67.69	0.47	255.42	25726	14813	15.72	7.8
W.M.S *	33	95	52	7.7	72	0.42	320	41000	72000	14	19
Mean Crust**	50	75	80	1.5	100	0.05	370	41000	82000	20	14

*World Mean Sediment (Bowen1979)

**Mean Crust (Bowen1979)

جدول (۵-۳): مقادیر همبستگی بین عناصر و پارامترهای رسوبی

	Cu	Zn	Ni	As	Cr	Se	Sr	Fe	Al	Co	Pb	pH	EC	OM	CaCO3	Mud	Sand	Gravel
Cu	1.000																	
Zn	0.338	1.000																
Ni	0.904	0.029	1.000															
As	-0.069	0.862	-0.310	1.000														
Cr	0.941	0.088	0.986	-0.257	1.000													
Se	-0.036	-0.598	0.048	-0.712	0.023	1.000												
Sr	-0.789	-0.229	-0.798	0.002	-0.807	0.313	1.000											
Fe	0.946	0.079	0.960	-0.267	0.987	0.028	-0.825	1.000										
Al	0.835	0.042	0.858	-0.182	0.890	-0.067	-0.883	0.917	1.000									
Co	0.945	0.098	0.955	-0.234	0.983	0.005	-0.835	0.986	0.923	1.000								
Pb	0.221	0.985	-0.085	0.895	-0.026	-0.560	-0.081	-0.047	-0.080	-0.023	1.000							
pH	-0.374	-0.303	-0.274	-0.286	-0.329	0.386	0.520	-0.349	-0.590	-0.413	-0.244	1.000						
EC	-0.272	0.053	-0.358	0.267	-0.310	-0.263	0.096	-0.257	0.070	-0.220	0.085	-0.598	1.000					
OM	0.200	-0.115	0.236	-0.269	0.226	-0.159	-0.209	0.189	0.060	0.254	-0.160	-0.024	-0.362	1.000				
CaCO3	-0.387	-0.014	-0.449	0.099	-0.456	0.487	0.605	-0.462	-0.463	-0.518	0.091	0.423	0.016	-0.731	1.000			
Mud	-0.628	-0.277	-0.632	-0.030	-0.621	0.188	0.715	-0.647	-0.575	-0.574	-0.146	0.131	0.284	0.210	0.160	1.000		
Sand	-0.456	-0.240	-0.272	0.094	-0.317	-0.185	0.053	-0.360	-0.223	-0.274	-0.206	0.076	-0.058	0.274	-0.235	0.413	1.000	
Gravel	0.662	0.309	0.585	-0.019	0.597	-0.058	-0.551	0.635	0.522	0.543	0.197	-0.130	-0.185	-0.274	-0.016	-0.918	-0.740	1.000

کروم با عنصر آهن (۰/۹۸)، مس (۰/۹۴)، کبالت (۰/۹۸) و آلومینیوم (۰/۸۹) و نیکل همبستگی مثبت دارد. با توجه به وجود کروم و یا لایه های کرومیت دار در افیولیتها (شهاب پور ۱۳۸۴)، و همبستگی با عناصر فوق منشاء کروم مربوط به زمین شناسی منطقه (سازندهای کشکان وامیران) می باشد.

در نتیجه لاتریتی شدن سنگهایی نظیر پریدوتیت و سرپانتینیت، همراه با نیکل و آهن کبالت نیز در درون اکسیدها و هیدرو اکسیدهای آهن تشکیل می شود (شهاب پور ۱۳۸۴). کبالت بیشترین همبستگی را با آهن (۰/۹۸) نشان می دهد. و از آنجایی که با عناصری چون کروم (۰/۹۸)، نیکل (۰/۹۵)، مس (۰/۹۴)، و آلومینیوم (۰/۹۲) همبستگی مثبت بالایی دارد میتوان نتیجه گرفت منشاء کبالت نیز زمین زاد و از سازند های آواری تخریبی (منشاء افیولیت ملانژ) منطقه است.

آلومینیوم با کروم (۰/۸۹)، آهن (۰/۹۱) نیکل (۰/۸۵) و مس (۰/۸۳) همبستگی مثبت دارد. آلومینیوم در افیولیتها با کروم در ارتباط بوده و نوع کرومیت ها را بر اساس درصد آلومینیوم و آهن معرفی می کنند. از آنجایی که بیشترین همبستگی را با عناصر فوق از خود نشان میدهد بنابراین میتوان گفت که منشاء آلومینیم نیز زمین شناختی بوده و ناشی از فرسایش افیولیت های زاگرس بوده (مطیعی ۱۳۷۴) که در سازندهای کشکان و امیران ظهور یافته است.

مس در سنگهای با منشاء افیولیتی (پریدوتیت و...) با عنصر آهن، نیکل و... بصورت ترکیبات مختلف از جمله سولفیدهای نیکل و آهن وجود دارد (شهاب پور نقل از لازینکا، ۱۹۸۵). مس با آهن (۰/۹۴)، کروم (۰/۹۴)، کبالت (۰/۹۴)، نیکل (۰/۹۰)، آلومینیوم (۰/۸۳) همبستگی مثبت دارد. با توجه به منشاء عناصر فوق و توضیحات آورده شده منشاء مس نیز زمین زاد می باشد.

آهن با کروم (۰/۹۸)، نیکل (۰/۹۶) و مس (۰/۹۴) بیشترین همبستگی را نشان میدهد. با توجه به ارتباط کروم با آهن بصورت کرومیت های آهن دار در افیولیتها و آهن با مس (شهاب پور، نقل از (لازینکا ۱۹۸۵)) بصورت ترکیبات سولفیدی (منطقه سنگهای آتش فشانی همراه با کمی رسوب در افیولیتها)، و همراهی آهن با نیکل در اثر هوازدگی سنگهای الترامافیکی می توان نتیجه گرفت که منشاء آهن در سازندهای موجود در

منطقه (کشکان و امیران) می‌باشد. البته وجود گل اخرا در سازند کشکان نیز دلالت بر منشاء زمین زاد آهن در رسوبات دارد (گزارش توجیهی تخصیصی منابع آب محدوده مطالعاتی پلدختر ۱۳۹۰).

عنصر روی با سرب (۰/۹۸) و آرسنیک (۰/۸۶) بالاترین همبستگی مثبت را دارد و با عناصر (آهن، مس، نیکل، کبالت، کروم و آلومینیوم) همبستگی منفی یا بسیار ضعیفی دارد بنابراین منشاء این عنصر بشرزاد بود و با توجه به عوامل موجود (کشاورزی، باغات انجیر، فاضلاب شهری، تلمبه خانه نفت) اطراف رودخانه قابل توجیه است.

آرسنیک بیشترین همبستگی را با سرب (۰/۸۹) و روی (۰/۸۶) نشان می‌دهد و میتوان گفت این همبستگی متاثر از عوامل بشرزاد (کشاورزی، حمل و نقل و...) می‌باشد.

سرب با توجه به همبستگی مثبت با عناصر روی و آرسنیک و توضیحات فوق میتوان نتیجه گرفت منشاء بشرزاد دارد.

از نظر شیمیایی استرانسیوم شبیه کلسیم می‌باشد (مر ۱۳۸۲). استرانسیوم بیشترین همبستگی را با کلسیم (۰/۹۰) دارد. با توجه به اینکه سازندهای آهنکی و یا دارای ترکیبات کلسیم‌دار در منطقه مطالعاتی دارای گسترش خوبی می‌باشند و با توجه به شباهت عنصر استرانسیوم با کلسیم میتوان گفت منشاء و غلظت استرانسیوم تحت تاثیر زمین شناسی منطقه بوده و منشاء زمین‌زاد دارد.

سلنیوم بیشترین همبستگی را با کربنات کلسیم (۰/۴۸) و استرانسیوم (۰/۳۱) نشان می‌دهد. با توجه به تشابه این عنصر با یون سولفات و وجود سازندهای تبخیری مانند گچساران که سرشار از ترکیبات سولفیدی (انیدریت و ژپس) هستند احتمالاً منشاء این عنصر در زمین شناسی منطقه می‌باشد.

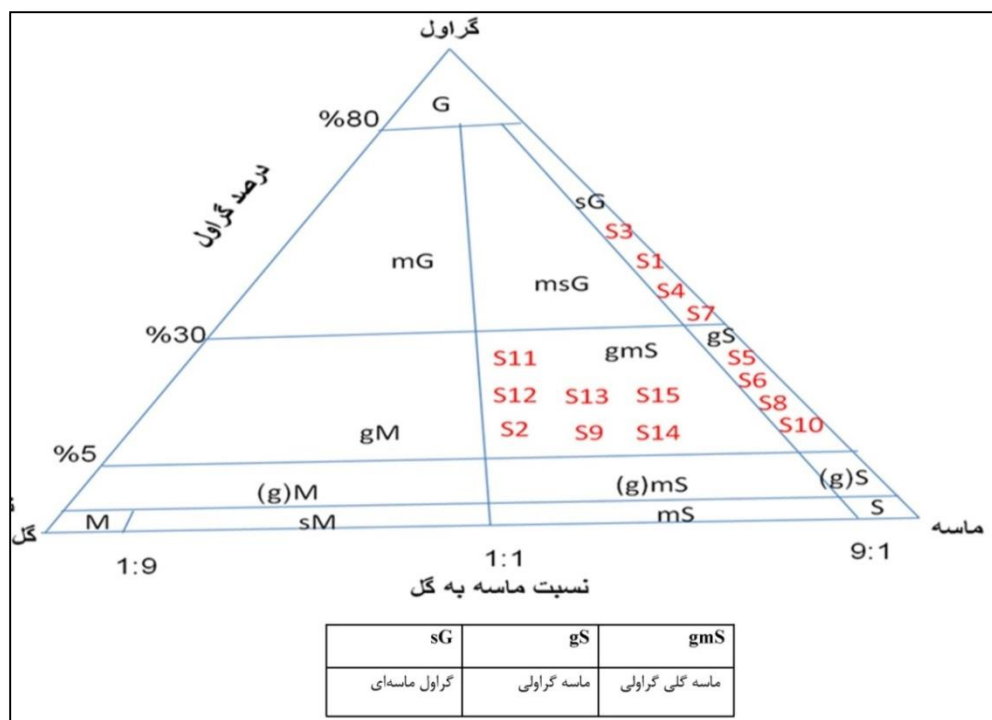
۵-۳- بررسی خصوصیات رسوب شناسی

خصوصیات رسوب شناسی مورد بررسی در این مطالعه شامل، تعیین بافت و دانه بندی رسوبات، pH، EC، مواد آلی و کربنات کلسیم می‌باشد.

۵-۳-۱- بررسی تغییرات بافت و دانه بندی رسوبات

رسوبات براساس درصد گراول، ماسه و گل با استفاده از مثلث فولک نامگذاری و طبقه بندی گردید(شکل ۵-۵)

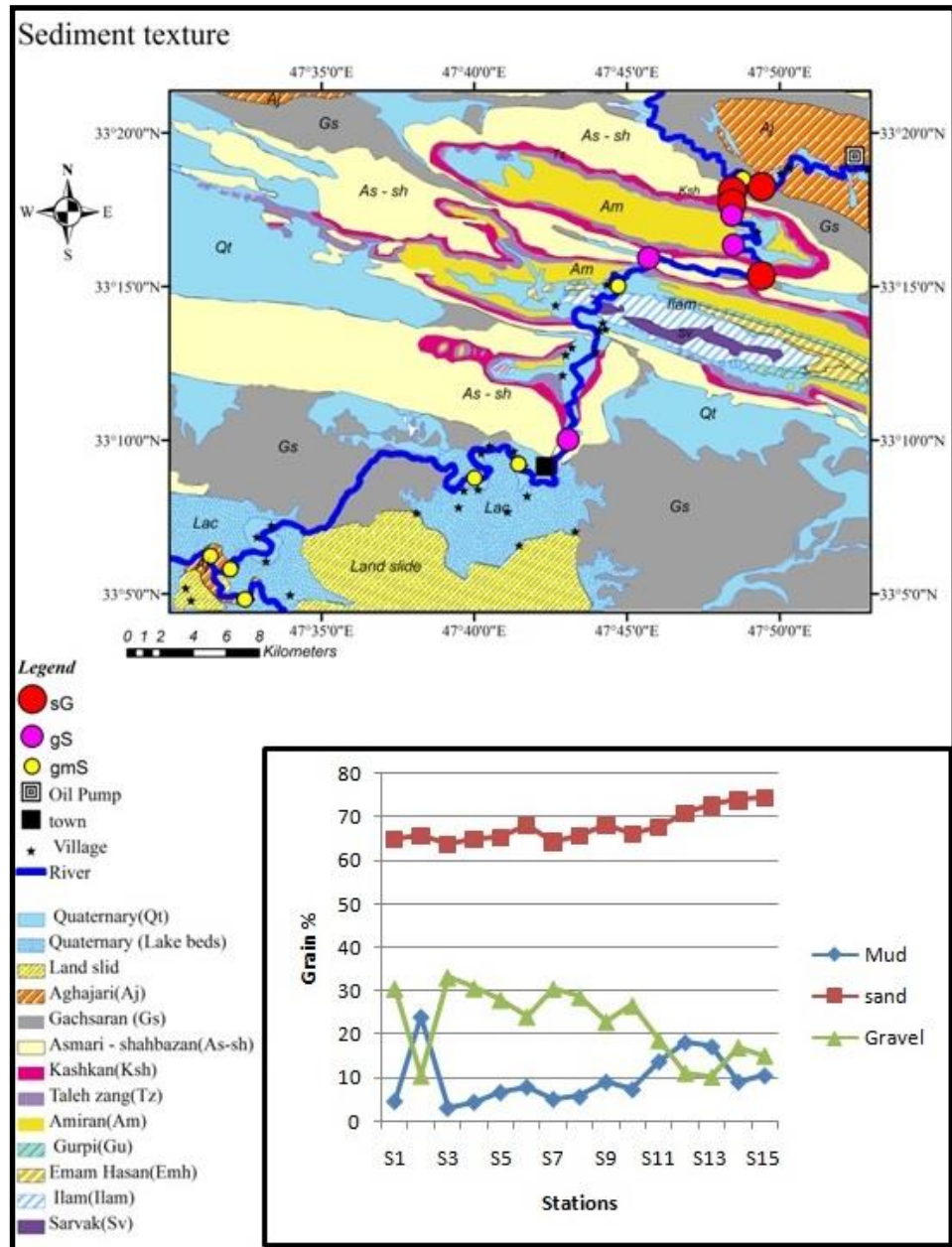
(۱)



شکل (۵-۱): نامگذاری بافت رسوب با استفاده مثلث فولک (۱۹۵۴)

رسوبات رودخانه در منطقه مورد مطالعه بصورت سه بافت گراول ماسه‌ای، ماسه گلی و ماسه گلی گراولی می‌باشند. در ایستگاههایی که شدت جریان رودخانه بیشتر بوده (ایستگاه اول، سوم، هفتم و دهم) نوع رسوبات از نوع گراول ماسه ای و در مناطق میانه که بر پهنای رودخانه افزوده شده و از سرعت جریان نسبت به ایستگاههای قبلی کاسته می‌شود، بر درصد ماسه افزوده شده و رسوبات از نوع ماسه گراولی می‌باشد. در ایستگاههای انتهایی (نهم، یازدهم تا پانزدهم) که نوع لیتولوژی تغییر کرده و لیتولوژی منطقه بیشتر از رسوبات دانه ریزتر تشکیل شده (سازند گچساران و رسوبات ریزدانه دریاچه

سدی) یا شدت جریان کاهش یافته است (ایستگاه دوم)، نوع رسوبات ماسه‌ای گلی‌گراولی می‌باشند. روند تغییرات بافت رسوب در مسیر رودخانه در شکل ۵-۲ آورده شده است.



شکل (۵-۲): تغییرات بافت و دانه‌بندی در نمونه‌های رسوب

تغییرات روند هریک انواع گراول، ماسه و گل در شکل ۵-۲ معلوم می‌سازد که بطور کلی روند تغییرات گراول در رودخانه کشکان از بالادست منطقه (ایستگاه اول) به پایین دست منطقه (ایستگاه پانزدهم)

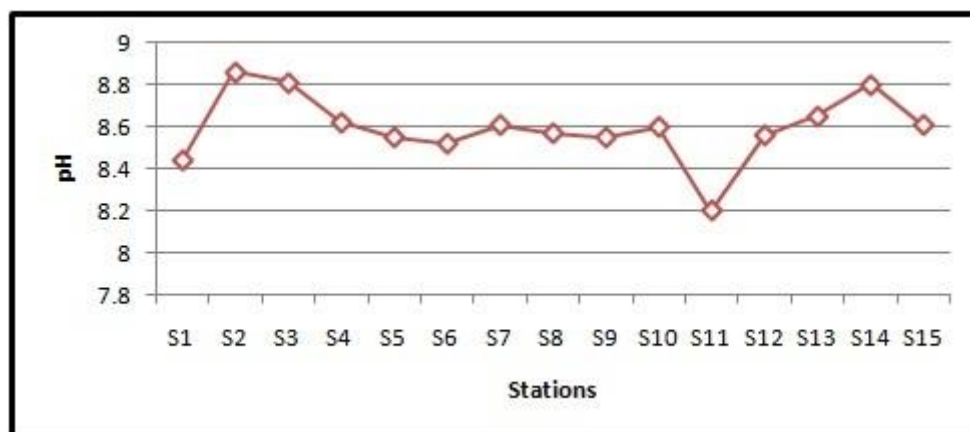
روندی کاهشی داشته اما در بعضی از ایستگاهها این روند تغییر می‌کند و درصد گراول نسبت به ایستگاههای ما قبل افزایش می‌یابد. بیشترین درصد گراول در ایستگاه سوم (تنگه آسماری ۳۳٪) و کمترین میزان آن در ایستگاه دوم (رودخانه مادیانرود ۱۰٪) می‌باشد. در ایستگاه سوم رودخانه از تنگه آسماری گذشته و بستر رودخانه صخره‌ای و شدت جریان بالا ($32/76 \text{ m}^3$) می‌باشد لذا درصد گراول در آن افزایش می‌یابد. در ایستگاه دوم رودخانه مادیانرود بر بستر سازند گچساران جاری است و دبی رودخانه بسیار پایین بوده ($1/37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}$) بنابراین کمترین میزان گراول را دارا می‌باشد. در ایستگاههای هفتم و دهم نیز بدلیل عبور رودخانه از تنگه، عرض رودخانه کمتر شده و شدت جریان نسبت به ایستگاههای مجاور بیشتر شده به همین دلیل درصد گراول بالاتر می‌رود.

بطور کلی درصد ماسه در رودخانه کشکان (از بالا دست به پایین دست) روند افزایشی خود نشان می‌دهد. معمولاً در ایستگاههایی که رودخانه از تنگه‌ها عبور می‌کند (ایستگاههای سوم، هفتم، و دهم) با تغییراتی جزئی، درصد ماسه کاهش و درصد گراول افزایش می‌یابد. در انتهای منطقه مورد بررسی روند افزایشی در درصد ذرات ماسه بصورت منظم و تدریجی بوده و ذرات ماسه دانه ریز نسبت به ماسه دانه درشت دارای درصد بیشتری نسبت به بالا دست حوضه می‌باشند که این امر بدلیل لیتولوژی منطقه در پایین دست حوضه که اغلب از ذرات ریز دانه تشکیل شده‌اند می‌باشد.

روند تغییرات گل از بالا دست به سمت پایین دست در بیشتر ایستگاهها در رودخانه کشکان افزایشی و بر خلاف تغییرات گراول بوده بطوریکه از بالادست رودخانه به پایین دست در آبراهه اصلی درصد گل از ۴/۶٪ به ۱۷/۱۷۴٪ در آخرین ایستگاه از رودخانه کشکان و قبل از اتصال به سیمره، (ایستگاه سیزدهم) رسیده است. حداکثر درصد گل در منطقه مطالعاتی مربوط به ایستگاه دوم یعنی رودخانه مادیانرود می‌باشد که ۲۴٪ بوده که این امر بدلیل دبی پایین ($1/37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}$) این سرشاخه می‌باشد.

۵-۳-۲- بررسی تغییرات pH رسوبات

بطور کلی pH تمامی نمونه های رسوب منطقه در محدوده قلیایی می باشد که دلیل این امر را می توان لیتولوژی محدوده مورد مطالعه (بعلت وجود سازندهای تبخیری - کربناته ویا وجود ترکیبات قلیایی و نمکدار در اغلب سازندهای منطقه) دانست. حداکثر میزان pH ۸/۸۸ و ۸/۸۶ در ایستگاه های چهاردهم و دوم بوده که از لحاظ لیتولوژی بیشتر تحت تاثیر سازند تبخیری (گچساران) و سازند کربناته آسماری می- باشند(شکل ۵-۳). کمترین آنها ۸/۲ در ایستگاه یازده (انتهای شهرستان پلدختر) می باشد که متاثر از فاضلاب این شهر می باشد. همانطور که مشاهده می شود بین کمترین و بیشترین pH های موجود تنها ۱/۶ اختلاف وجود دارد که نشان از حاکمیت شرایط قلیایی بر رسوبات رودخانه می باشد.

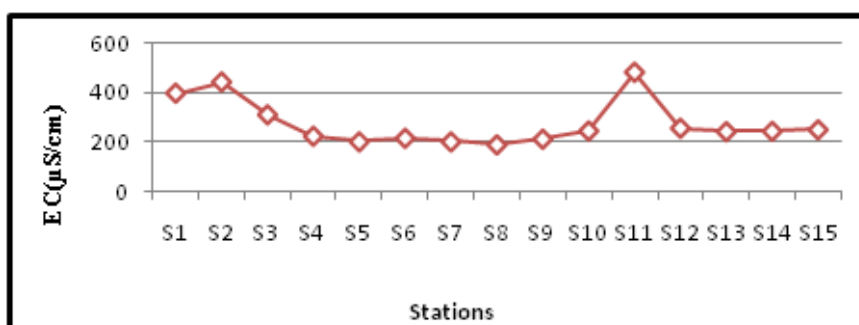


شکل (۵-۳): تغییرات pH در نمونه های رسوب

۵-۳-۳- EC

EC نوسانات زیادی را در منطقه مورد مطالعه نشان میدهد(شکل ۵-۴). مقادیر حداکثر آن در ایستگاههای تحت تاثیر سازندهای تبخیری و کربناته آسماری(ایستگاه دوم) و کمترین EC در ایستگاههای تحت تاثیر سازندهای آواری (ایستگاههای چهارم، پنجم، ششم، نهم) می باشد. اما یک استثنا در این میان وجود دارد که مربوط به ایستگاه یازدهم (بعد از شهرستان پلدختر) که علاوه بر زمین شناسی منطقه EC رسوب موثر از فاضلاب ورودی این شهر به رودخانه می باشد و دارای

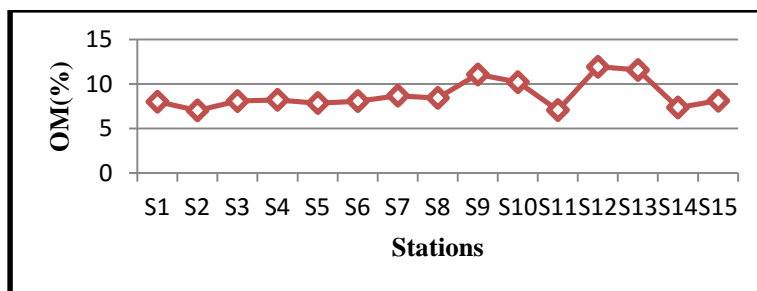
حداکثر EC موجود در بین ایستگاهها است که پایین بودن pH در این ایستگاه این امر را قابل پیش بینی می‌سازد (شکل ۳-۵). بطور کلی EC نمونه های رسوب در سطح بالایی نیست که این امر را میتوان بدلیل تماس مداوم فاز جامد و مایع در رودخانه و حل شدن املاح محلول در رسوب و ورود آنها به فاز مایع و قلیایی بودن رسوبات دانست.



شکل (۳-۵): تغییرات EC در نمونه های رسوب

۳-۴-۵- ماده آلی

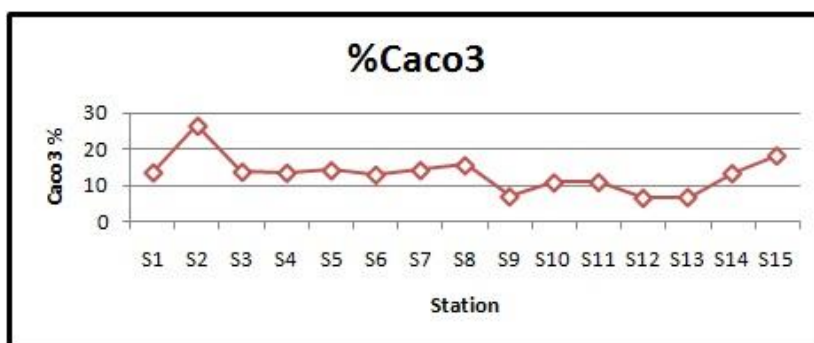
از بالادست منطقه مطالعاتی به سمت پایین دست درصد مواد آلی بمقدار جزئی افزایش می‌یابد (شکل ۳-۵). بالاترین درصد آن در ایستگاه دوازدهم و سیزدهم به ترتیب ۱۱/۹ و ۱۱/۶ درصد است که در این ایستگاهها در حاشیه رودخانه فعالیت های کشاورزی صورت می‌گیرد. کمترین درصد مواد آلی در ایستگاه دوم و ایستگاه یازدهم بمیزان ۷/۴ و ۷/۷ درصد می باشد بطور کلی هر جا که فعالیت کشاورزی رونق بیشتری داشته میزان مواد آلی در رسوب نیز افزایش یافته است.



شکل (۵-۵) : تغییرات مواد آلی در نمونه های رسوب

۵-۳-۵- کربنات کلسیم

حداکثر درصد کربنات کلسیم در ایستگاههای دوم، چهاردهم و پانزدهم می باشد (شکل ۵-۶). این ایستگاهها از لحاظ لیتولوژی بیشتر تحت تاثیر سازند گچساران می باشند. کمترین مقادیر کربنات کلسیم در ایستگاههایی است که متاثر از سازندهای تخریبی (کشکان و امیران) می باشد (سوم تا ششم). بالا بودن درصد کربنات کلسیم ایستگاه های هفتم و هشتم بدلیل عبور رودخانه کشکان از ناودیس فشرده آسماری - شهبازان بوده، که جنس بستر رودخانه علاوه بر رسوبات کف رودخانه از آهک و دولومیت ناشی از این دو سازند می باشد. کاهش مقدار کربنات کلسیم در ایستگاه نهم نسبت به ایستگاه قبلی احتمالا ناشی از رخنمون سازندهای آواری در بستر و کنار رودخانه کشکان در بالادست می باشد.



شکل (۵-۶) : تغییرات کربنات کلسیم نمونه های رسوب

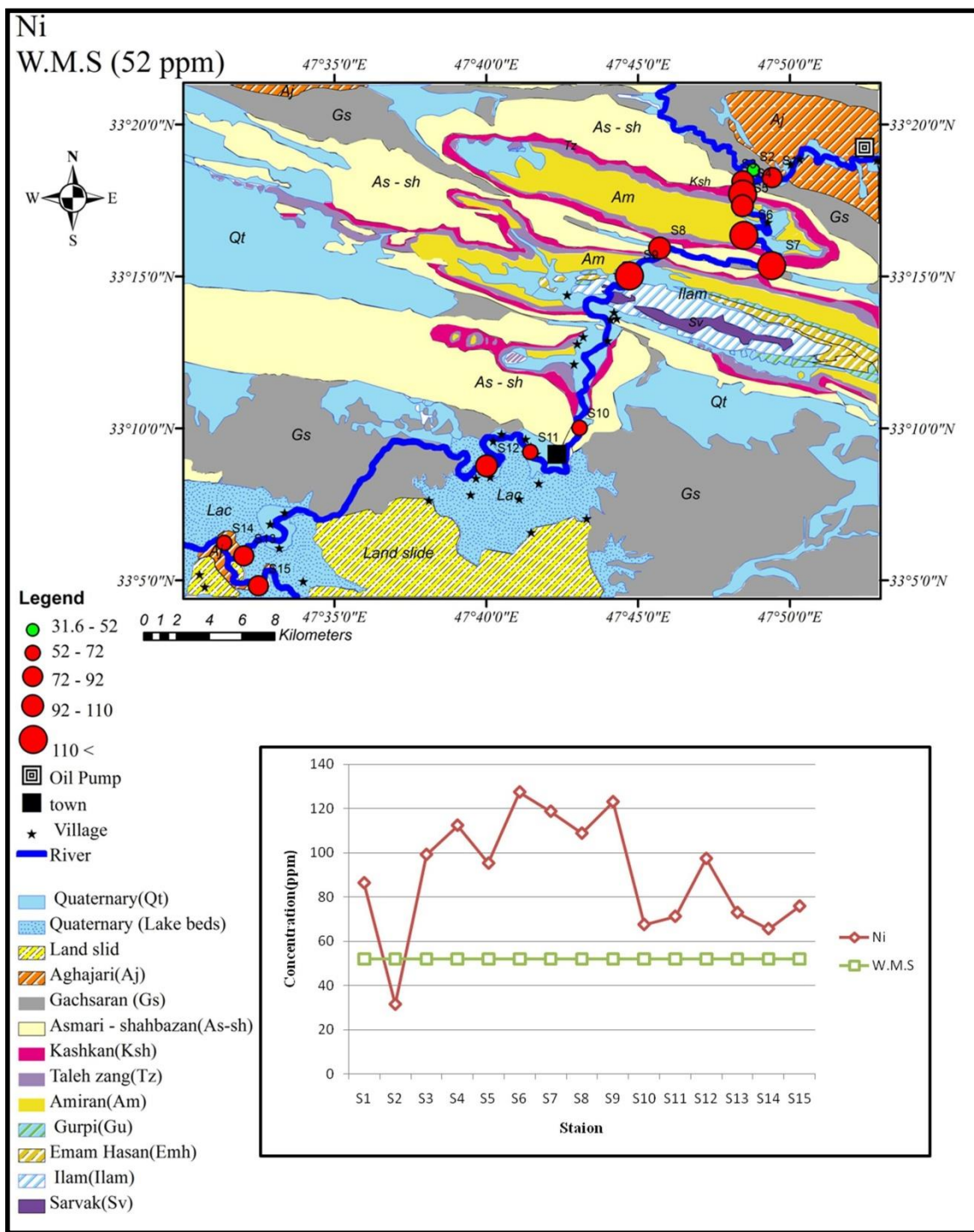
۵-۴- بررسی روند تغییرات و پراکنش غلظت عناصر در رسوبات مورد مطالعه

جهت بررسی روند تغییرات غلظت عناصر و فلزات سنگین در ایستگاههای مختلف مقادیر غلظت عناصر بر روی نقشه زمین شناسی منطقه و روند تغییرات آن در طول مسیر رودخانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که در ذیل به آن پرداخته شده است.

۵-۴-۱- نیکل (Ni)

جهت بررسی تغییرات عنصر نیکل در رسوبات رودخانه کشکان در ایستگاههای مختلف، غلظت این عنصر با میانگین جهانی رسوبات (Bowen 1979) مقایسه و مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۵ - ۷). غلظت عنصر نیکل در تمامی ایستگاههای نمونه برداری رسوبی به استثناء ایستگاه دوم، بالاتر از غلظت میانگین رسوبات جهانی (۵۲ ppm) می باشد. حداکثر غلظت عنصر نیکل (۱۲۷/۴) در ایستگاه ششم بوده که بعد از رخنمون سازند آواری امیران قرار گرفته، همچنین این ایستگاه تحت تاثیر ترکیب لوله نفت در بالادست سازند امیران که در سالهای قبل اتفاق افتاده قرار گرفته، است (پیام آب ۱۳۸۸) لذا با توجه به منشا افیولیتی سازند آواری امیران و وجود نیکل (نتیجه هوازگی سنگهایی نظیر پریدوتیتها و سرپانتینیت) در افیولیتها (شهاب پور ۱۳۸۴) قابل توجیه می باشد. حداقل غلظت عنصر نیکل (۳۱/۶ ppm) در ایستگاه دوم، دهم تا چهاردهم می باشد که اکثر این ایستگاهها تحت تاثیر سازند های تبخیری گچساران و سازندهای آهکی می باشند. از ایستگاه هفتم تا هشتم در ناودیس فشرده آسماری - شهبازان کاهش غلظت نیکل دیده (۱۰ ppm) (میشود و در ایستگاه نهم که متاثر از سازندهای آواری کشکان و در سطح وسیعتر سازند آواری امیران می باشد غلظت نیکل (۱۵ ppm) افزایش یافته است. نیکل با کروم (۰/۹۸)، آهن (۰/۹۶)، کبالت (۰/۹۵) و آلومینیوم (۰/۸۵) همبستگی مثبت بالایی دارد که همبستگی بالای این عنصر با آلومینیوم و آهن نشان از منشاء زمین زاد آن می باشد.

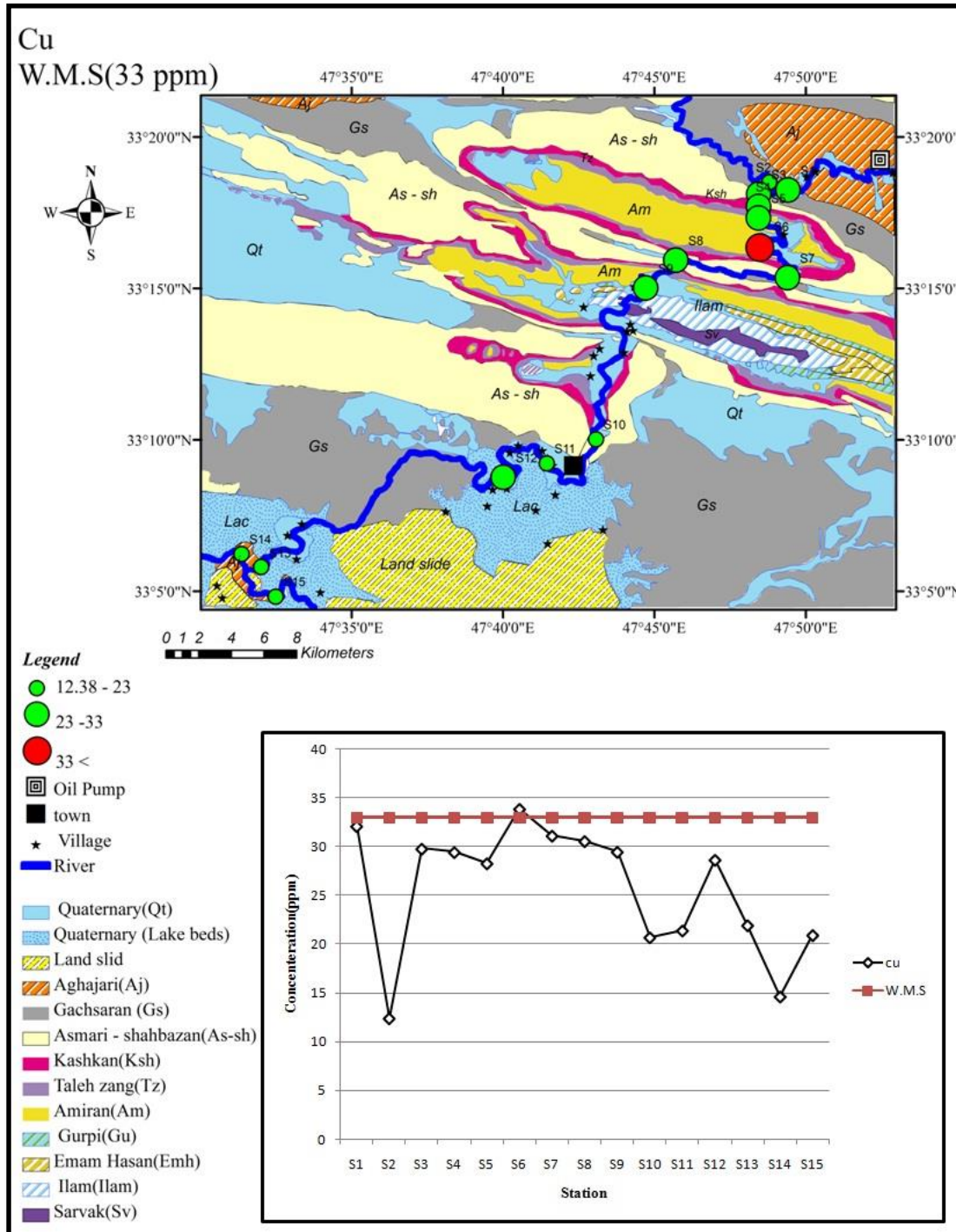
بطور کلی باتوجه به روند تغییرات غلظت نیکل می‌توان گفت که احتمالاً نیکل در رسوبات منطقه بیشتر از تجزیه پدیدوتیتها و سنگهای الترامافیک موجود در سازند آواری امیران و کشکان که از فرسایش و تجزیه افیولیت‌های شمال شرق زاگرس (مطیعی ۱۳۷۲) بوجودآمده‌اند، حاصل شده و پراکنش آن بیشتر تحت تاثیر واحدهای زمین شناسی منطقه است.



شکل (۵-۷): تغییرات غلظت نیکل در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه

۵-۴-۲- مس (Cu)

تغییرات غلظت عنصر مس در رسوبات رودخانه کشکان در ایستگاههای مختلف با میانگین جهانی رسوبات (Bowen 1979) سنجیده و در شکل (۵-۸) نشان داده شده است.

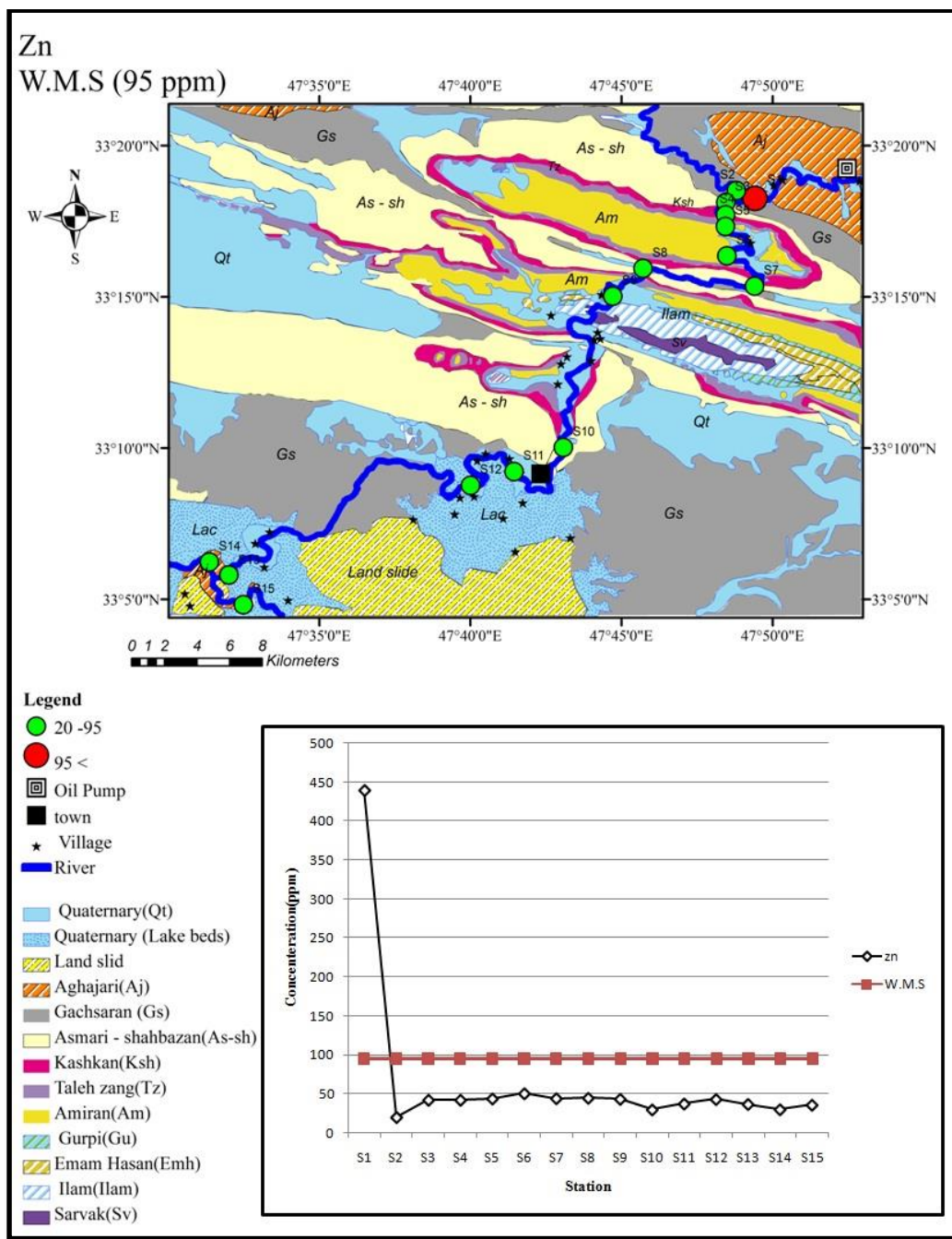


شکل (۵ - ۸) : تغییرات غلظت مس در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه

عنصر مس در تمامی ایستگاههای نمونه برداری به استثناء ایستگاه ششم غلظتی پایینتر از غلظت میانگین رسوبات جهانی (۳۳ppm) دارد. پایینترین غلظت های مس در ایستگاه دوم (۱۲/۳۸ppm) یعنی رسوبات سرشاخه مادیانرود و حداکثر غلظت آن در ایستگاه ششم (۳۳/۹ ppm) می باشد. بطور کلی بیشترین غلظت مس در ایستگاه های اول و سوم تا نهم بوده اما در ایستگاههای دهم تا پانزدهم که بیشتر تحت تاثیر سازندهای گچساران و سازندهای کربناته می باشند از غلظت آن کاسته شده است. مس با کبالت (۰/۹۴)، آهن (۰/۹۸)، کروم (۰/۹۴)، نیکل (۰/۹۰) و آلومینیوم (۰/۸۳) همبستگی مثبت از خود نشان میدهد (۵ - ۳). بطور کلی روند تغییرات و تجزیه و تحلیلهای صورت گرفته نشان از منشاء احتمالی زمین زاد برای این عنصر دارد.

۵-۴-۳- روی (Zn)

مقایسه غلظت روی در رسوبات منطقه با میانگین جهانی رسوبات (Bowen 1979) معلوم می سازد که غلظت عنصر روی در تمامی ایستگاههای نمونه برداری به استثناء ایستگاه اول از غلظت میانگین رسوبات جهانی (۹۵ppm) پایینتر است (شکل ۵-۹). غلظت عنصر روی در ایستگاه اول (۴۳۹/۹ppm) می باشد که ۴/۶ برابر غلظت رسوبات جهانی بوده و نسبت به کمترین غلظت در ایستگاه دوم (۲۰ ppm)، ۲۲ برابر می باشد. با توجه به نوسان و تغییرات کم این عنصر در ایستگاههای مختلف بغیر از ایستگاه اول میتوان گفت که منشا این عنصر در رسوبات ایستگاه اول بصورت نقطه ای بوده که در بالا دست همان ایستگاه اول می باشد. در بالای دست ایستگاه اول همانطور که قبلا گفته شد باغات وسیع انجیر روستای زورانتل قرار دارند. که میتوان گفت منشا انسانزاد روی از این منابع احتمالی می باشد. همبستگی مثبت روی با سرب (۰/۹۸) و آرسنیک (۰/۸۶) تاییدی بر این مطلب می باشد (۵ - ۹). البته با توجه یکنواخت بودن غلظت این عنصر در رسوبات مسیر رودخانه و کم بودن غلظت آنها بطور کلی و انحلال پذیر بودن روی میتوان هر دو منشاء بشرزاد و زمین زاد را در حضور روی در رسوبات موثر دانست.



شکل (۵-۹) : تغییرات غلظت روی در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه

۵-۴- آرسنیک (As)

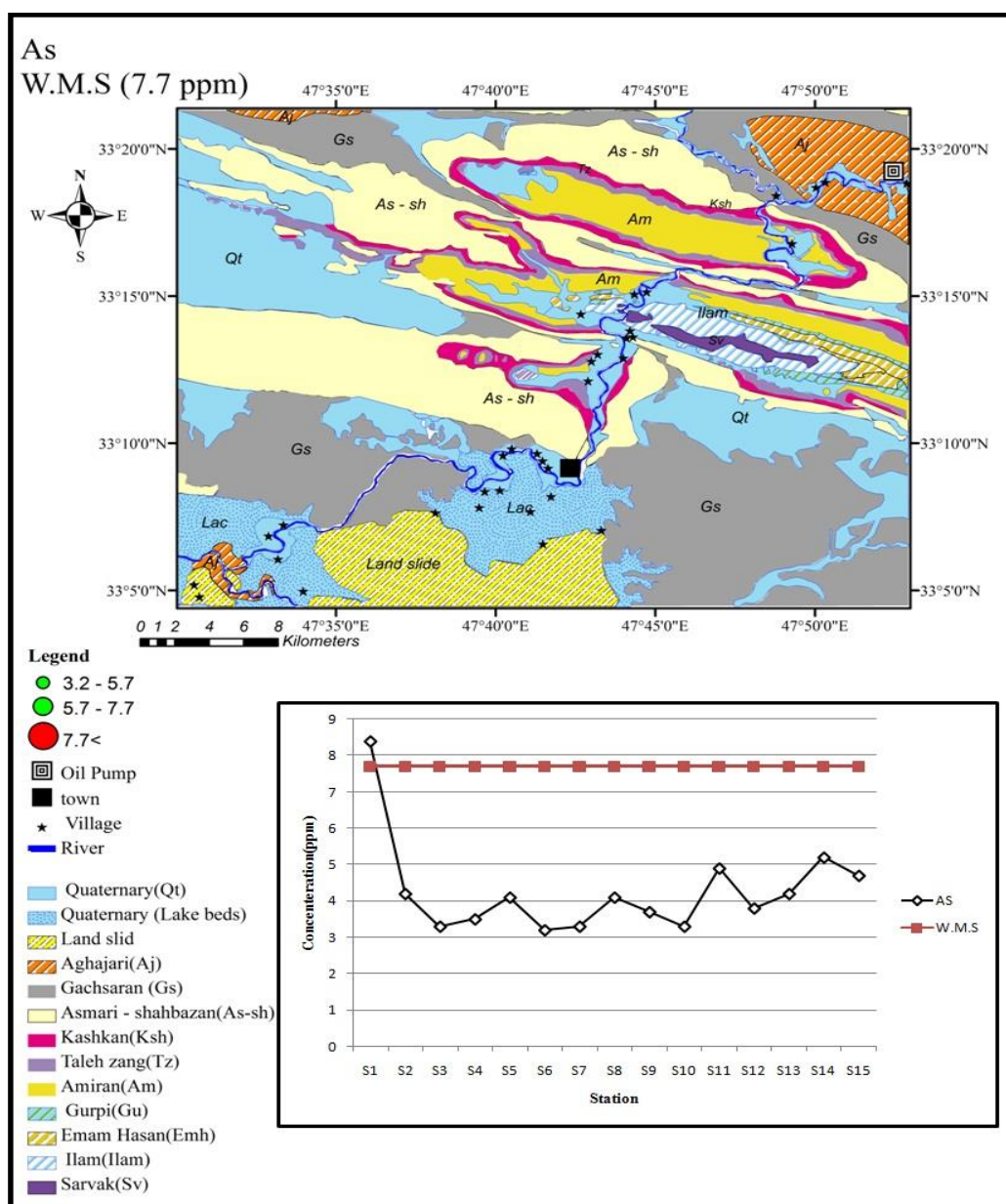
غلظت عنصر آرسنیک در تمامی ایستگاههای نمونه برداری به استثناء ایستگاه اول از غلظت جهانی میانگین رسوبات (۷/۷ ppm) پایینتر است (شکل ۵-۱۰). غلظت آرسنیک در ایستگاههای مختلف

تفاوت چندانی نشان نمی دهد ولی با یک شیب بسیار ملایم از بالا دست به سمت پایین دست افزایش میابد. آرسنیک با عنصر سرب (۰/۸۹) همبستگی مثبت از خود نشان میدهد (۵ - ۳). آرسنیک در اکوسیستم آبی معمولا از منابع کشاورزی (علف کش، قارچ کش) و یا از طریق سوخت های فسیلی ناشی می شود. از مهمترین ترکیبات آرسنیک آرسنات کلسیم و سرب می باشد که بعنوان علف کش، قارچ کش، می باشد که آرسنات سرب برای کنترل حشرات درختان میوه مورد استفاده قرار می گیرد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). با توجه به تفاسیر بالا و با توجه به همبستگی مثبت آرسنیک با سرب، بنابراین احتمالا منشا دو عنصر سرب و آرسنیک در ایستگاه یک در عوامل انسانزاد (کشاورزی و باغات انجیر و تلمبه خانه نفت افرینه) بالا دست ایستگاه اول می باشد. لازم بذکر است که افزایش آرسنیک از بالای دست منطقه به پایین دست احتمالا در اثر کشاورزی منطقه می باشد. لذا بطور کلی عوامل بشرزاد در کنترل و پراکنش غلظت آرسنیک در رسوبات منطقه نقش اصلی را ایفا می کنند.

۵-۴-۵ - کروم (Cr)

جهت بررسی تغییرات عنصر کروم در رسوبات رودخانه کشکان در ایستگاههای مختلف غلظت این عنصر با میانگین جهانی رسوبات (Bowen 1979) سنجیده و در شکل (۵-۱۱) آورده شده است. تغییرات غلظت عنصر کروم روندی مشابه با نیکل در طول مسیر رودخانه نشان میدهد. با این تفاوت که غلظت کروم در بسیاری ایستگاهها بالاتر از غلظت میانگین رسوبات جهانی (۷۲ ppm) نیست. بالاترین غلظت کروم در ایستگاه ششم (۹۰ ppm) و بعد از رخنمون سازند آواری امیران در هسته تاقدیس سرکان و کمترین آن در ایستگاه دوم (۳۲ ppm) می باشد بطور کلی عنصر کروم از ایستگاه سوم تا نهم و ایستگاه دوازدهم که بیشتر تحت تاثیر رخنمون سازندهای آواری کشکان و مخصوصا سازند امیران با منشا افیولیتی قرار دارند، غلظتی بالاتر از میانگین داشته و غلظت آن در ایستگاههای دوم، دهم، یازدهم و سیزدهم تا پانزدهم که بیشتر رخنمون سازندهای تبخیری و کربناته در منطقه دیده می شود، کمتر از میانگین رسوبات جهانی می باشد. بنابراین با توجه به تغییر لیتولوژی

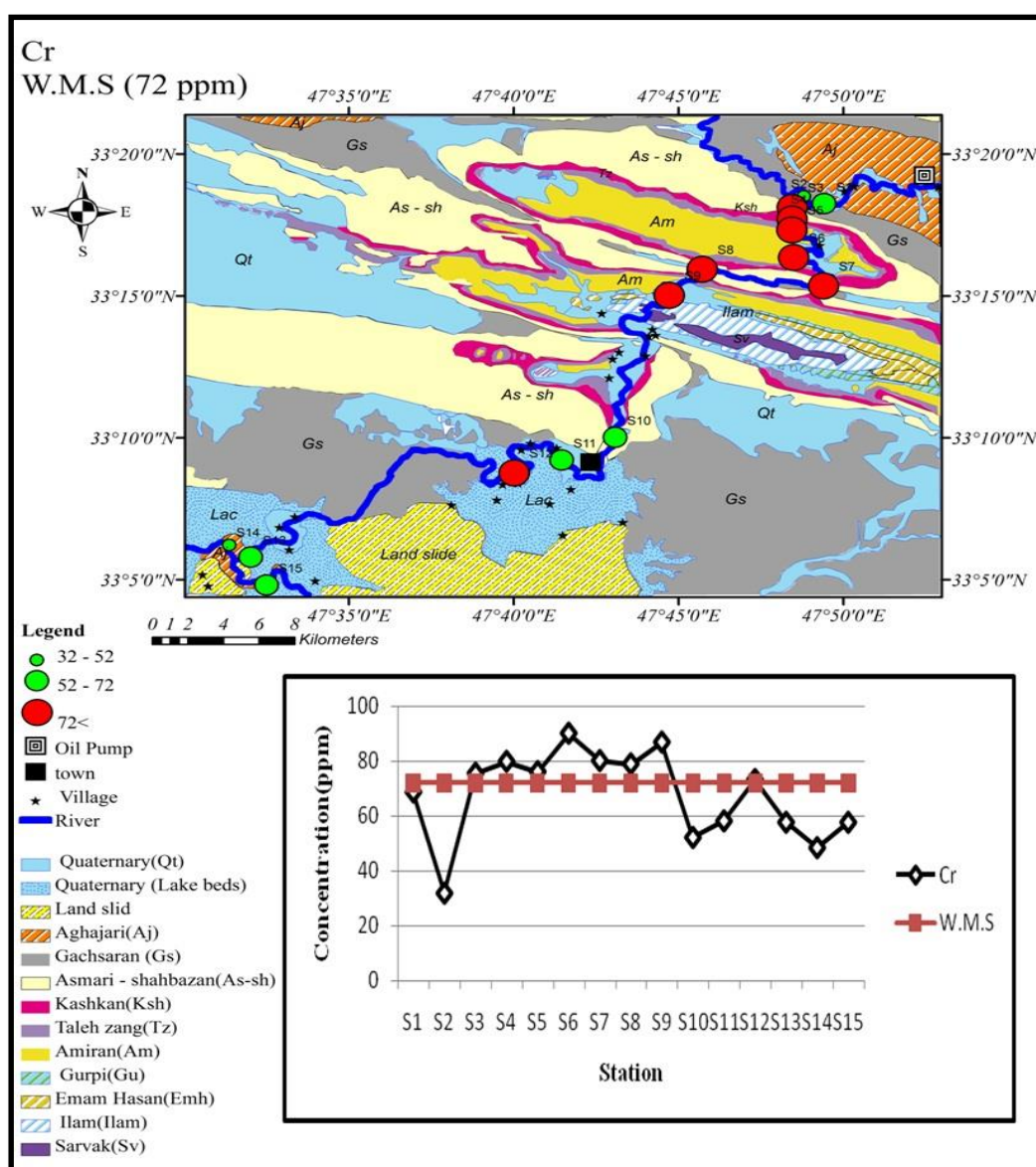
در این ایستگاهها می توان یکی از مهمترین عوامل کنترل کننده غلظت عنصر کروم را مانند نیکل در رسوبات رودخانه زمین شناسی منطقه دانست و به منشاء سازند آواری امیران نسبت داد. کروم با آهن (۰/۹۸) و کبالت (۰/۹۸) و با آلومینیوم (۰/۸۸) همبستگی مثبت دارد. این مطلب تأییدی بر منشاء زمین زاد این عنصر می باشد. بطور کلی می توان کروم در رسوبات منطقه را ناشی از تجزیه کرومیت های با منشا افیولیت ملانژ که خود منشا سازند امیران و کشکان می باشند دانست.



شکل (۵-۱۰): تغییرات غلظت آرسنیک در مقایسه با W.M.S رسوبات رودخانه

۵-۴-۶- سلنیوم (Se)

مقایسه غلظت عنصر سلنیوم در رسوبات منطقه با غلظت میانگین جهانی رسوبات (Bowen 1979) برای این عنصر نشان میدهد که غلظت این عنصر در اغلب ایستگاههای نمونه برداری (دوم تا هشتم، دهم، دوازدهم و پانزدهم) بالاتر از میانگین رسوبات جهانی و در ایستگاههای نهم، یازدهم و سیزدهم تقریباً برابر با غلظت میانگین رسوبات جهانی می باشد (شکل ۵-۱۲).

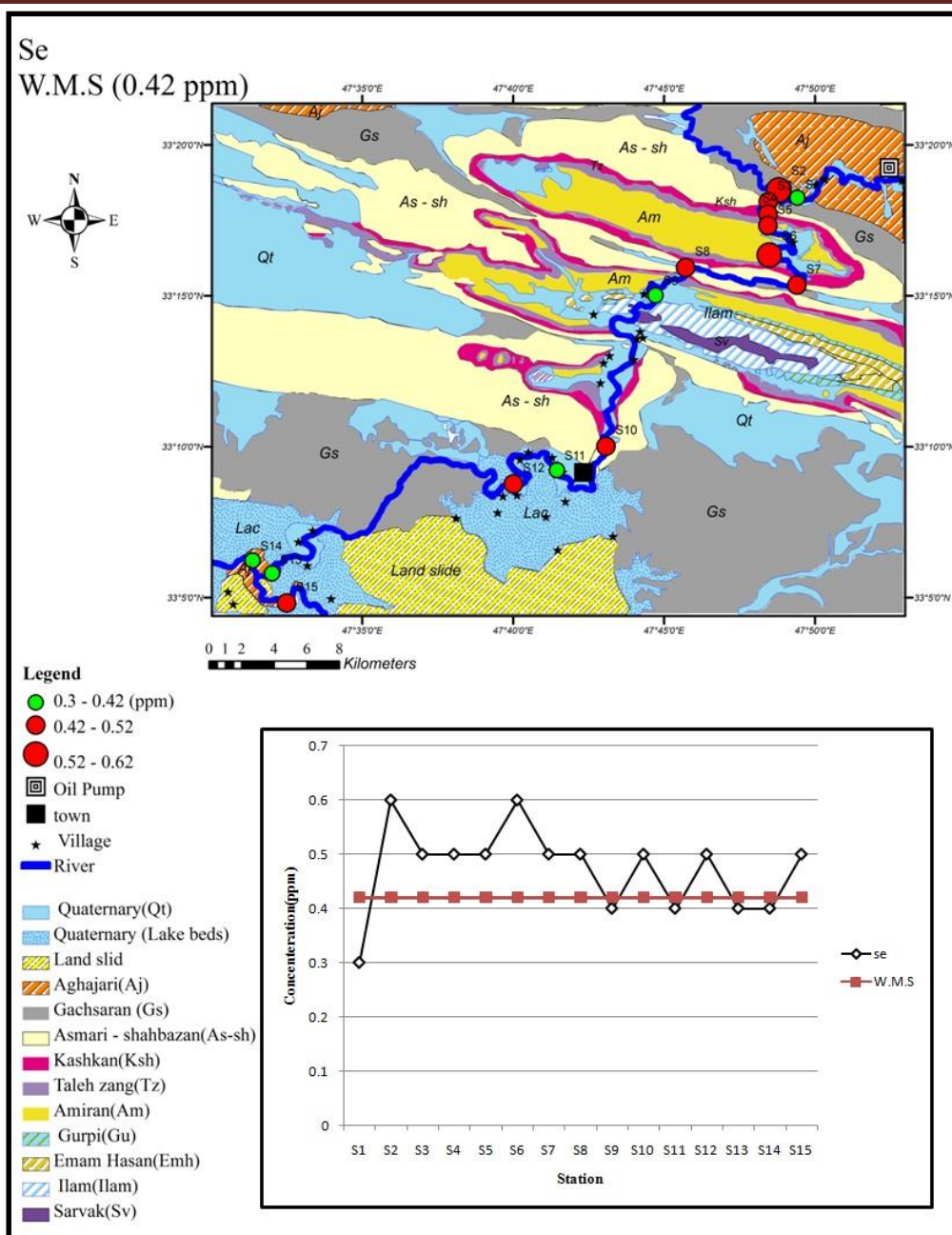


شکل (۵-۱۱): تغییرات غلظت کروم در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه

با توجه به نوسان کم غلظت سلنیوم در رسوبات منطقه، میتوان غالب بودن منشاء زمین شناسی را برای حضور سلنیوم در رسوبات منطقه مطرح نمود. از نظر رفتار ژئوشیمیایی سلنیم شباهت زیادی با گوگرد دارد و با محلولهای سولفیدهای قلیایی، سولفورها و همچنین محلولهای کلریدی رسوب سرخ سلنیوم تولید می کند (قریب ۱۳۸۲). عامل افزایش غلظت سلنیم در سازند گچساران (ایستگاههای دوم) و بعد از سازند امیران (ایستگاه ششم) به احتمالاً بدلیل میل ترکیبی این عنصر با مشتقات گوگردار (ژیپس و پیریت و...) که در سازند گچساران و امیران به وفور یافت می شود (مطیعی ۱۳۷۳ و پیریایی ۱۳۷۵) که این امر تأکیدی بر منشاء زمین شناسی سلنیوم در رسوبات منطقه می باشد.

۵-۴-۷- استرانسیوم (Sr)

غلظت استرانسیوم در رسوبات رودخانه در تمامی ایستگاهها به استثناء ایستگاه دوم که متأثر از سازندهای گچساران و آسماری می باشد پایین تر از غلظت میانگین رسوبات جهانی (۳۲۰ ppm) می باشد (شکل ۵-۱۳). البته بعد از ایستگاه دوم، ایستگاه چهاردهم بالاترین غلظت استرانسیوم را نشان میدهد که این ایستگاه از لحاظ لیتولوژی نیز مشابه ایستگاه دوم می باشد. رابطه بین استرانسیوم و کلسیم میتواند دلیل بر افزایش غلظت این عنصر در این ایستگاهها نسبت به ایستگاههای دیگر باشد بطوریکه غلظت عنصر کلسیم در ایستگاه دوم (۲۰۱۰۰۰ ppm) و در ایستگاه چهاردهم (۱۴۶۰۰۰ ppm) می باشد که در مقایسه با سایر ایستگاهها از غلظت بالاتری برخوردار می باشند. استرانسیوم با گل (۷۱,۰)، و با کربنات کلسیم (۶۰,۰) همبستگی مثبت نشان میدهد که این امر تأکیدی بر این مطلب می باشد که میل ترکیبی و جانشینی استرانسیوم با کلسیم عامل افزایش غلظت این عنصر در ایستگاههای مختلف با توجه به جنس سازندها و رسوب رودخانه می باشد. بطور کلی استرانسیوم از بالا دست پس از اختلاط دو سرشاخه افرینه و مادیانرود به سمت پایین دست رودخانه روند افزایشی را نشان میدهد. مطالب ذکر شده را میتوان دلیلی بر منشاء احتمالی زمینزاد استرانسیوم دانست.

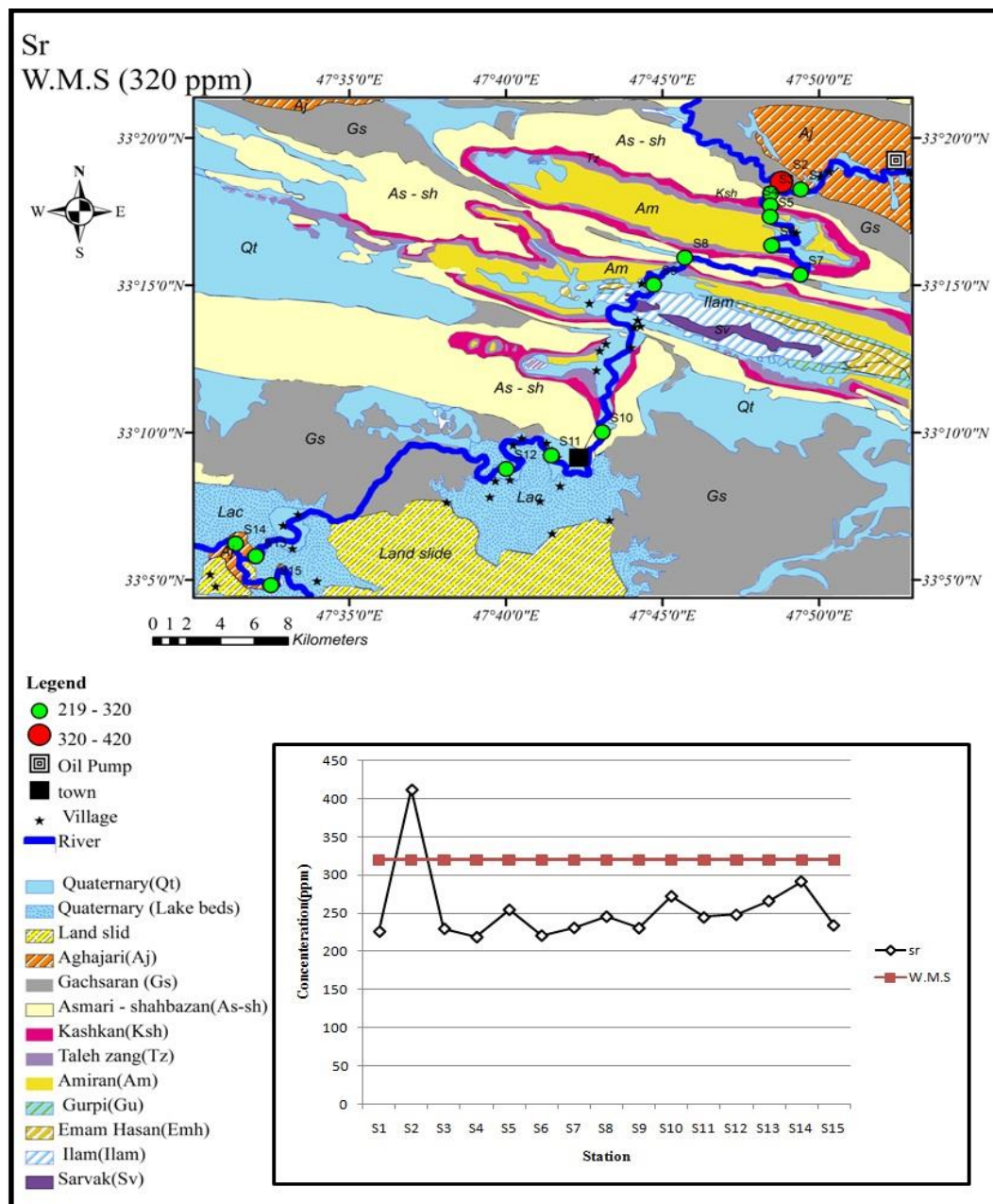


شکل (۵-۱۲): تغییرات غلظت سلنیم در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه

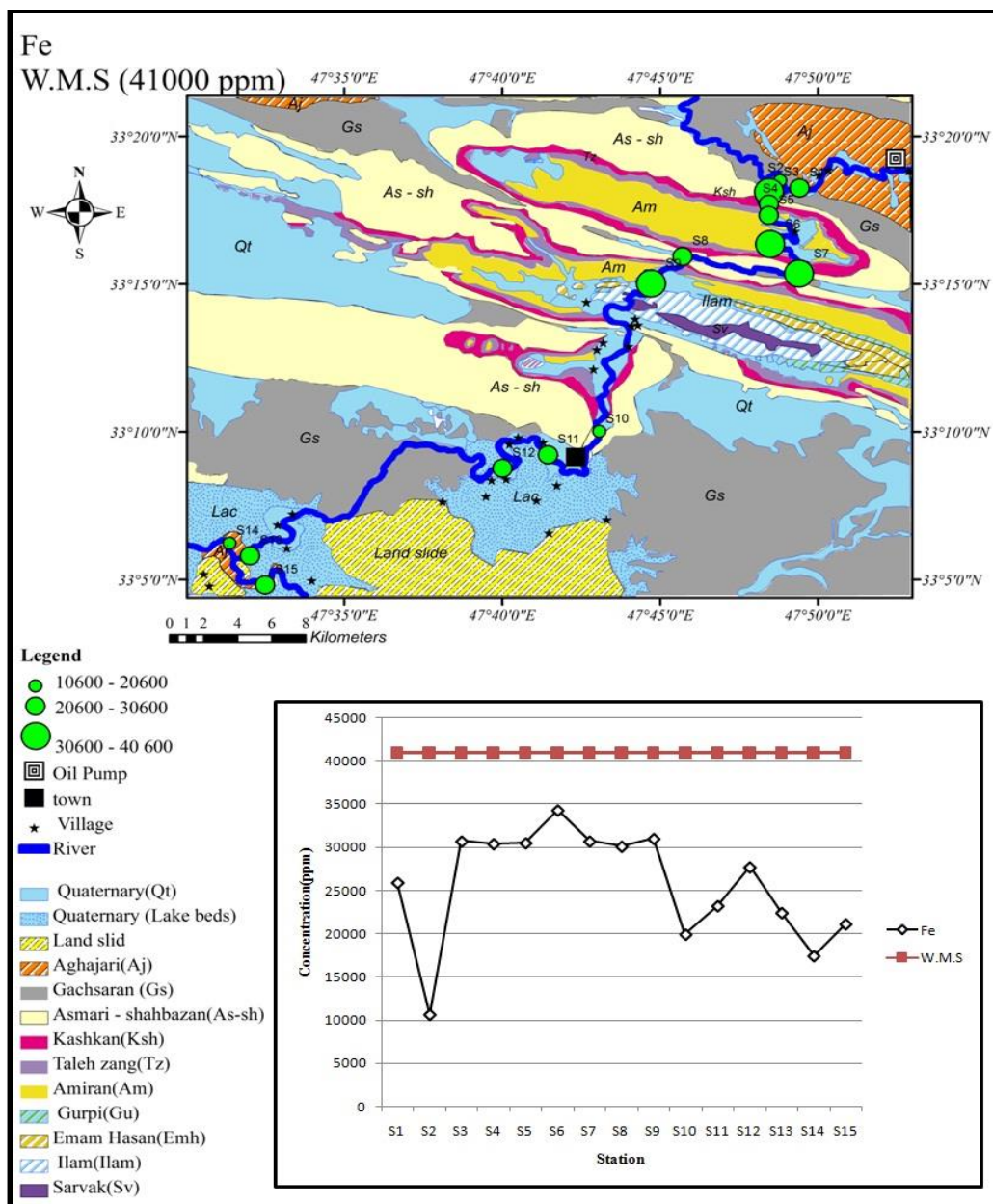
۵-۴-۸- آهن (Fe)

غلظت آهن در تمامی ایستگاههای نمونه برداری رسوبی پایین تر از میانگین رسوبات جهانی (۴۱۰۰۰ ppm) می باشد (شکل ۵-۱۴). حداکثر مقدار آن در ایستگاه ششم (۳۴۰۰۰ ppm) (بعد از رخنمون سازندهای کشکان و امیران) و حداقل مقدار آن در ایستگاه دوم (۱۰۶۰۰ ppm) در محل رخنمون سازند تبخیری گچساران می باشد.

بطور کلی بیشترین غلظت این عنصر در رودخانه کشکان و در محل‌های متأثر از رخنمون سازندهای آواری کشکان و امیران می باشد و در ایستگاه‌های پایین دست منطقه و در ایستگاه دوم و چهاردهم که رخنمونی از این سازندها دیده نمی شود، غلظت این عنصر کاهش می‌یابد. روند تغییر غلظت آهن مشابه روند تغییرات عنصر کروم و کبات می‌باشد. آهن با کبات (۰/۹۸)، کروم (۰/۹۸) و با آلومینیوم (۰/۹۱) همبستگی مثبت از خود نشان میدهد.



شکل (۵-۱۳): تغییرات غلظت استرانسیم در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه

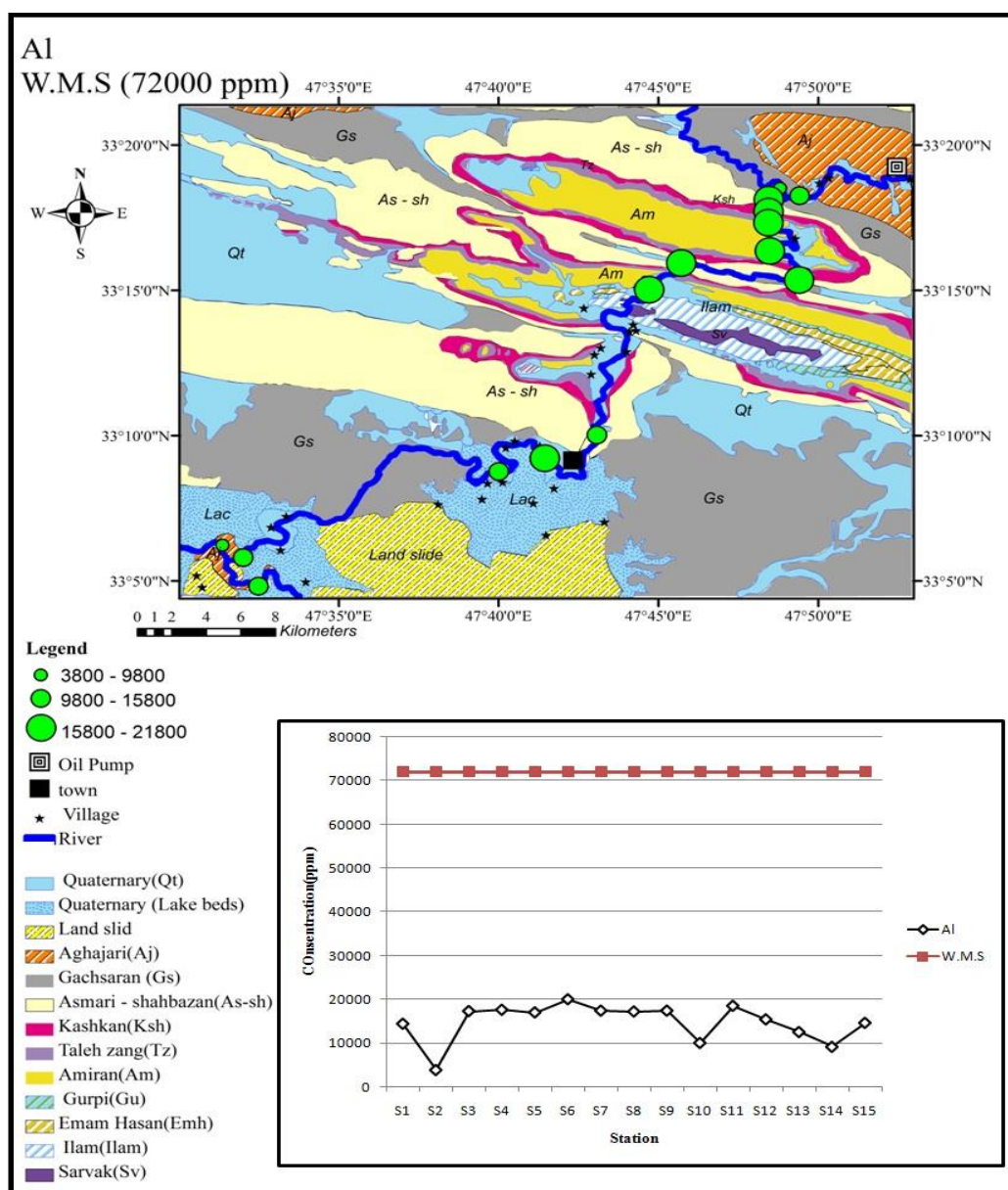


شکل (۵ - ۱۴): تغییرات غلظت آهن در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه

۵-۴-۹- آلومینیوم (Al)

حداکثر غلظت آلومینیوم در محل رخنمون سازندهای آواری (کشکان و امیران)، و حداقل مقدار آن در ایستگاه دوم (۳۸۰۰ ppm) در محل رخنمون سازند تبخیری گچساران می باشد (۵-۱۵). نتایج نشان میدهد بیشترین غلظت این عنصر در محل رخنمون سازندهای آواری کشکان و امیران می باشد و در ایستگاههای پایین دست منطقه و در ایستگاه دوم و چهاردهم که رخنمونی از این سازندها دیده نمی

شود(متاثر از سازندهای تبخیری و سدی) غلظت این عنصر کاهش می‌یابد. روند تغییر غلظت آلومینیم مشابه روند تغییرات عنصر آهن و کروم می‌باشد، در ایستگاه دهم روندی کاهشی داشته و تحت تاثیر شهر پلدختر این روند کاهشی شکسته شده و افزایش می‌یابد و دوباره سیر نزولی غلظت عنصر آلومینیوم ادامه می‌یابد. آلومینیوم با عنصر کبالت (۰/۹۲)، آهن (۰/۹۱)، کروم (۰/۸۸) و نیکل (۰/۸۵) همبستگی مثبت از خود نشان میدهد و دارای منشاء زمین‌زاد می‌باشد.



شکل (۵ - ۱۵): تغییرات غلظت آلومینیوم در مقایسه با W.M.S. در رسوبات رودخانه

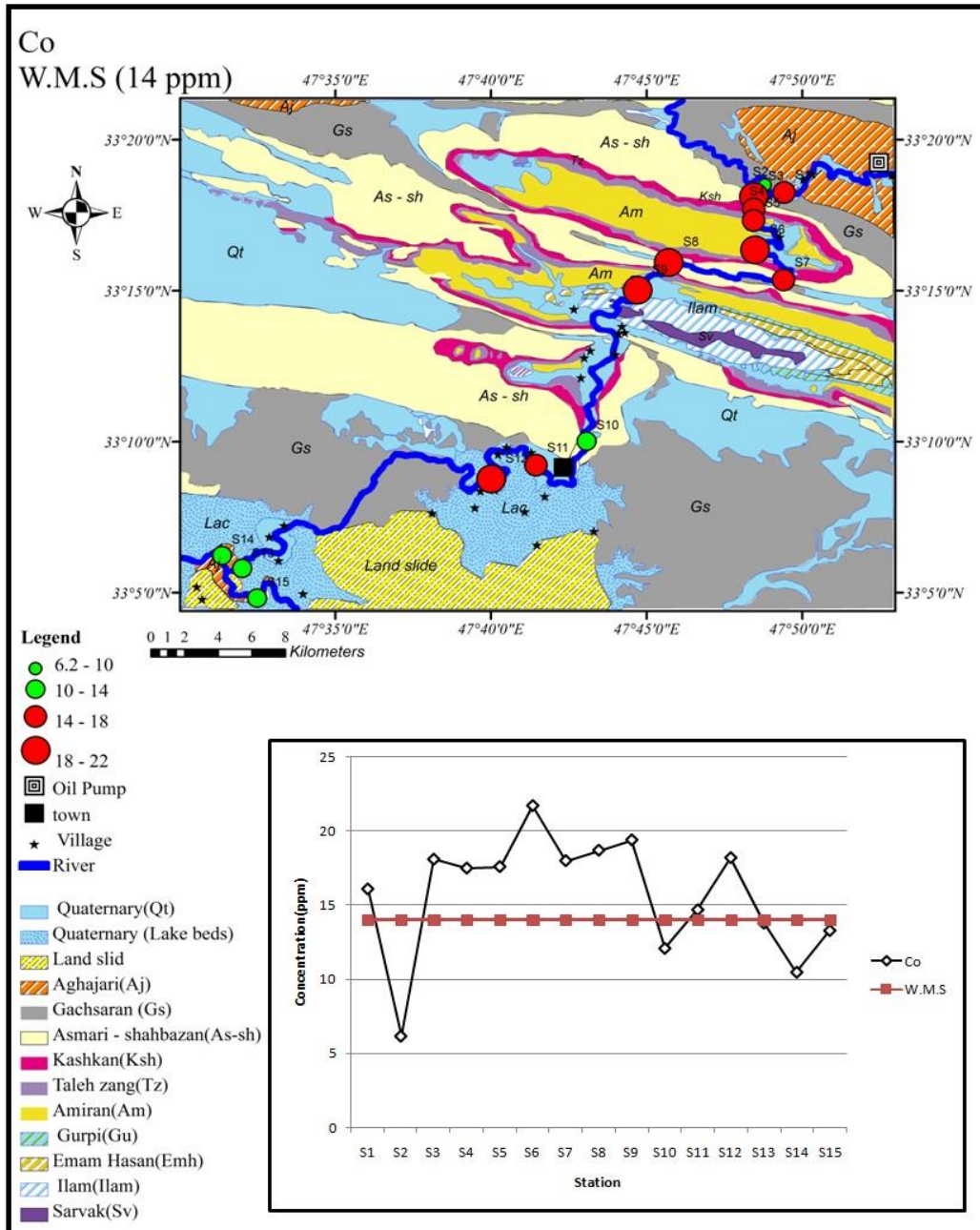
۵-۴-۱۰- کبالت (CO)

روند تغییرات عنصر کبالت در طول مسیر رودخانه کاملاً مشابه با نیکل و می باشد. بالاترین غلظت کبالت در ایستگاه ششم (۲۱/۷ ppm) و کمترین آن در ایستگاه دوم (۶/۲ ppm) می باشد (شکل ۵-۱۶). بطور کلی عنصر کبالت از ایستگاه سوم تا نهم که بیشتر تحت تاثیر رخنمون سازندهای آواری کشکان و مخصوصاً سازند امیران با منشا افیولیتی می باشد و غلظتی بالاتر از میانگین جهانی رسوبات (14 ppm) داشته و در ایستگاههای دوم، دهم، یازدهم و سیزدهم تا پانزدهم که بیشتر رخنمون سازندهای تبخیری و کربناته قرار دارند، کمتر از میانگین رسوبات جهانی می باشد. بنابراین با توجه به تاثیر تغییرات لیتولوژی در تغییرات عنصر کبالت در رسوبات رودخانه می توان یکی از مهمترین عوامل کنترل کننده غلظت عنصر کبالت را مانند کروم و نیکل در رسوبات رودخانه زمین شناسی منطقه دانست و حضور این عنصر در رسوبات رودخانه را بیشتر به سازند کشکان و امیران نسبت داد. همچنین همانطور که در بخش مربوط به روند تغییرات آهن بیان شد، تشابه روند تغییرات کبالت و آهن را میتوان به تمرکز کبالت در درون اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (شهاب پور ۱۳۸۴) نسبت داد.

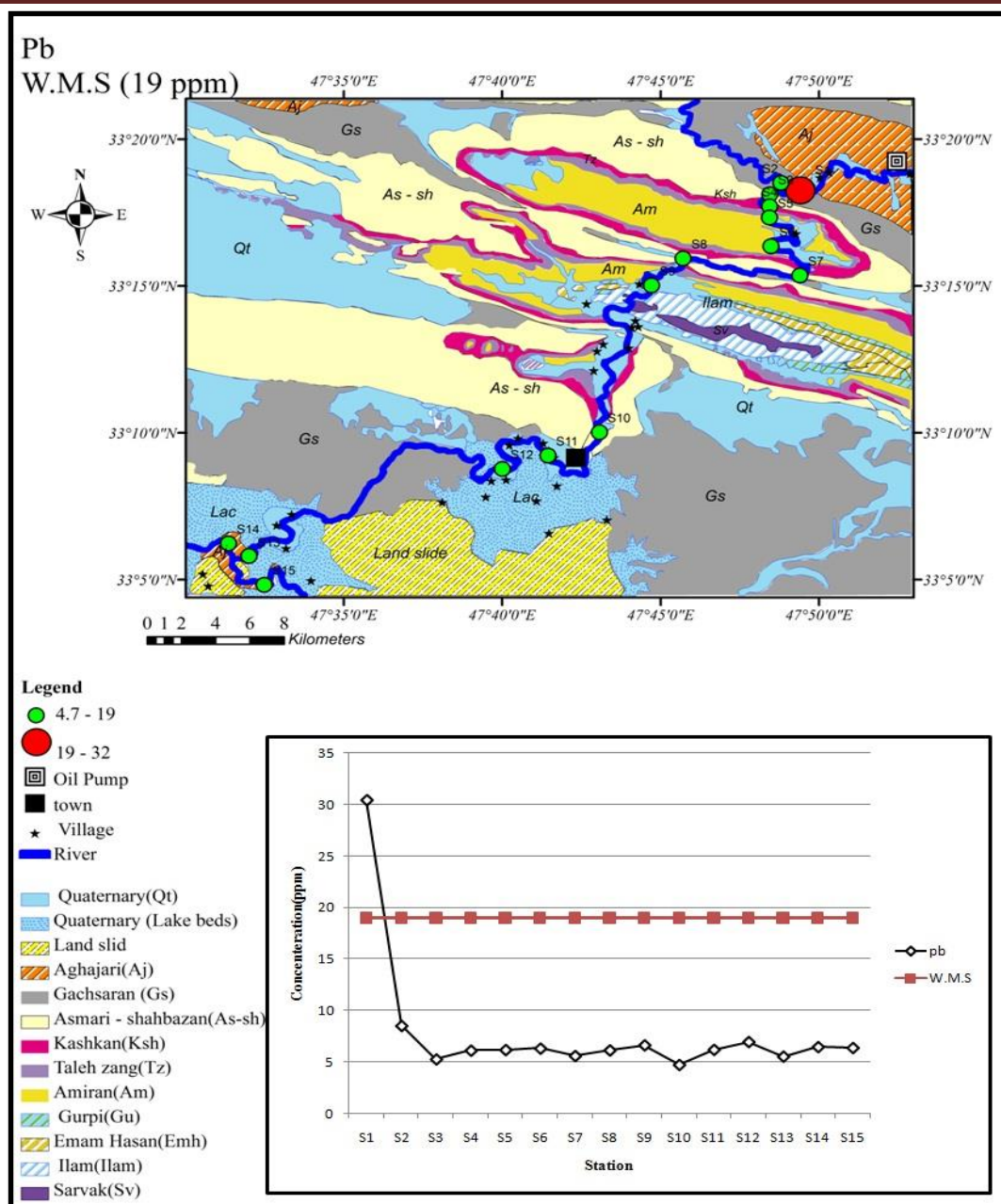
۵-۴-۱۱- سرب (Pb)

غلظت عنصر سرب در تمامی ایستگاههای نمونه برداری به استثناء ایستگاه اول از غلظت میانگین رسوبات جهانی ۱۹ ppm پایینتر می باشد. غلظت عنصر سرب در ایستگاه اول (۳۰/۴۴ ppm) می باشد که ۱/۶ برابر رسوبات جهانی بوده و نسبت به کمترین غلظت سرب در ایستگاه دوم (۸/۴۹ ppm)، ۳/۵۸ برابر می باشد (شکل ۵-۱۷). با توجه به نوسان و تغییرات کم این عنصر در ایستگاههای مختلف بغیر از ایستگاه اول میتوان گفت که منشا این عنصر در ایستگاه اول بصورت نقطه‌ای بوده که در بالا دست همان ایستگاه اول می باشد. همانطور که در بحث آرسنیک نیز بیان شد از مهمترین ترکیبات آرسنیک، آرسنات سرب می باشد که بعنوان علف کش، قارچ کش، می باشد و آرسنات سرب برای کنترل

حشرات درختان میوه مورد استفاده قرار می‌گیرد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). بنابراین وجود باغات وسیع انجیر روستای زورانتل می‌تواند منشا احتمالی انسانزاد سرب دانست.



شکل (۵-۱۶): تغییرات غلظت کبالت در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه



شکل (۵-۱۷): تغییرات غلظت سرب در مقایسه با W.M.S در رسوبات رودخانه

۵-۵- بررسی تغییرات فاکتور غنی شدگی (EF) در رسوبات رودخانه کشکان

برای ارزیابی فاکتور غنی شدگی در این تحقیق از غلظت میانگین عناصر در پوسته (Bowen 1979) استفاده گردیده است و عنصر آهن بعنوان عنصر مرجع در نظر گرفته شده و فاکتور غنی شدگی با استفاده از رابطه ۴-۱ محاسبه و در جدول ۵-۴ آورده شده است. فاکتور غنی شدگی برای عنصر مس در تمامی ایستگاههای نمونه برداری براساس جدول ۴-۲ در رده بدون غنی شدگی یا غنی شدگی اندک ($EF < 2$) قرار

دارد. بالاترین میزان غنی شدگی (۱/۱۳) این عنصر در ایستگاه اول می‌باشد و کمترین آن در ایستگاه چهاردهم (۰/۷۶) قرار دارد.

استرانسیوم در ایستگاه دوم در رده غنی‌شدگی قابل توجه (۵/۲۶) و در ایستگاه چهاردهم در رده غنی‌شدگی (۲/۲۷) متوسط و در سایر ایستگاهها در رده غنی‌شدگی اندک یا بدون غنی‌شدگی ($EF < 2$) می‌باشد. بنابراین استرانسیم در ایستگاههایی که بیشتر تحت تاثیر سازندهای تبخیری اند غنی‌شدگی بالایی دارند. بین حداکثر و حداقل فاکتور غنی‌شدگی عنصر روی اختلاف زیادی دیده می‌شود بطوریکه در ایستگاه اول فاکتور غنی‌شدگی (۱۲/۱۳) در رده غنی‌شدگی قابل توجه قرار داشته ولی در سایر ایستگاهها غنی‌شدگی در رده بدون آلودگی یا آلودگی اندک ($EF < 2$) قرار می‌گیرند.

جدول (۴-۵): تغییرات فاکتور غنی‌شدگی رسوبات رودخانه کشکان

Station	Cu	Zn	Ni	AS	Cr	Se	Sr	Co	Pb
S1	1.13	12.13	2.22	9.01	1.33	11.58	1.18	1.24	2.35
S2	1.06	1.35	1.99	11.01	1.51	56.60	5.26	1.17	1.60
S3	0.88	0.98	2.15	2.99	1.23	16.29	1.01	1.18	0.34
S4	0.88	0.99	2.46	3.20	1.31	16.45	0.97	1.15	0.40
S5	0.84	1.03	2.08	3.73	1.25	16.39	1.13	1.15	0.40
S6	0.90	1.05	2.48	2.59	1.31	17.49	0.87	1.27	0.37
S7	0.92	1.03	2.58	2.99	1.30	16.29	1.02	1.17	0.36
S8	0.92	1.06	2.41	3.78	1.31	16.61	1.10	1.24	0.41
S9	0.86	1.00	2.65	3.32	1.40	12.90	1.01	1.25	0.43
S10	0.95	1.07	2.26	4.61	1.31	25.13	1.85	1.22	0.47
S11	0.84	1.15	2.05	5.87	1.25	17.24	1.43	1.27	0.53
S12	0.94	1.11	2.34	3.81	1.32	18.05	1.21	1.31	0.50
S13	0.89	1.17	2.17	5.21	1.29	17.86	1.61	1.23	0.49
S14	0.76	1.23	2.52	8.30	1.39	22.99	2.27	1.21	0.74
S15	0.90	1.21	2.40	6.19	1.37	23.70	1.50	1.26	0.60
Mean EF	0.91	1.84	2.32	5.11	1.33	20.37	1.56	1.22	0.67

حداکثر مقدار غنی‌شدگی نیکل در ایستگاههای نهم و هفتم (۳/۰۴) بعد از سازند امیران در هسته تاقدیس سلطان و ابتدای ناودیس فشرده آسماری بوده که بعد از رخنمون تمامی سازندهای رخنمون یافته در یال شمالی و جنوبی تاقدیس سرکان بوده و شاید بتوان گفت که مجموع رسوبات ناشی از فرسایش سازندهای این تاقدیس (سازند کشکان، امیران، تله زنگ و...) در این ایستگاه خلاصه شده است. با توجه به رتبه‌بندی EF، غنی‌شدگی نیکل در تمامی ایستگاههای نمونه برداری در رده غنی‌شدگی متوسط ($EF = 2 - 5$) قرار دارد.

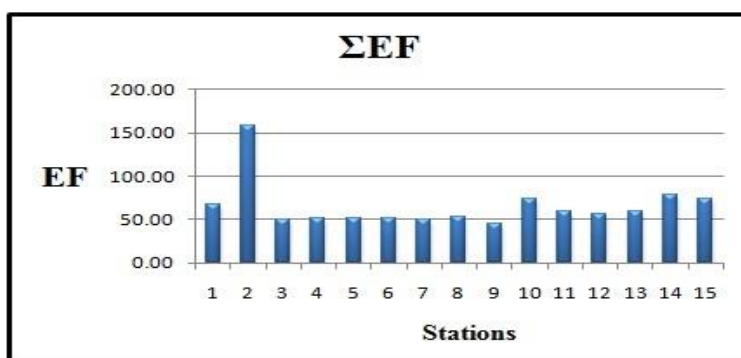
فاکتور غنی‌شدگی برای آرسنیک در ایستگاههای اول، دوم، یازدهم، سیزدهم، چهاردهم و پانزدهم در رده غنی‌شدگی قابل توجه بوده ولی در سایر ایستگاهها در رده غنی‌شدگی متوسط (ایستگاههای میانی که وسعت سازندهای تخریبی آواری بیشتر می‌باشد) قرار دارند. بطورکلی در ایستگاههای تحت تاثیر سازند گچساران و در رسوبات ریز دانه مانند رسوب ریز دانه دریاچه های سدی که حاوی ذرات آهنی و مارنی و حتی مواد آلی بالاتری می‌باشند آرسنیک غنی‌شدگی بالاتری از خود نشان می‌دهند (اول، دوم، یازدهم، سیزدهم، چهاردهم و پانزدهم) در مناطق با غنی‌شدگی بالای آرسنیک تقریباً درصد مواد آلی نیز درصدهای بالاتری نسبت به سایر مناطق دارند که این امر تاثیر کشاورزی بر غلظت آرسنیک را روشن می‌سازد.

فاکتور غنی‌شدگی برای عنصر کروم در تمامی ایستگاهها در رده بدون غنی‌شدگی یا غنی‌شدگی اندک قرار دارد و بالاترین غنی‌شدگی در ایستگاه دوم، چهاردهم و نهم دیده می‌شود.

میانگین فاکتور غنی‌شدگی سلنیم نسبت به سایر عناصر در رتبه بالاتری می‌باشد (۲۰/۳۷). در ایستگاه دوم در رده غنی‌شدگی بی‌نهایت بالا و در ایستگاههای دهم، چهاردهم و پانزدهم در رتبه غنی‌شدگی بسیار بالا و در سایر ایستگاهها در غنی‌شدگی قابل توجه (۵-۲۰) قرار دارد. بنابراین فاکتور غنی‌شدگی در ایستگاههایی که سازندهای دارای کانیهای تبخیری‌اند از درجه غنی‌شدگی بالاتری برخوردار می‌باشند، بطوریکه در ایستگاه دوم در رده بی‌نهایت بالا قرار می‌گیرد. و در ایستگاه چهاردهم و پانزدهم که تحت تاثیر گچساران و آجاجاری است از درجه غنی‌شدگی بالایی برخوردار است. بطورکلی عنصر سلنیم گوگرد دوست

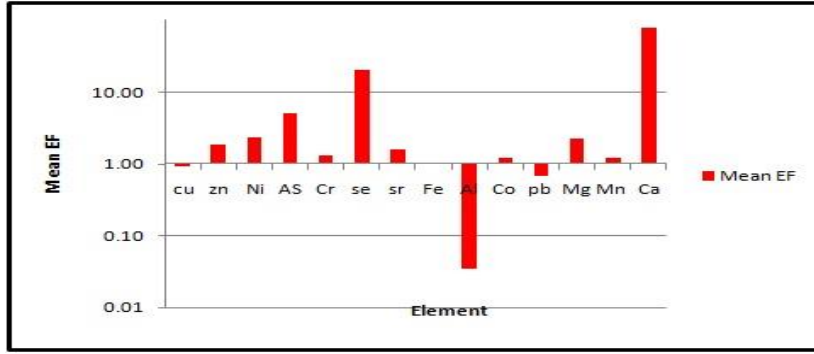
بوده و تمایل به غنی شدگی در ترکیبات گوگردی و مشتقات آن را دارد. وجود ژیپس و سایر ترکیبات گوگرد در این سازندها احتمالاً دلیل این غنی شدگی بالا می باشد.

کبالت در تمام ایستگاهها از غنی شدگی در رده بدون غنی شدگی یا غنی شدگی اندک قرار دارد. دارد ($EF < 2$). غنی شدگی عنصر سر لحاظ ب در ایستگاه اول در رده متوسط بوده و در سایر ایستگاهها در رده بدون غنی شدگی یا غنی شدگی اندک قرار دارد. مقادیر غنی شدگی همه عناصر مورد بررسی در ایستگاههای مختلف در مسیر رودخانه نشان میدهد که تقریباً روند تغییرات مجموع غنی شدگی عناصر مختلف در ایستگاهها یکسان بوده و در ایستگاههای دوم، چهاردهم و پانزدهم، دهم و اول به بیشتر یکدیگر شباهت دارند. مقایسه میانگین مقادیر غنی شدگی و عناصر مختلف در طول مسیر رودخانه نشان میدهد که بالاترین میزان غنی شدگی رسوبات مربوط به عناصر Se، As و نیکل می باشد و ترتیب غنی شدگی عناصر بصورت زیر می باشد (شکل ۵-۲۴). $Se > As > Ni > Zn > Sr > Cr > Co > Cu > Pb$.

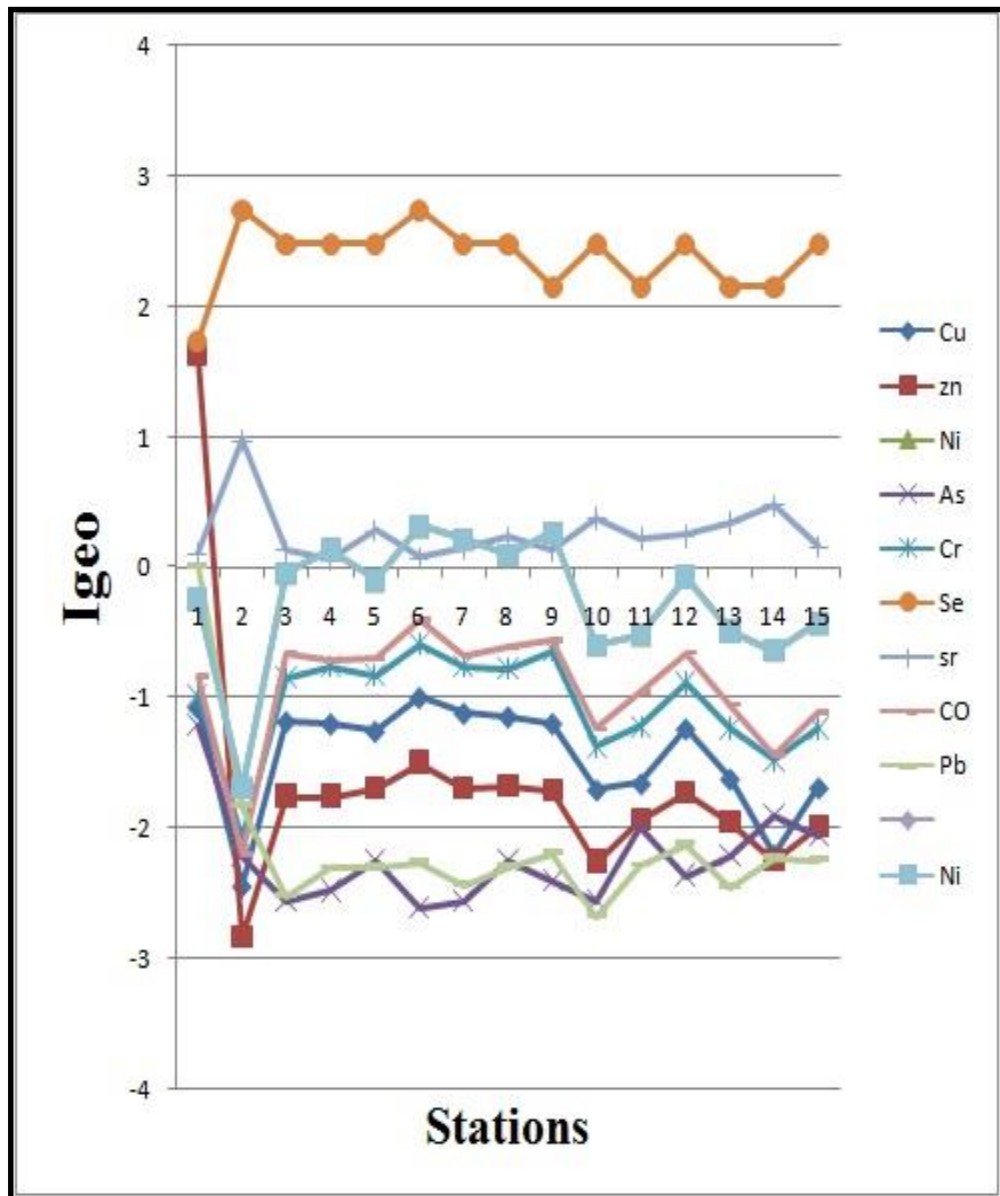


شکل (۵-۱۸): مجموع فاکتور غنی شدگی برای نه عنصر در ایستگاههای رودخانه کشکان

بطور کلی ایستگاههای تحت تاثیر سازندهای تبخیری و یا کربناته بیشترین غنی شدگی و ایستگاههای تحت تاثیر سازندهای آواری دارای کمترین غنی شدگی می باشند (شکل ۵-۲۰).



شکل (۵-۱۹): میانگین فاکتور غنی شدگی برای هر عنصر در رسوبات رودخانه کشکان



شکل (۵-۲۰): تغییرات فاکتور غنی شدگی عناصر در ایستگاههای نمونه برداری رودخانه کشکان

۵-۶- بررسی تغییرات شاخص زمین انباشت (Igeo) در رسوبات رودخانه کشکان

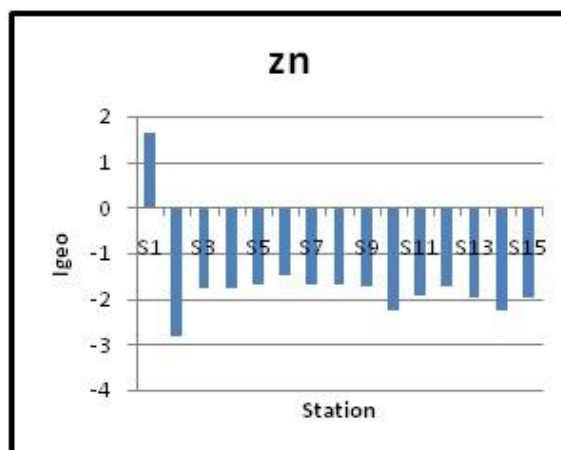
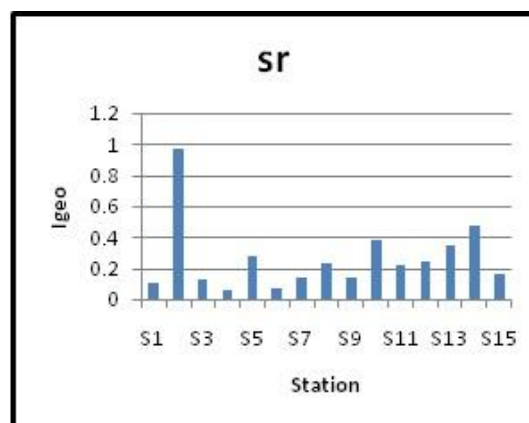
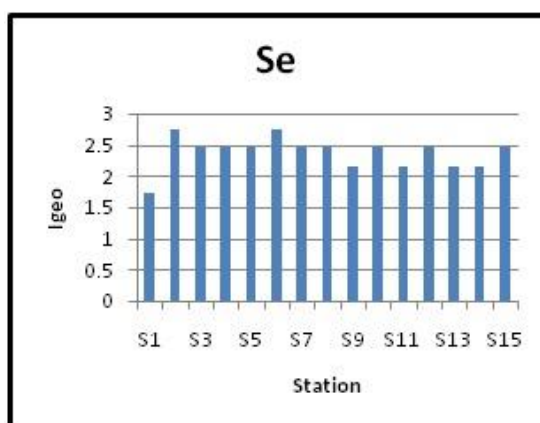
برای بدست آوردن شاخص زمین انباشت از غلظت میانگین عناصر در شیل و از رابطه ۴-۲ استفاده شده و نتایج آن محاسبه و در جدول ۵-۵ آورده شده است. جهت مقایسه مقادیر زمین انباشتگی در ایستگاههای مختلف شکل ۵-۲۱ ترسیم گردیده است.

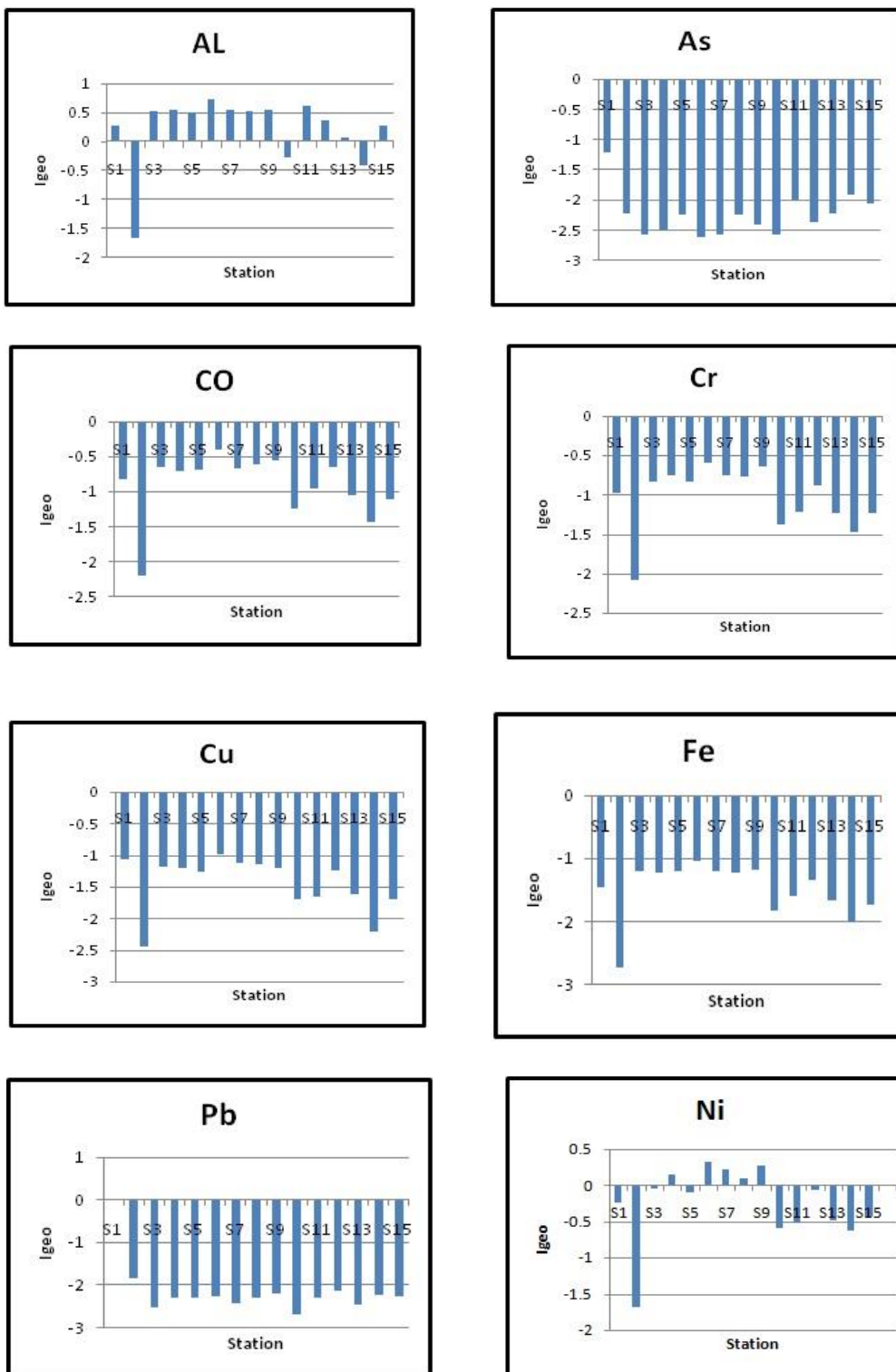
جدول (۵-۵): تغییرات شاخص زمین انباشت در رسوبات رودخانه کشکان

	Cu	zn	Ni	As	Cr	Se	Sr	CO	Pb
S1	-1.072	1.626	-0.239	-1.215	-0.975	1.737	0.108	-0.824	0.021
S2	-2.447	-2.833	-1.691	-2.215	-2.077	2.737	0.973	-2.201	-1.821
S3	-1.180	-1.756	-0.040	-2.563	-0.838	2.474	0.132	-0.655	-2.517
S4	-1.197	-1.756	0.140	-2.478	-0.758	2.474	0.061	-0.704	-2.300
S5	-1.255	-1.699	-0.098	-2.250	-0.827	2.474	0.280	-0.695	-2.286
S6	-0.994	-1.497	0.321	-2.607	-0.585	2.737	0.074	-0.393	-2.254
S7	-1.117	-1.689	0.219	-2.563	-0.753	2.474	0.139	-0.663	-2.429
S8	-1.143	-1.673	0.093	-2.250	-0.775	2.474	0.228	-0.608	-2.296
S9	-1.196	-1.715	0.270	-2.398	-0.637	2.152	0.137	-0.555	-2.182
S10	-1.706	-2.258	-0.593	-2.563	-1.371	2.474	0.377	-1.236	-2.674
S11	-1.658	-1.934	-0.517	-1.993	-1.214	2.152	0.222	-0.955	-2.282
S12	-1.236	-1.725	-0.067	-2.359	-0.883	2.474	0.242	-0.647	-2.114
S13	-1.622	-1.953	-0.483	-2.215	-1.226	2.152	0.344	-1.046	-2.445
S14	-2.208	-2.248	-0.635	-1.907	-1.477	2.152	0.476	-1.441	-2.220
S15	-1.690	-1.993	-0.426	-2.053	-1.226	2.474	0.159	-1.100	-2.240

عنصر نیکل در طبقه بندی Igeo برای تعیین میزان آلودگی رسوبات (جدول ۴-۳) در ایستگاه چهارم، ششم، هفتم، هشتم و نهم در رده فاقد آلودگی یا آلودگی اندک قرار می گیرد و در سایر ایستگاهها در رده فاقد آلودگی قرار می گیرد. ایستگاههای دارای آلودگی اندک معمولا بعد از رخنمون سازندهای آواری کشکان و امیران می باشند. عنصر مس و کبالت در همه ایستگاههای نمونه برداری شاخص زمین انباشت آنها منفی بوده و در رده فاقد آلودگی قرار می گیرند.

روی در ایستگاه اول در رده آلودگی متوسط (۱/۶۳)، و در سایر ایستگاهها در رده فاقد آلودگی قرار دارد این ایستگاه تحت تاثیر تلمبه خانه نفت در بالا دست ایستگاه قرار دارد. شاخص زمین انباشت عنصر آرسنیک در همه ایستگاههای نمونه برداری در رده فاقد آلودگی قرار می گیرد. برای عنصر کروم در همه ایستگاههای نمونه برداری شاخص زمین انباشت کمتر از صفر بوده و در رده فاقد آلودگی قرار میگیرد. شاخص زمین انباشت برای عنصر سلنیم در ایستگاه اول دارای آلودگی متوسط و در سایر ایستگاهها در رده آلودگی متوسط تا شدید قرار دارد. شاخص زمین انباشت برای عنصر استرانسیوم در همه ایستگاههای نمونه برداری در رده فاقد آلودگی تا آلودگی اندک قرار می گیرد. عنصر سرب در ایستگاه اول در رده فاقد آلودگی یا آلودگی اندک و در سایر ایستگاهها در رده فاقد آلودگی قرار می گیرد. شاخص زمین انباشتگی برای تمامی ایستگاههای نمونه برداری رسوب محاسبه و مقایسه شده و در شکل ۵-۲۳ آورده شده است.

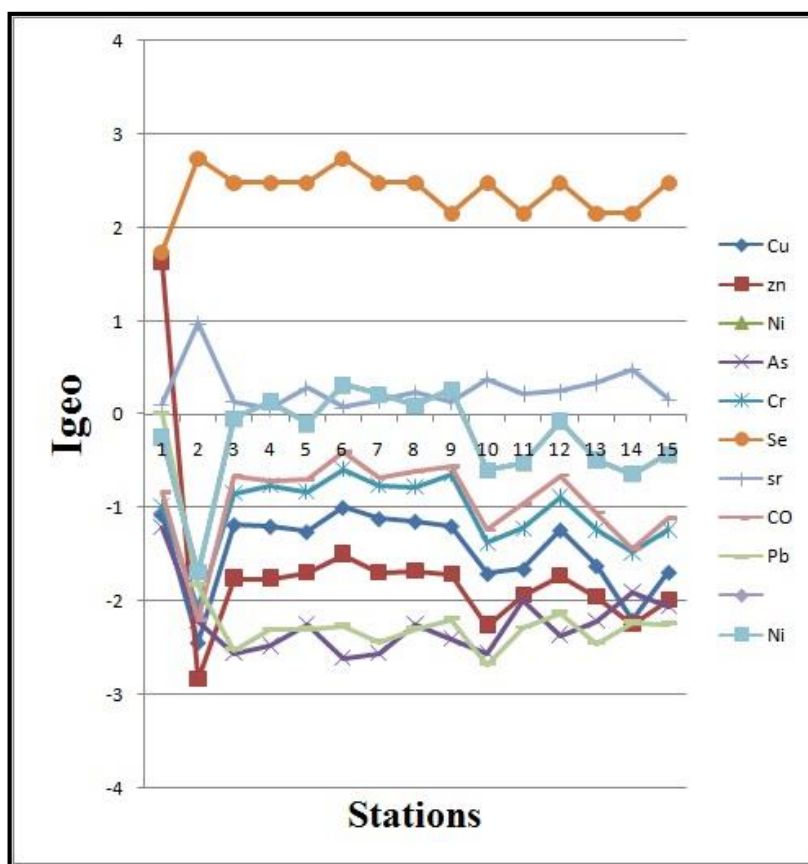




ادامه شکل (۵-۲۱): تغییرات Igeo برای عناصر در ایستگاههای مختلف

همانطور که در شکل (۵-۲۶) دیده می‌شود عناصری چون مس، روی، کروم، آهن و کبالت در

ایستگاههای با رخنمون سازندهایی تبخیری مانند گچساران و سازند آواری آغاچاری با میان لایه‌هایی از رسوبات تبخیری کمترین زمین انباشت را از خود نشان می‌دهند اما برخلاف این عناصر، عناصری چون استرانسیوم و سلنیم در محل رخنمون این سازندها دارای حداکثر زمین انباشت بوده که بدلیل میل ترکیبی عنصر سلنیم با مشتقات گوگردی (سولفات، انیدریت و...) موجود در این سازندها و شباهت بسیار زیاد اتمی عنصر استرانسیوم با کلسیم در ترکیبات سازنده سازندهای تبخیری می‌باشد.



شکل (۵-۲۲): مقایسه شاخص زمین انباشت برای عناصر مختلف در رسوبات رودخانه

۵-۷- فاکتور آلودگی (CF) و درجه آلودگی (Cd) رسوبات رودخانه کشکان

فاکتور آلودگی برای تمامی نمونه‌های رسوب با استفاده از رابطه (۴-۳) محاسبه و در جدول (۵-۷) آورده شده است. بنابر رده بندی فاکتور آلودگی جدول (۴-۴)، مس در همه ایستگاههای نمونه برداری در رده فاقد آلودگی قرار می‌گیرد. نیکل در ایستگاههای دوم، دهم و چهاردهم فاقد آلودگی و یا آلودگی اندک می‌باشد و در سایر ایستگاهها دارای آلودگی متوسط می‌باشد. روی در ایستگاه اول

در رده آلودگی قابل توجه (۴/۶۳)، و در سایر ایستگاهها در رده فاقد آلودگی قرار دارد. آرسنیک در همه ایستگاههای نمونه برداری در رده فاقد آلودگی قرار می‌گیرد. کروم در ایستگاه ششم در درجه آلودگی متوسط و در سایر ایستگاهها در رتبه آلودگی اندک می‌باشد. عنصر سلنیوم در ایستگاه اول در رده آلودگی قابل توجه و در سایر ایستگاهها در رده آلودگی بسیار بالا می‌باشد.

جدول (۵-۶): محاسبه فاکتور آلودگی در رسوبات رودخانه کشکان

	Cu	Zn	Ni	As	Cr	Se	Sr	Co	Pb
S1	0.71	4.63	1.27	0.10	0.76	5.00	1.62	0.85	1.52
S2	0.28	0.21	0.46	0.04	0.36	10.00	2.95	0.33	0.42
S3	0.66	0.44	1.46	0.11	0.84	8.33	1.64	0.95	0.26
S4	0.65	0.44	1.65	0.13	0.89	8.33	1.57	0.92	0.30
S5	0.63	0.46	1.40	0.11	0.85	8.33	1.82	0.93	0.31
S6	0.75	0.53	1.87	0.14	1.00	10.00	1.58	1.14	0.31
S7	0.69	0.47	1.75	0.13	0.89	8.33	1.65	0.95	0.28
S8	0.68	0.47	1.60	0.12	0.88	8.33	1.76	0.98	0.31
S9	0.65	0.46	1.81	0.14	0.96	6.67	1.65	1.02	0.33
S10	0.46	0.31	0.99	0.08	0.58	8.33	1.95	0.64	0.24
S11	0.48	0.39	1.05	0.08	0.65	6.67	1.75	0.77	0.31
S12	0.64	0.45	1.43	0.11	0.81	8.33	1.77	0.96	0.35
S13	0.49	0.39	1.07	0.08	0.64	6.67	1.90	0.73	0.28
S14	0.32	0.32	0.97	0.07	0.54	6.67	2.09	0.55	0.32
S15	0.46	0.38	1.12	0.09	0.64	8.33	1.68	0.70	0.32

عنصر استرانسیم در ایستگاههای دوم و چهاردهم دارای آلودگی قابل توجه است اما در سایر ایستگاهها در رده آلودگی متوسط قرار دارد. کبالت در ایستگاههای ششم و هشتم یعنی بعد از رخنمون سازند کشکان و امیران دارای آلودگی متوسط بوده (بدلیل وجود کبالت در سنگهای پریدوتیت و الترا بازیک موجود در افیولیتهای منشا سازندهای رخنمون یافته در منطقه) ولی در سایر ایستگاهها دارای درجه آلودگی اندک می باشد. سرب در ایستگاه اول دارای آلودگی متوسط بوده ولی در سایر ایستگاهها دارای آلودگی اندک می باشد. ایستگاه اول به بیشتر عناصر آلوده میباشد که این امر احتمالاً به دلیل تاثیر پذیری رسوبات از سازند گچساران و آغاچاری و تلمبه خانه نفت و باغات کنار رودخانه می باشد.

باتوجه به فرمول درجه آلودگی اصلاح شده (رابطه ۴-۴) درجه آلودگی ایستگاههای مختلف محاسبه و در جدول ۵-۸ آورده شده است.

جدول (۵-۷): تغییرات درجه آلودگی و درجه آلودگی اصلاح شده در ایستگاههای نمونه برداری رودخانه کشکان

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
mcd	1.56	1.39	1.42	1.43	1.43	1.67	1.46	1.45	1.32	1.28	1.17	1.42	1.17	1.12	۱/۳۰
Cd	17.19	15.31	15.58	15.76	15.70	18.32	16.01	15.99	14.57	14.13	12.87	15.64	12.88	12.33	14.34

باتوجه به جدول رده بندی ارائه شده درمورد درجه آلودگی اصلاح شده (جدول ۴-۴) ایستگاههای اول و ششم در رده آلودگی اندک و سایر ایستگاهها در رده فاقد آلودگی یا آلودگی بسیار اندک قرار دارند. اما براساس طبقه بندی درجه آلودگی (جدول ۴-۴) و فرمول ارائه شده توسط هاکنسون (1980) درجه آلودگی رسوبات همه ایستگاهها در حد آلودگی قابل توجه است و حداکثر درجه آلودگی در ایستگاه اول و ششم می باشد و کمترین درجه آلودگی را ایستگاههای دهم، یازدهم، سیزدهم و چهاردهم دارا می باشند که در انتهایی حوضه قرار داشته و ایستگاههای حدواسط (سوم تا نهم) از درجه آلودگی بالا برخوردارند.

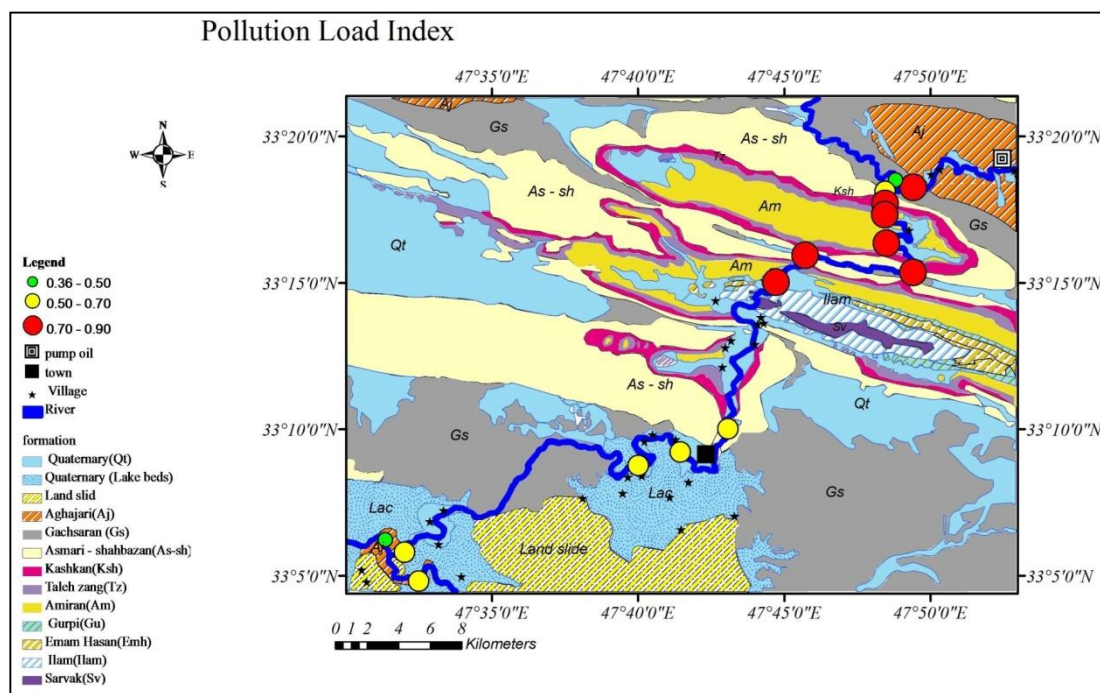
۵-۸- محاسبه PLI در رسوبات رودخانه کشکان

برای محاسبه میزان بارآلودگی رسوبات رودخانه کشکان از شاخص بارآلودگی یا (PLI Pollution Load Index) استفاده گردید (رابطه ۴-۵) و مقدار آن در جدول (۵-۹) آورده شده است. بار آلودگی بالاتر از یک نشان دهنده این مطلب می باشد که رسوبات رودخانه آلوده است (شکل ۵-۲۳).

(Cabrera et al 1999).

جدول (۵-۸): مقادیر PLI در رسوبات رودخانه کشکان

Stations	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
PLI	0.90	0.36	0.70	0.72	0.71	0.82	0.74	0.73	0.74	0.52	0.59	0.70	0.57	0.49	0.58



شکل (۵-۲۳): تغییرات PLI رسوبات رودخانه کشکان در ایستگاههای مختلف

بالاترین مقدار شاخص بارآلودگی در ایستگاه اول (۰/۹) و ششم (۰/۸۲) می باشند و کمترین مقدار بار آلودگی با توجه به مقدار عددی آن در ایستگاه دوم (۰/۳۲) می باشد. بطور کلی ایستگاههای اول، ششم، نهم، هفتم، هشتم، چهارم، پنجم، سوم و دوازدهم و تا حدی یازدهم بترتیب در نزدیکترین

حالت برای تبدیل شدن به شرایط آلودگی می‌باشند. ایستگاههایی که تحت تاثیر سازندهای کشکان و امیران قرار دارند، (با توجه به رخنمون این سازندها در کنار و بستر رودخانه کشکان) از بیشترین مقدار بار آلودگی برخوردار می‌باشند. ایستگاههایی که تحت تاثیر سازند گچساران قرار دارند دارای کمترین بار آلودگی می‌باشند. میانگین بار آلودگی در کل مسیر مورد مطالعه در رودخانه، ۰/۶۴ می‌باشد.

۵-۹- بررسی کیفیت رسوبات رودخانه کشکان بر اساس (SQGs)

دستورالعمل راهنمای عددی کیفیت رسوب در Sediment Quality Guidelines (SQGs) اکوسیستم های آب با استفاده از روشهای مختلفی توسعه یافته است. هر روش مزایا و محدودیت های خاص خود را در فرایندهای ارزیابی کیفیت رسوبات دارا می‌باشد. تا امروز (SQGs) برای ۲۸ ماده شیمیایی نگران کننده در رسوبات آب شیرین (برای مثال: برخی فلزات، هیدروکربنهای آروماتیک چند حلقه ای، آفت کش ها و بی-فنیلها و polychlorinated پلی کلرونیئید) تعیین گردیده است. برای هر آلاینده نگران کننده حد آستانه غلظت موثر یا Threshold Effect Concentration (TEC) و حد احتمالی موثر یا Probable Effect (PEC) Concentration تعریف شده است. در بین این دو کیفیت در رسوب، غلظت موثر میانه (MEC) Midpoint Effect Concentration نیز تعریف شده است که حدواسط دو حد بالایی می‌باشد و با استفاده از رابطه (۵-۵) محاسبه گردیده است.

رابطه (۵-۵)

$$MEC = \frac{TEC+PEC}{2}$$

نتایج SQGs برای هر ماده شیمیایی با استفاده از مطالعات شیمی رسوبات و همچنین دادهها و اطلاعات سمیت فاکتور های نگران کننده در نتیجه مطالعات میدانی که در سرتاسر ایالات متحده صورت گرفته است تعریف گردیده است. SQGs شاخص برای شناسایی همبستگی مثبت بین شیمی رسوبات و سمیت رسوبات می‌باشد.

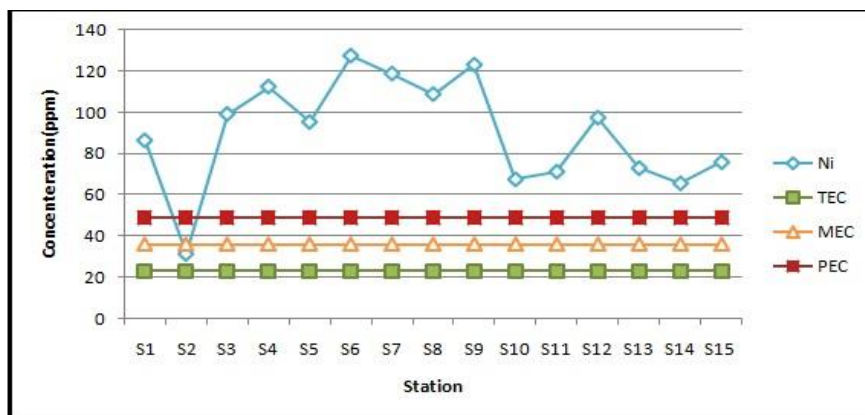
از SQGs میتوان در موارد زیر استفاده کرد:

- ✓ طبقه بندی رسوبات برای سمی بودن یا غیر سمی بودن
- ✓ شناسایی نقاط حاد آلوده در ارتباط با آلایندهای رسوبات
- ✓ تعیین پتانسیل و میزان حجم آسیب و صدمه رساندن به موجودات ساکن در رسوبات
- ✓ نیاز رسوب به پاکسازی
- ✓ بررسی و حمایت از توسعه برنامه در جهت نظارت بیشتر بر ارزیابی میزان آلودگی و اثرات رسوبات آلوده بر موجودات زنده در رسوبات
- ✓ رتبه بندی مناطق مختلف از لحاظ آلودگی

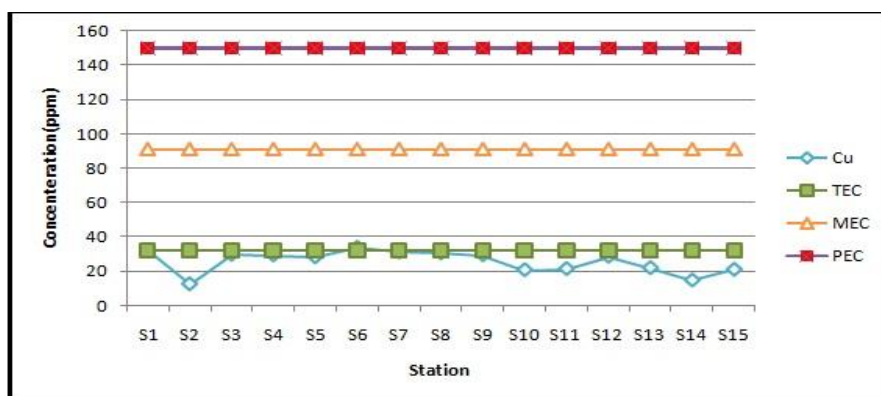
لازم به ذکر می باشد که از بین عناصر مورد بررسی، برای ۸ عنصر، مقادیر SQGs موجود می باشد که عنصر منگنز نیز علاوه بر عناصر مورد مطالعه مورد بررسی SQGs نیز قرار گرفته شده است. در این تحقیق مقادیر غلظت عناصر در رسوبات رودخانه با مقادیر TEC، MEC، PEC (شاخصهای تعیین کننده میزان تاثیر گذاری عناصر بر موجودات زنده) مقایسه گردید.

عنصر نیکل در تمامی ایستگاههای نمونه برداری رسوب از PEC بالاتر بوده، به استثنای ایستگاه دوم که غلظت عنصر نیکل بالاتر از TEC بوده اما از MEC و PEC کمتر می باشد، این ایستگاه از لحاظ رسوبی بیشتر تحت تاثیر رسوبات ناشی از سازند گچساران و آسماری می باشد. ایستگاههای ششم و نهم حداکثر اختلاف با شاخصهای کیفیت رسوب را دارا می باشد که این دو ایستگاه بیشتر تحت تاثیر سازند امیران و سازند کشکان که در هسته تاقدیس های سرکان و سلطان وسعت و گسترش خوبی دارند قرار دارد. عنصر مس نسبت به غلظت موثر میانه (MEC) و غلظت موثر احتمالی (PEC) در تمامی ایستگاهها در وضعیت پایینتری قرار دارد، اما نسبت به غلظت موثر آستانه (TEC) در ایستگاههای اول، سوم تا نهم و همچنین ایستگاه دوازدهم یکسان یا بالاتر رفته که این ایستگاهها را می توان بعنوان ایستگاههای در آستانه آلودگی به عنصر مس نام برد. اما عنصر مس در ایستگاههای دوم، دهم،

یازدهم، سیزدهم، چهاردهم و پانزدهم که بیشتر تحت تاثیر سازندهای گچساران می باشند از غلظت کمتری برخوردار می باشند. بطور کلی با توجه به شاخصهای کیفیت رسوب کیفیت رسوبات رودخانه کشکان از لحاظ غلظت عنصر مس در بیشتر ایستگاهها در وضعیت متعادلی می باشد (شکل ۵-۲۵).

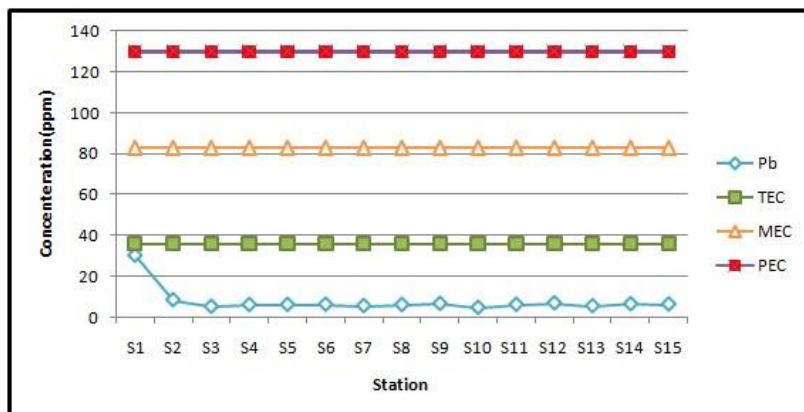


شکل (۵ - ۲۴): مقایسه تغییرات عنصر نیکل با مقادیر SQGs



شکل (۵ - ۲۵): مقایسه تغییرات عنصر مس با مقادیر SQGs

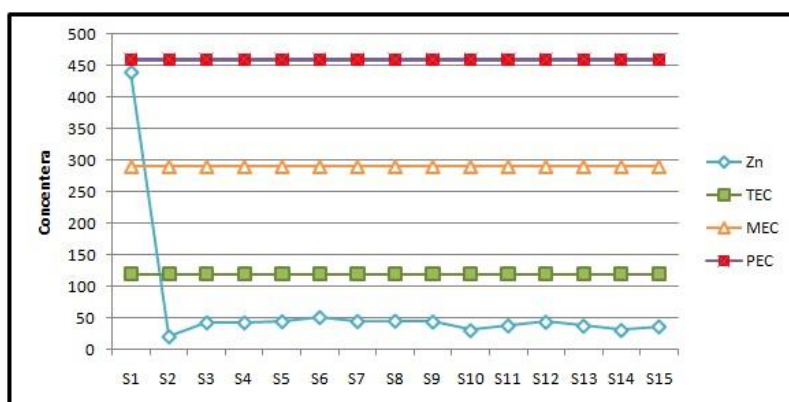
غلظت عنصر سرب در تمامی ایستگاههای نمونه برداری پایینتر از TEC، MEC و PEC می باشد به استثنای ایستگاه اول که غلظت عنصر سرب در محدود TEC قرار دارد. بطور کلی کیفیت رسوبات رودخانه کشکان نسبت به سرب از لحاظ تاثیرگذاری بر موجودات زنده در وضعیت مطلوبی بوده و تنها نگرانی در رسوبات در ایستگاه اول می باشد که تحت تاثیر تلمبه خانه نفت زورانتل و همچنین باغات گسترده انجیر قرار دارد (شکل ۵-۲۶).



شکل (۵ - ۲۶): مقایسه تغییرات عنصر سرب با مقادیر SQGs

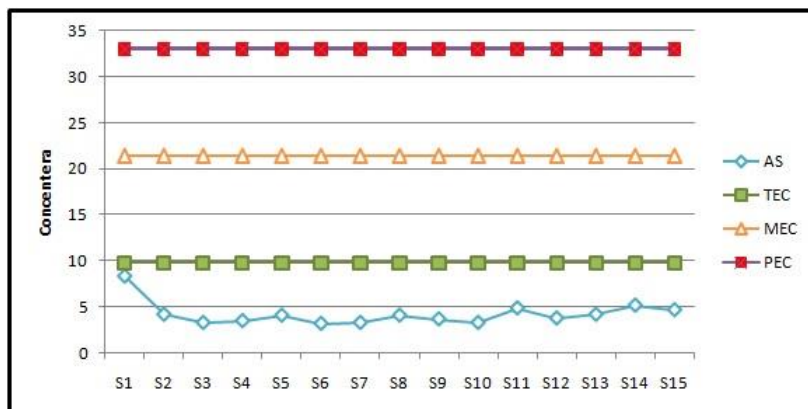
غلظت عنصر روی در تمامی ایستگاههای نمونه برداری پایینتر از TEC، MEC و PEC می باشد به استثنای ایستگاه اول که غلظت عنصر روی در آن بالاتر از محدوده TEC و MEC و در محدوده PEC قرار دارد. بنابراین کیفیت رسوبات رودخانه کشکان در ایستگاه اول در شرایط نامطلوبی بوده که لزوم توجه بیشتر به عوامل ورودی آلاینده در رسوبات رودخانه لازم می باشد. میتوان گفت که غلظت بالای عنصر روی تحت تاثیر منابع آلاینده نقطه‌ای است. بطور کلی کیفیت رسوبات رودخانه کشکان از لحاظ آلودگی به عنصر روی در وضعیت مطلوبی بوده و تنها نگرانی آلودگی رودخانه در ایستگاه اول وجود دارد (شکل ۵-۲۷).

عنصر آرسنیک در تمامی ایستگاههای نمونه برداری پایینتر از TEC، MEC و PEC می باشد باز هم به استثنای ایستگاه اول که غلظت عنصر آرسنیک در محدود TEC قرار دارد. بطور کلی کیفیت



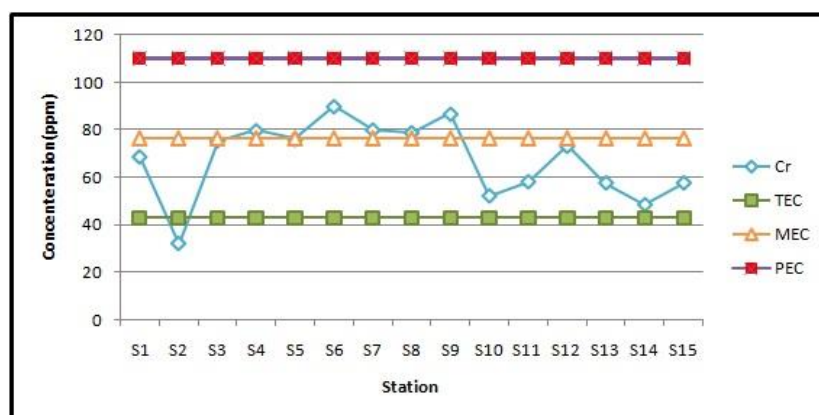
شکل (۵ - ۲۷): مقایسه تغییرات عنصر روی با مقادیر SQGs

رسوبات رودخانه کشکان با توجه به شاخصهای تاثیر گذاری بر موجودات زنده از نظر آلودگی به عنصر آرسنیک در وضعیت مطلوبی می باشد (شکل ۵-۲۸).



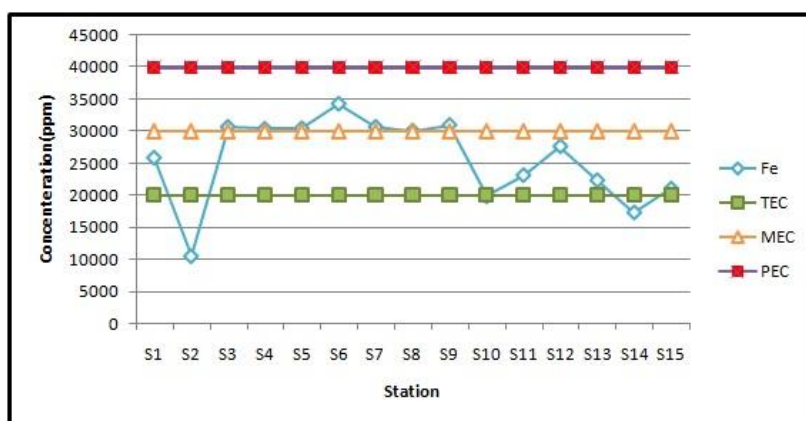
شکل (۵ - ۲۸): مقایسه تغییرات عنصر آرسنیک با مقادیر SQGs

غلظت عنصر کروم در ایستگاه اول از غلظت TEC فراتر رفته و در محدود MEC قرار گرفته است اما در ایستگاه دوم کیفیت رسوبات در وضعیت مطلوبی قرار دارد و از TEC پایینتر است. از ایستگاه سوم تا نهم از TEC و MEC فراتر رفته و همچنین در ایستگاه دوازدهم به سرحد MEC رسیده است اما در سایر ایستگاههای، دهم، یازدهم، سیزدهم، چهاردهم و پانزدهم غلظت عنصر کروم از PEC بالاتر رفته و در حال وضعیت بینابینی TEC و PEC قرار می گیرد. این ایستگاهها بیشتر تحت تاثیر رسوبات ناشی از سازند گچساران و آسماری قرار دارند (شکل ۵-۲۹).



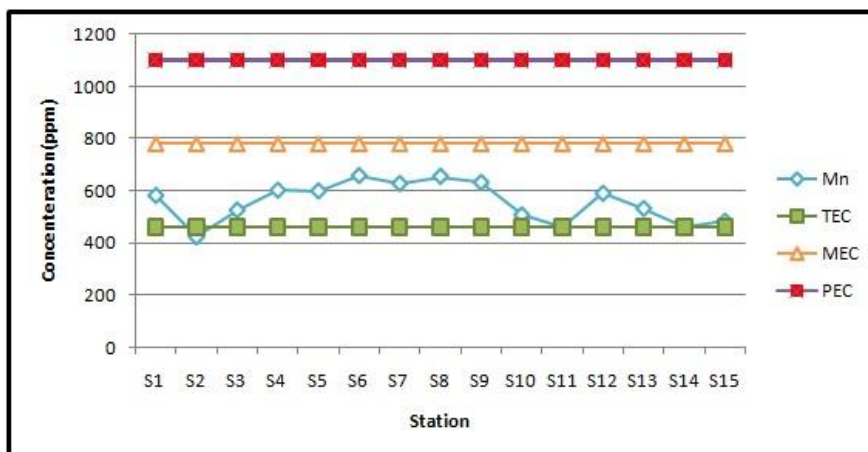
شکل (۵ - ۲۹): مقایسه تغییرات عنصر کروم با مقادیر SQGs

غلظت عنصر آهن در ایستگاه اول از حد TEC فراتر رفته و در وضعیت بینابینی با MEC قرار دارد ولی در ایستگاه دوم و چهاردهم که بیشتر تحت تاثیر سازند گچساران قرار دارند پایینتر از TEC می باشد، اما از ایستگاه سوم تا نهم و در محدوده TEC و بالاتر قرار داشته و حداکثر غلظت آن در ایستگاه ششم می باشد (بعد از سازند امیران در هسته تاقدیس سرکان) که بین MEC و PEC قرار می گیرد. در ایستگاه دوازدهم مقدار آهن از TEC فراتر رفته و در محدود یا نزدیک به وضعیت MEC قرار گرفته است. بطور کلی کیفیت رسوبات رودخانه کشکان از نظر غلظت آهن در وضعیت نگران کننده ای برای آبریان بوده اما رودخانه های مادیانرود و سیمره در وضعیت مطلوبی قرار دارند (شکل ۵-۳۰).



شکل (۵ - ۳۰): مقایسه تغییرات عنصر آهن با مقادیر SQGs

غلظت عنصر منگنز در رسوبات رودخانه کشکان در همه ایستگاهها بغیر از ایستگاه دوم در وضعیت بالاتر از TEC قرار دارد و از آستانه موثر فراتر رفته است. از ایستگاه سوم تا ایستگاه نهم روند نزدیک شدن به وضعیت MEC در رودخانه کشکان افزایش می یابد. در ایستگاه دوم غلظت منگنز در محدود و نزدیک TEC قرار گرفته است. بطور کلی غلظت عنصر منگنز با توجه به اینکه بین TEC و MEC قرار گرفته است در وضعیتی مشکوک می باشد (شکل ۵-۳۱).

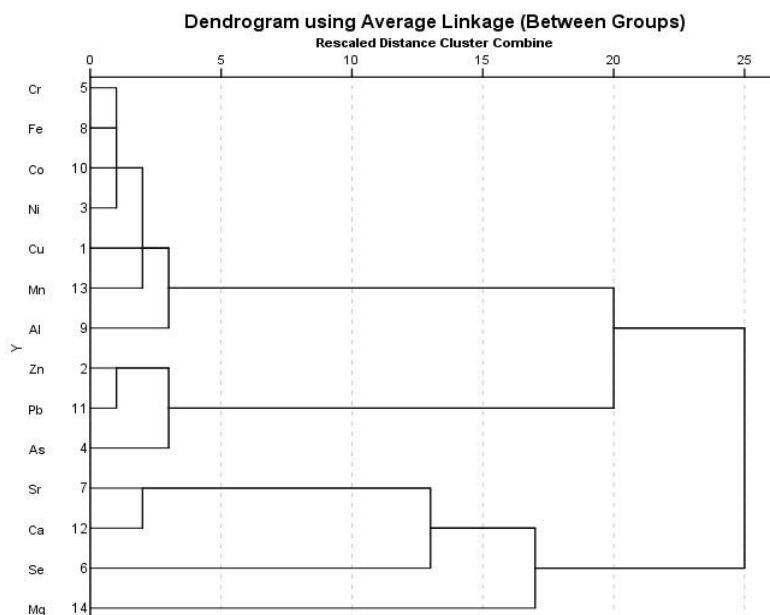


شکل (۵ - ۳۱): مقایسه تغییرات عنصر منگنز با مقادیر SQGs

۵-۱۰- آنالیز خوشه‌ای در رسوبات رودخانه

آنالیز خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که ملاکی مناسب برای طبقه بندی متغیرها بر اساس حداکثر تشابه و بیشترین اختلاف بین گروهها می‌باشد. نتایج آنالیز خوشه‌ای برای عناصر مورد بررسی در شکل ۵-۳۲ آورده شده است.

بطور کلی عناصر در سه گروه تفکیک شده‌اند که کلسیم، استرانسیوم با سلینیوم در یک گروه قرار گرفته که می‌توان دلیل امر را در تشابه عنصری و تشابه رفتار ژئوشیمیایی آنها و احتمال جایگزینی Sr بجای کلسیم در ترکیبات کربناته منطقه دانست. سلینیوم در یک فاصله دورتری به این گروه متصل می‌شود. سرب، روی و آرسنیک بدلیل منشاء بشرزاد موجود در منطقه (کشاورزی و...) در یگ گروه قرار دارند. نیکل، آهن، کروم، کبالت، مس، آلومینیوم و منگنز بدلیل منشا مشترک احتمالی ناشی از زمین‌شناسی منطقه در یک گروه قرار گرفته‌اند. حداکثر تشابه در بین عناصر نیکل، کروم، کبالت و آهن دیده می‌شود که این عناصر بیشتر در رادیولاریته‌های سازندهای کشکان و امیران منطقه جای گرفته‌اند.



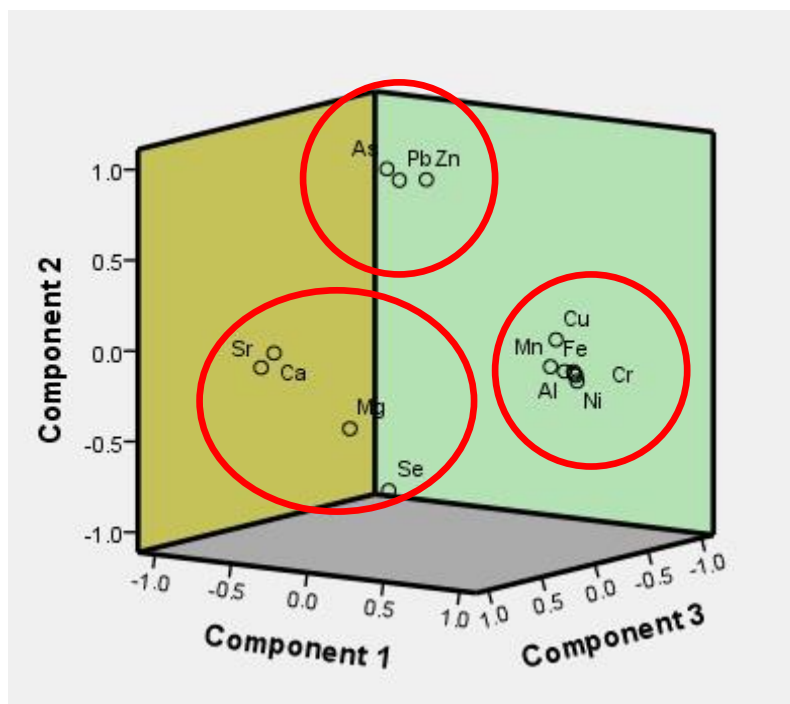
شکل (۵ - ۳۲): آنالیز خوشه‌ای عناصر در رسوبات رودخانه کشکان

۵-۱۱- تحلیل مولفه اصلی (PCA) در رسوبات رودخانه

برای کاهش ابعاد داده‌ها و تحلیل و نتیجه‌گیری دقیق‌تر ارتباط بین عناصر مورد مطالعه در رسوبات رودخانه کشکان از روش آماری تحلیل مولفه اصلی بکمک نرم‌افزار SPSS 19 استفاده گردید. با نتایج حاصل این تحلیل سه مولفه تعریف گردید (جدول ۵-۹ و شکل ۵-۳۳). لازم بذکر است که بدلیل اهمیت عناصر کلسیم، منیزیم، و منگنز باتوجه به ژئوشیمی منطقه و برای ارتباط بهتر عناصر با شاخص‌های تجمع زمینی، در این بخش از این عناصر استفاده گردیده است. عنصر نیکل، آلومینیوم، کبالت، آهن، مس، کروم، و منگنز در مولفه اول، سرب، روی و آرسنیک در مولفه دوم و کلسیم، سلنیم، استرانسیوم و منیزیم در مولفه سوم جای دارند.

در مولفه اول ارتباط عناصر براساس سنگ شناختی (ژئوشیمی) سازنده‌های آواری منطقه (سازنده‌های آواری کشکان و امیران) قابل ارتباط و توجیه است و اغلب این عناصر در سری گلدیش (۱۹۳۸) ضمن هوازدهی سنگها و کانیهای آذرین با هم دیده می‌شوند (شهاب پور ۱۳۸۴). منشا عناصر مولفه دوم بیشتر به عوامل بشرزاد (کاربری اراضی، استفاده از ترکیبات مختلف شیمیایی مصرفی برای کشاورزی و حمل و نقل جاده‌ای)

نسبت داده می‌شود. ارتباط کلسیم، و استرانسیوم براساس تشابه شیمیایی اتمی بین عناصر بوده که در ترکیبات ژئوشیمی یکسان و مشابه حضور دارند و جایگزینی استرانسیوم با کلسیم امکان پذیر می‌باشد. سلنیوم در فاصله دورتری در این مولفه قرار می‌گیرد.



شکل (۵ - ۳۳): نمودار سه بعدی PCA برای عناصر مورد مطالعه در رسوبات رودخانه کشکان

فصل ششم

بحث و بررسی کیفیت آب رودخانه کشکان

۱-۶- مقدمه

هدف از این مطالعه بررسی کیفیت آب رودخانه کشکان و بررسی تاثیر منابع تاثیر گذار اعم از منابع زمین شناختی مانند سازندهای متنوع رخنمون یافته در منطقه که رودخانه بر بستر این سازندها جاری بوده و منابع انسانی (کشاورزی، فاضلاب روستاهای اطراف و شهرستان پلدختر) می باشد. در این بخش سعی شده همبستگی بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و فلزات سنگین مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. سپس به کمک نرم افزارهای هیدروشیمی مانند AQQA و AQChem تیپ آب در ایستگاههای مختلف و همچنین تیپ کلی آب رودخانه تعیین گردید. در ادامه سعی گردیده که بکمک نرم افزار PHREE QC به بررسی نوع ترکیبات و کانیهای موجود و تاثیر گذار بر کیفیت آب رودخانه پرداخته و ضریب اشباع شدگی هر یک از کانیها مورد بررسی قرار گیرد. نحوه پراکنش غلظت عناصر در مسیر رودخانه بر روی نقشه زمین شناسی منطقه در محیط GIS ترسیم و غلظت عناصر با مقادیر حد مجاز استاندارد (WHO 2008) مقایسه گردید. در نهایت با استفاده از نرم افزار SPSS 19، و با روشهای آماری آنالیز خوشه‌ای (CA) و مولفه اصلی (PCA) سعی شد همبستگی، و تشابهات بین عناصر و منشاء احتمالی زمین زاد و بشرزاد عناصر مورد بررسی قرار گیرد. در جدول ۱-۶ و ۲-۶، نتایج آنالیز نمونه های آب و مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و غلظت عناصر مورد بررسی آورده شده است.

جدول (۶-۱): مقادیر پارامترهای فیزیکی شیمیایی در آب رودخانه کشکان

Station	pH	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	Ec (μS/cm)	HCO ₃ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Cl(mg/L)	Na(mg/L)	Ca(mg/L)	Mg(mg/L)	SO ₄ (mg/L)	TH (mg/L) as (CaCO ₃)	TDS(mg/L)	TSS(mg/L)
S1	9/14	3	717	247/05	8	88/75	46/46	160	39/6	54/72	250	431	30
S2	9/1	22/8	908	323/3	4/4	72/77	36/34	196	74/4	129/6	310	543	97
S3	8/74	3	721	250/1	8	90/52	50/83	160	36	48/96	260	432	27
S4	8/55	8/4	744	247/05	4	92/3	58/42	160	33/6	62/4	255	446	134
S5	8/52	6	729	244	5/8	90/52	53/82	160	34/8	61/44	230	438	122
S6	8/48	6	745	244	5	92/3	55/2	160	37/2	72	255	448	52
S7	8/57	7/2	748	247/5	4/4	92/3	55/89	160	37/2	68/16	235	450	30
S8	8/48	7/2	750	247/5	5/6	90/52	55/2	168	33/6	74/88	260	450	170
S9	8/55	6	745	247/5	7/8	94/07	50/6	164	39/6	62/4	255	448	172
S10	8/58	6	757	247/5	6/2	94/07	47/61	166	44/4	73/92	260	453	67
S11	8/75	7/2	814	247/5	8/2	108/27	60/72	172	40/8	88/32	250	489	91
S12	8/74	6	815	244	10/6	104/72	60/59	174	39/6	105/6	260	489	91
S13	8/65	6	867	244	9/6	110/05	61/41	186	44/4	141/12	300	521	59
S14	8/42	9/6	855	262/3	7	79/87	41/4	192	58/8	176/64	300	513	227
S15	8/51	6	869	253/15	10/6	90/52	50/37	200	48	181/44	290	522	218

جدول (۶-۲): غلظت عناصر در آب رودخانه کشکان بر حسب ppb

Station	Cu	Al	As	Cr	Fe	Ni	Sr	Zn	Pb	Se	Co
S1	7/9	1162	1/3	5/6	1238	10/2	1277/12	39/0	4/5	1	1/63
S2	4/7	227	1/8	4/4	00	3/3	2531/03	10/3	2/0	1/5	0/53
S3	11/0	819	1/4	4/9	803	7/6	1340/08	16/3	3/6	1	1/47
S4	5/3	1083	1/6	5/6	1330	10/1	1340/95	14/4	1/4	1/2	1/65
S5	4/0	788	1/4	4/3	760	7/9	1342/75	9/7	2/5	0/8	1/40
S6	6/9	831	1/4	4/3	902	7/5	1349/59	11/4	1/9	1/1	1/40
S7	28/3	826	1/7	7/1	797	9/3	1452/62	23/7	4/0	1/3	1/56
S8	18/5	1138	1/4	5/3	1192	10/2	1375/54	13/2	1/7	1	1/77
S9	12/3	1230	1/3	6/1	1436	10/8	1382/29	12/6	1/8	0/9	1/85
S10	24/1	788	1/5	4/0	685	7/3	1392/02	14/9	1/7	1/2	1/30
S11	5/3	887	1/6	4/7	928	7/3	1512/50	33/0	2/1	1/4	1/46
S12	6/6	885	1/5	4/6	944	8/0	1505/61	14/7	1/7	1	1/43
S13	4/3	631	1/6	3/4	441	6/1	1662/72	16/4	2/6	1/5	1/41
S14	4/7	244	1/9	1/3	00	5/1	1893/28	8/4	1/2	1/2	1/28
S15	2/9	27	2/2	3/9	00	0/9	1775/66	1/2	0/0	1/7	0/00
Min	2/9	27	1/3	1/3	00	0/9	1277/12	1/2	0	0/8	0
Max	28/3	1230	2/2	7/1	1436	10/8	1893/28	39/0	4/5	1/7	1/85
Mean	9/78	771	1/57	4/63	763/73	7/44	1542/25	15/9	2/18	1/186	1/34
WHO(2008)	1300	200	10	100	300	70	-----	50000	15	50	-----

جدول (۶-۳): همبستگی بین عناصر اصلی و پارامترهای شیمیایی فیزیکی

	Cu	Al	As	Cr	Fe	Ni	Sr	Zn	Pb	Se	Co	PH	Co3	Ec	Hco3	No3	Cl	Na	Ca	Mg	So4	TH	TSS	TDS	SSP	SAR
Cu	1/0000																									
Al	0/3515	1/0000																								
As	-0/2364	-0/8741	1/0000																							
Cr	0/5037	0/6541	-0/4292	1/0000																						
Fe	0/2830	0/9801	-0/8052	0/6935	1/0000																					
Ni	0/4317	0/9645	-0/8302	0/6266	0/9283	1/0000																				
Sr	-0/3261	-0/7719	0/6524	-0/4259	-0/7875	-0/7346	1/0000																			
Zn	0/1945	0/5429	-0/4414	0/4275	0/4783	0/5091	-0/3537	1/0000																		
Pb	0/3357	0/4519	-0/5428	0/4810	0/3479	0/5030	-0/3198	0/7324	1/0000																	
Se	-0/1725	-0/6990	0/8186	-0/2546	-0/6632	-0/7425	0/6201	-0/1382	-0/3443	1/0000																
Co	0/3577	0/8861	-0/8163	0/3930	0/8137	0/9412	-0/6852	0/4906	0/4906	-0/7199	1/0000															
PH	-0/1797	0/0381	-0/1527	0/2151	-0/0066	-0/0347	0/3244	0/5636	0/5103	0/1002	-0/1235	1/0000														
Co3	-0/1694	-0/4781	0/4017	-0/1583	-0/4941	-0/4260	0/8808	-0/2764	-0/2468	0/4073	-0/4393	0/3276	1/0000													
Ec	-0/4422	-0/7963	0/7531	-0/5739	-0/7965	-0/8075	0/8751	-0/3553	-0/4973	0/7675	-0/6974	0/1425	0/6293	1/0000												
Hco3	-0/1980	-0/5381	0/3862	-0/1747	-0/5593	-0/5052	0/9032	-0/2218	-0/1171	0/3907	-0/5326	0/5081	0/9381	0/6019	1/0000											
No3	-0/3622	-0/1845	0/1700	-0/2845	-0/1586	-0/3101	-0/0365	0/0179	-0/1664	0/1779	-0/2395	0/0860	-0/4290	0/3163	-0/3015	1/0000										
Cl	-0/0045	0/3754	-0/2519	0/1297	0/3696	0/2514	-0/4910	0/3288	0/0508	0/0289	0/3421	-0/1609	-0/5662	-0/0871	-0/6772	0/5215	1/0000									
Na	0/0261	0/4624	-0/2617	0/3006	0/4930	0/3826	-0/5949	0/2089	0/0367	-0/0834	0/4189	-0/3401	-0/5453	-0/2579	-0/7251	0/2430	0/8800	1/0000								
Ca	-0/4392	-0/8575	0/8155	-0/6291	-0/8427	-0/8638	0/8409	-0/4536	-0/5612	0/7355	-0/7795	0/0725	0/5385	0/9548	0/5658	0/3768	-0/2185	-0/3839	1/0000							
Mg	-0/2807	-0/7420	0/5767	-0/5027	-0/7754	-0/6971	0/9558	-0/2755	-0/2671	0/5383	-0/6364	0/3741	0/8218	0/8038	0/8868	-0/0335	-0/5582	-0/7460	0/7929	1/0000						
So4(mg/L)	-0/4336	-0/8560	0/8466	-0/7169	-0/8353	-0/8304	0/7046	-0/4796	-0/5935	0/6966	-0/7099	-0/1295	0/3645	0/8971	0/3575	0/4165	-0/1304	-0/2653	0/9534	0/6676	1/0000					
TH	-0/4127	-0/7287	0/6143	-0/6498	-0/7466	-0/7253	0/8152	-0/4270	-0/4352	0/6395	-0/6008	0/1495	0/5599	0/8637	0/6180	0/2456	-0/2882	-0/4640	0/8928	0/8082	0/8267	1/0000				
TSS	-0/3062	-0/3560	0/4939	-0/4103	-0/2725	-0/3159	0/2783	-0/6091	-0/7897	0/1231	-0/3079	-0/4962	0/1847	0/3653	0/1037	0/1346	-0/2772	-0/2217	0/5195	0/2466	0/5655	0/3592	1/0000			
TDS	-0/4453	-0/7947	0/7544	-0/5718	-0/7941	-0/8059	0/8690	-0/3516	-0/4956	0/7692	-0/6948	0/1361	0/6194	0/9998	0/5906	0/3243	-0/0771	-0/2475	0/9546	0/7965	0/9005	0/8593	0/3673	1/0000		
SSP	0/2057	0/7106	-0/5309	0/5036	0/7380	0/6549	-0/8359	0/3051	0/2407	-0/4003	0/6308	-0/3296	-0/6737	-0/6356	-0/8122	0/0231	0/7183	0/9079	-0/7225	-0/9357	-0/6082	-0/7469	-0/3351	-0/6276	1/0000	
SAR	0/1303	0/6224	-0/4309	0/4375	0/6519	0/5574	-0/7411	0/2698	0/1632	-0/2788	0/5565	-0/3326	-0/6138	-0/4860	-0/7774	0/1007	0/7953	0/9674	-0/5976	-0/8694	-0/4819	-0/6466	-0/3005	-0/4770	0/9835	1/0000

۶-۲- همبستگی عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب

همبستگی بین عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب رودخانه محاسبه و در جدول (۶-۲) آورده شده است. عنصر مس در آب همبستگی خوبی با سایر پارامترها نشان نمی‌دهد، این امر می‌تواند به دلیل ناچیز بودن غلظت آن در آب و انحلال پذیری بسیار کم آن در pH های آب رودخانه (۸/۴ - ۹/۲) باشد.

آلومینیوم با آهن (۰/۹۸) و نیکل (۰/۹۶) کبالت و (۰/۹۸) همبستگی مثبت نشان میدهد. با توجه به منشاء زمین‌زاد آلومینیوم، همبستگی بالای عناصر ذکر شده نشان از هم منشاء بودن آنها با آلومینیوم و در واقع منشاء زمین‌زاد آنها میباشد. عنصر آرسنیک با کلسیم (۰/۸۷)، سولفات (۰/۸۴)، سلنیم (۰/۸۱)، و استرانسیوم (۰/۶۵) همبستگی مثبت نشان میدهد. همبستگی آرسنیک با کلسیم و سولفات نشان از منشاء احتمالی یکسان (سموم کشاورزی مانند آرسنات کلسیم و ...) آنها دارد. دلیل همبستگی بالای آرسنیک با سلنیم، منیزیم و استرانسیوم را میتوان به دلیل جایگزینی احتمالی استرانسیوم با کلسیم و همراهی ژئوشیمیایی سلنیم با گوگرد در رسوبات و انحلال پذیری این عناصر در pH های قلیایی و ورود آنها به آب رودخانه دانست. کروم با عنصر آهن (۰/۶۹) و نیکل (۰/۶۲) همبستگی مثبتی را نشان میدهد با توجه به اینکه وجود آهن و نیکل در سازندهای آواری و وجود کروم در سنگهای مادر سازندهای آواری (مافیک و الترمافیک) اثبات شده است و همچنین کروم بوسیله اکسی هیدروکسیدی Al و Fe جذب می‌گردد (Bradl 2005). لذا همبستگی این عناصر هم منشا بودن احتمالی آنها را تایید می‌کند. آهن همبستگی بالایی با نیکل (۰/۹۱) و کبالت (۰/۸۲) دارد.

روی بیشترین همبستگی را با سرب (۰/۷۶) نشان میدهد. از جمله منابع انسانزاد مشترک روی و سرب می‌توان به خروجی وسایل نقلیه، سایش تایر خودروها و رواناب ناشی از فعالیتهای کشاورزی اشاره کرد (Bradl 2005).

سلنیم با کلسیم (۰/۷۳)، سولفات (۰/۶۹)، T.D.S (۰/۷۶) و منیزیم (۰/۶۳) همبستگی نشان می‌دهد. بطور کلی سلنیم با کلسیم و با عناصر رفتار ژئوشیمیایی مشابه با کلسیم مثل منیزیم و یا ترکیبات و کانیهای سولفیدی (ژپس و...) همبستگی خوبی نشان می‌دهد (قریب ۱۳۸۲).

کبالت همبستگی بالایی با عنصر نیکل (۰/۹۸) و با آهن (۰/۸۱) دارا می‌باشد که نشان دهنده منشا زمین شناختی مشترک آنها می‌باشد. همبستگی بالایی استرانسیوم با کلسیم (۰/۹۵)، بیکربنات (۰/۹۰)، کربنات (۰/۸۰)، سولفات (۰/۷۴) و با T.D.S (۰/۸۶) را میتوان به دلیل جایگزینی استرانسیوم با کلسیم در رسوبات و امکان انحلال استرانسیوم در pH های قلیایی و همراهی آنها با عوامل ایجاد قلیائیت (بیکربنات، کربنات و سولفات) دانست. بطوریکه بی کربنات و سولفات استرانسیوم از جمله نمکهای رایج موجود در آب رودخانه میباشند و همبستگی بالای استرانسیوم با T.D.S (۰/۸۶) و EC (۰/۸۷) این مطلب را تأیید میکند.

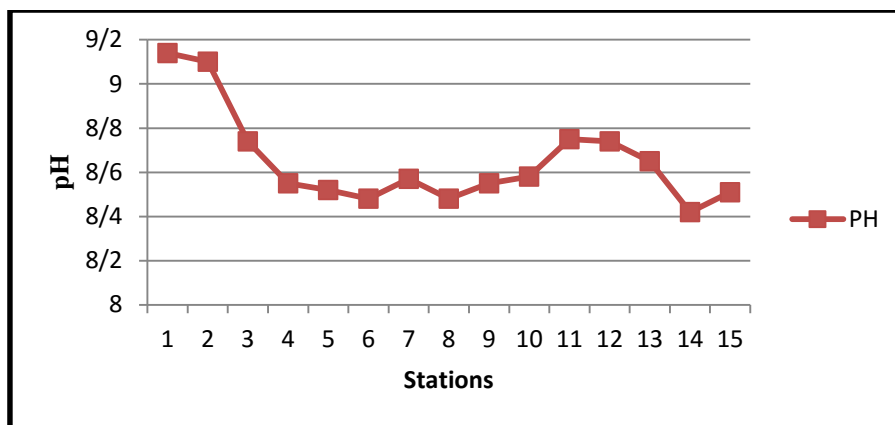
۶-۳- بررسی پارامترهای فیزیکی شیمیایی در آب رودخانه کشکان

در این بخش به بررسی تغییرات فاکتورها و پارامترهای فیزیکی شیمیایی کیفیت آب رودخانه کشکان پرداخته شده و هریک باتوجه به عوامل تاثیرگذار بررسی و تحلیل می‌گردد.

۶-۳-۱- pH

آب رودخانه در تمام طول مسیر در محدوده قلیایی بین ۸/۴۴ تا ۹/۱۴ قرار دارد. pH بالا در منطقه نشان دهنده حضور درصد بالایی از نمک های محلول ناشی از فرسایش و انحلال سازندها بالاخص سازندهای کربناته و تبخیری در آب رودخانه می‌باشد. بطوریکه بیشترین میزان آن در ایستگاههای تحت تأثیر سازندهای کربناته و تبخیری

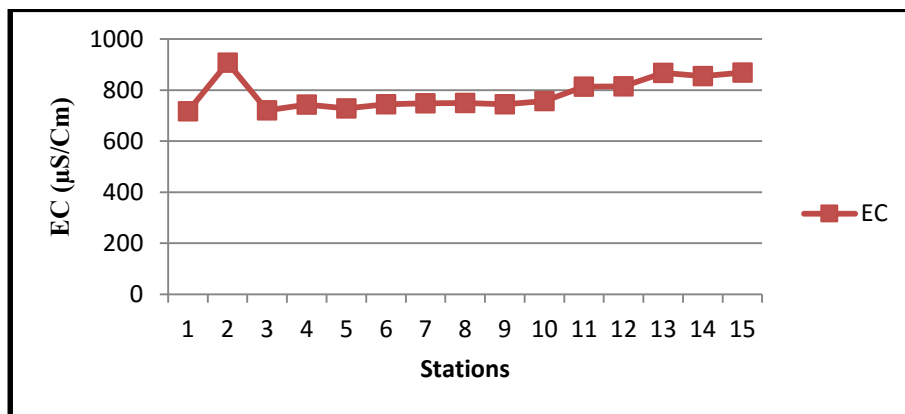
(ایستگاههای ابتدایی و انتهایی منطقه مطالعاتی) و حداقل آن در ایستگاه شماره ۶ بعد از سازند آواری امیران می باشد (شکل ۱-۶).



شکل (۱-۶): تغییرات PH در آب رودخانه کشکان

۲-۳-۶- هدایت الکتریکی (EC)

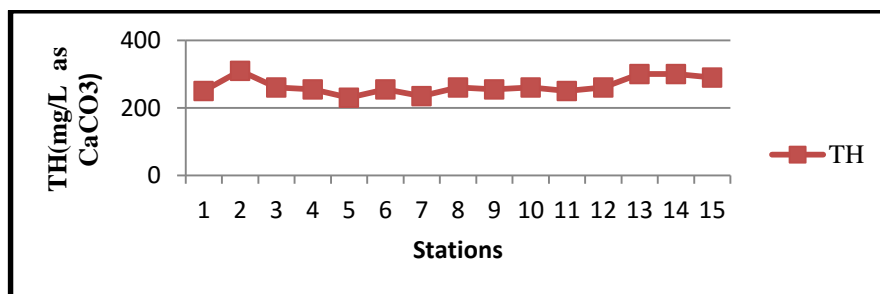
بیشترین میزان هدایت الکتریکی (EC) در ایستگاه های ابتدایی حوضه مخصوصاً ایستگاه شماره (۲) در سرشاخه مادیانرود می باشد که با توجه به عبور رودخانه از سازند گچساران و آسماری قابل توجه است . همانطور که در شکل (۲-۶) مشاهده می شود در ایستگاههای آخر حوضه EC یک روند رو به افزایش نشان میدهد که به علت حساسیت به فرسایش و انحلال رسوبات در سازندها مذکور می باشد. در سازندهای غیر تبخیری ایستگاه های ۳ تا ۱۰ میزان تغییرات هدایت الکتریکی در مقایسه با سایر ایستگاهها کمتر است.



شکل (۶-۲): تغییرات EC(µS.cm) در آب رودخانه کشکان

۶-۳-۳- سختی TH

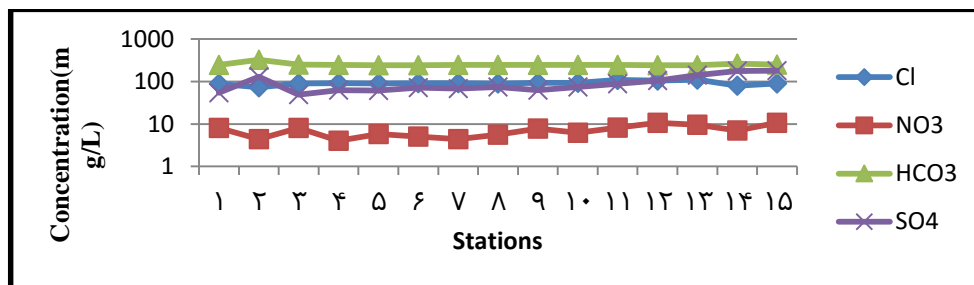
با توجه به استاندارد (۱۰۵۳) ایران میزان سختی آب رودخانه بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ mg/l می باشد که در طبقه بندی آب سخت قرار دارد. البته سرشاخه مادیانرود که تحت تاثیر سازند گچساران قرار دارد بالاتر از این حد بوده (۳۱۰) و در رده آبهای بسیار سخت می باشد. هر جا رودخانه تحت تاثیر رسوبات گچساران و آسماری قرار میگیرد میزان سختی نسبت به ایستگاه های دیگر بالاتر می باشد(شکل ۶-۳).



شکل (۶-۳): تغییرات سختی در آب رودخانه کشکان

۶-۳-۴- غلظت آنیونها

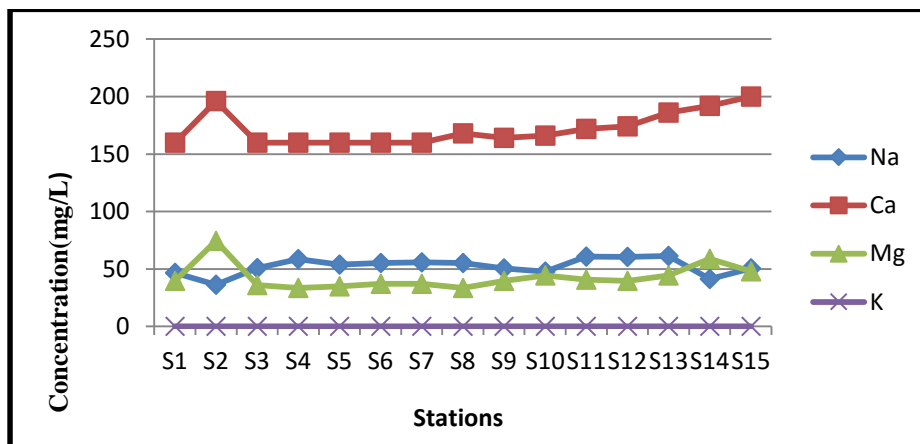
روند تغییرات آنیونها در مسیر رودخانه در شکل ۶-۴ آورده شده است. به طور کلی میزان بیکربنات در آب رودخانه روند یکسانی دارد بطوریکه غلظت بیکربنات در تمام طول مسیر بجز در ایستگاه های ۴ و ۲ تغییرات زیادی نداشته است. در ایستگاه شماره ۲ (سرشاخه مادیانرود) و تا حدودی ایستگاه شماره ۱۴ (رودخانه سیمره) به علت فرسایش و انحلال سازند آسماری بیشترین مقدار کربنات را دارا می باشند. بجز از ایستگاه شماره ۲) در ابتدای حوضه مقدار سولفات، حوضه به سمت انتهای حوضه کشکان روندی صعودی دارد مخصوصاً در ایستگاه های انتهای حوضه که رودخانه تحت تاثیر رسوبات تبخیری گچساران که بیشتر رخنمون دارند قرار می گیرند. به طور کلی میزان سولفات در سازندها و ایستگاه های حدواسط (کربناته و سازندهای آواری) کمتر از ابتدا و انتهای حوضه می باشد. غلظت یون نیترا ت تحت تاثیر کشاورزی منطقه می باشد . آب رودخانه در ایستگاه S₁ و S₃ تحت تاثیر رواناب ناشی از باغات انجیر روستاهای زورانتل و کلات زیودار قرار دارد بطوریکه زهاب ناشی از آبیاری باغات بطور مستقیم وارد رودخانه می شود . در ایستگاه S₂ از تراکم باغات کاسته شده و لیتولوژی تبخیری (کربناته و سولفات) منطقه نیز در کاهش غلظت این یون احتمالاً نقش ایفا می کند. از ایستگاه S₄ تا S₇ از تراکم باغات انجیر و سبزی کاسته شده دلیل این امر بدلیل لیتولوژی و توپوگرافی منطقه می باشد که امکان فعالیت کشاورزی را کاهش داده است، بطوریکه در محل روستای خلیج تنها در یک طرف رودخانه مزارع کشاورزی دیده می شود در ایستگاه S₁₁ (تحت تاثیر فاضلاب شهر پلدختر) غلظت یون نیترا ت نسبت به ایستگاه قبلی خود افزایش یافته است. حداکثر میزان غلظت نیترا ت در ایستگاه S₁₂ می باشد که کشاورزی منطقه در اطراف آن از همه ایستگاههای دیگر از تراکم و تنوع محصولات بیشتری برخوردار می باشد. بطور کلی غلظت آنیونهای کلر، نیترا ت، کربنات زیر حد غلظت استاندارد (WHO 2008) بوده و آب رودخانه از نظر این آنیونها کیفیت خوبی دارد.



شکل (۴-۶): تغییرات غلظت آنیونها در آب رودخانه کشکان

۵-۳-۶- غلظت کاتیونها

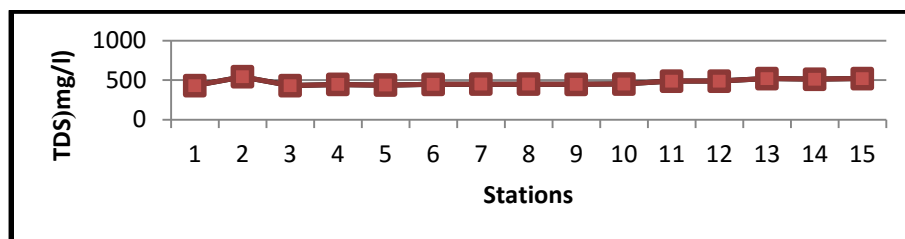
تغییرات غلظت کاتیونها در مسیر رودخانه در منطقه مورد مطالعه در شکل ۵-۶ آورده شده است. تغییرات غلظت یونهای سدیم و کلر در سازندهای تبخیری و اکثر ایستگاه تقریباً روندی مشابه ویکسان از غلظت از خود نشان می دهند (شکل ۶-۵). افزایش غلظت کلسیم در ابتدا و انتهای حوضه را میتوان به افزایش ترکیباتی مانند ژپس، کربنات کلسیم و... حاصل از سازندهای آسماری، گچساران و آجاجاری در رسوبات این ایستگاهها نسبت داد. روند تقریباً یکسان تغییرات کلسیم با سولفات و بیکربنات این مطلب را تایید می نماید. روند تغییرات منیزیم تقریباً با روند تغییرات کربنات هماهنگ می باشد. که نشان از انحلال ترکیبات کربنات منیزیم در رسوبات و ورود آنها به آب می باشد همچنین این روند نشان از منشاء گرفتن این یونها از سازندهای انحلالی گچساران و آسماری - شهبازان دارد. تغییرات پتاسیم بصورت یکنواخت و تغییرات آن در تمامی ایستگاهها تدریجی و نامحسوس است.



شکل (۶-۵): تغییرات غلظت کاتیونها در آب رودخانه کشکان

۶-۳-۶- تغییرات TDS

روند تغییرات TDS در شکل (۶-۶) آورده شده است. بطور کلی از بالادست منطقه به پایین دست منطقه میزان TDS افزایش می‌یابد. حداکثر میزان TDS در ایستگاه‌های که تحت تاثیر سازندهای حساس به فرسایش که هستند (ایستگاه دوم و دهم تا پانزدهم) دیده میشود و حداقل آن در ایستگاه‌هایی که متاثر از سازندهای آواری (ایستگاه اول و سوم تا نهم) میباشد. بطور کلی هرچه سازندها انحلال پذیرتر باشند میزان TDS افزایش میابد. بهمین علت سازند گچساران بیشترین (۵۴۳) TDS را دز نمونه‌های آب ایجاد کرده است.



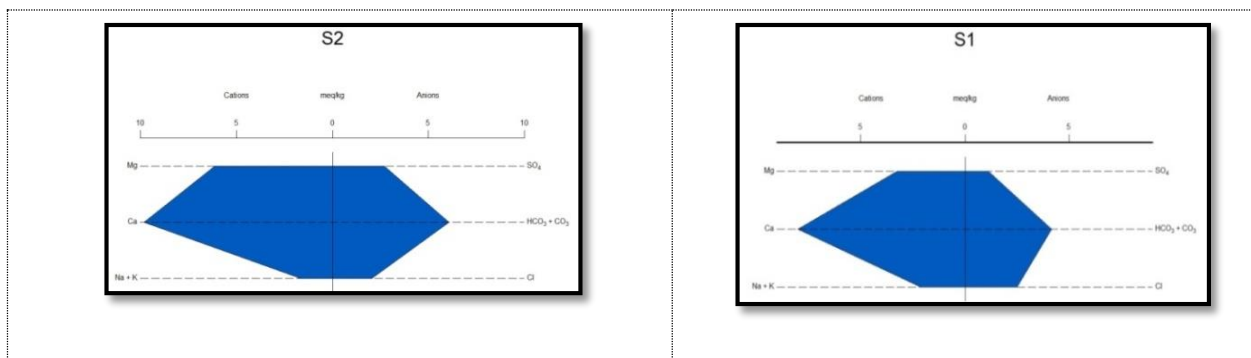
شکل (۶-۶): تغییرات غلظت TDS در آب رودخانه کشکان

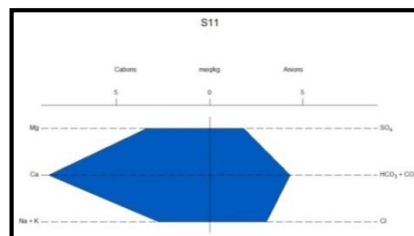
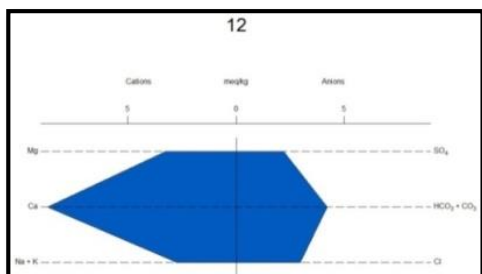
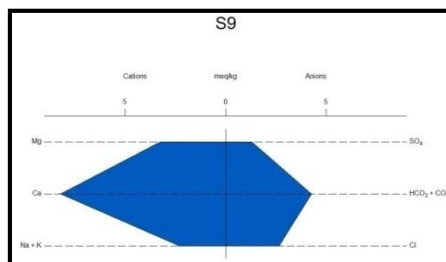
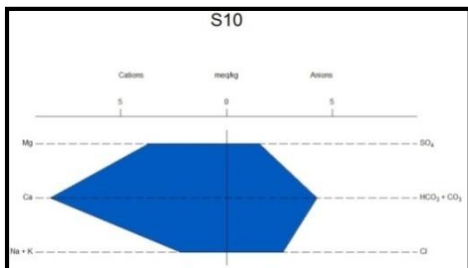
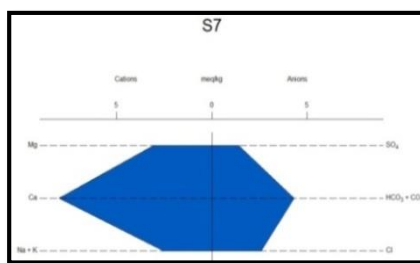
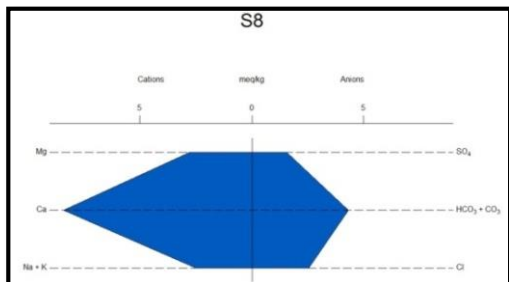
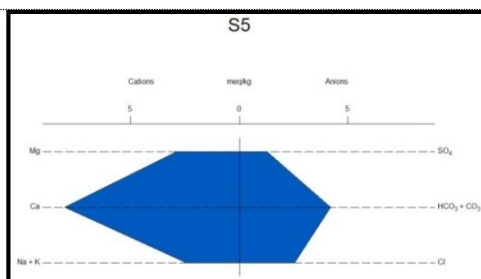
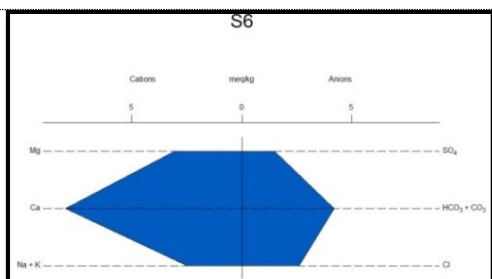
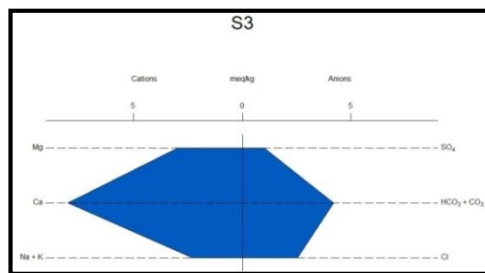
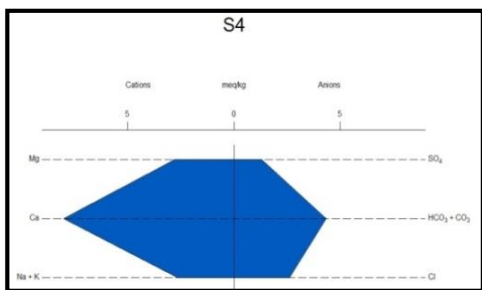
بطور کلی می‌توان گفت که بیشترین اثرات در تغییر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب رودخانه کشکان را سازندهای تبخیری گچساران و کربناته آسماری ایجاد نموده‌اند. در ایستگاه‌های متاثر از سازند تبخیری بین غلظت سدیم با کلر

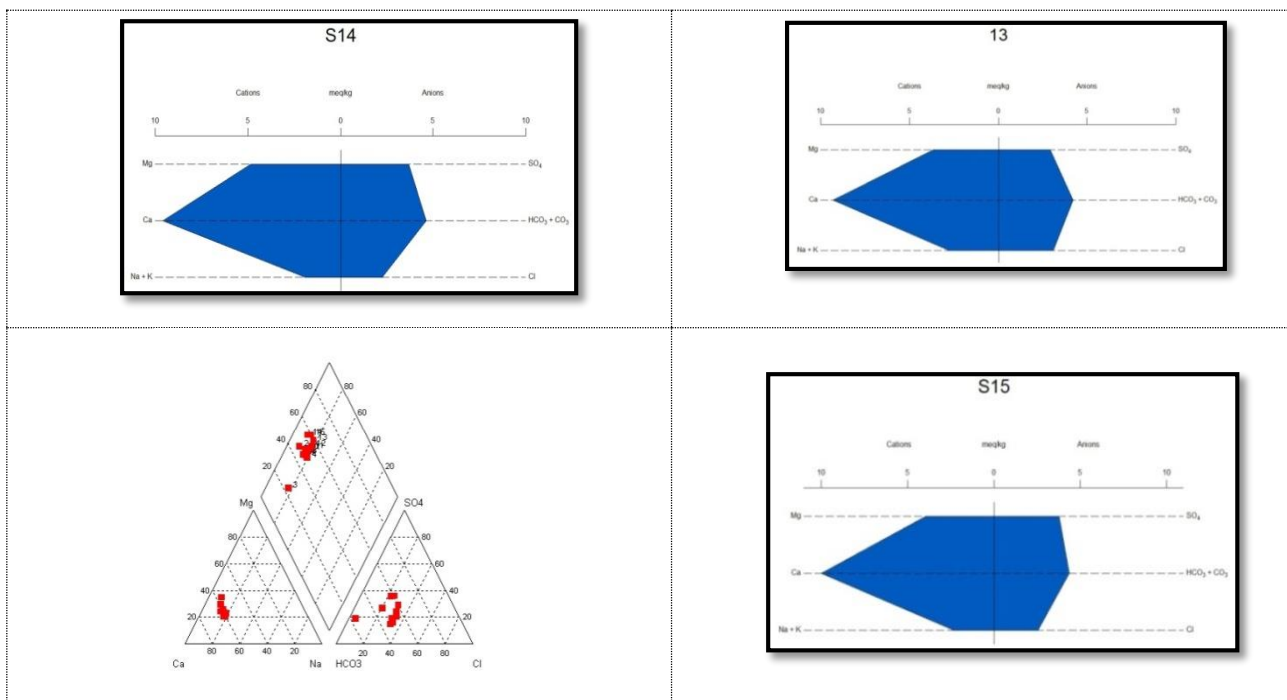
وکلسیم با منیزیم تقریباً رابطه مستقیم وجود دارد که منشا یکسان دارند اما در سازندهای کربناته بین غلظت کلسیم و منیزیم رابطه تقریباً عکس می‌شود. به علت گسترش زیاد سازندهای کربناته و تبخیری درحوضه مورد مطالعه میزان سختی در تمام طول مسیر رودخانه از حداکثر مطلوب استاندارد ۱۰۵۳ بالاتر می‌باشد. سازندهای غیرکربناته (امیران و کشکان) بعلت مقاومت در برابر فرسایش کمترین اثر برکیفیت آب رودخانه کشکان را دارند. اما به علت دبی بالای رودخانه و قدرت خود پالایی رودخانه غلظت آنیونها و کاتیونها در آن به حد آلودگی نرسیده است . به طور کلی سازندهای منطقه به ترتیب اثرگذاری بر پارامترهای فیزیکی شیمیایی درآب رودخانه کشکان شامل الف : و سازندهای کربناته (آسماری- شهبازان و گروه بنگستان) و سازند تبخیری گچساران ، ب : سازندهای آواری (کشکان و امیران) می‌باشند.

۴-۶- تیپ آب در رودخانه کشکان

از نمودار استیف و پایپر (با استفاده از نرم افزار AQQA) برای تعیین تیپ و رخساره آب در ایستگاههای نمونه برداری استفاده گردید همانطور که نمودارهای استیف و پایپر نشان می‌دهند ، تیپ و رخساره آب در تمامی ایستگاهها بیکربنات کلسیک می‌باشد(شکل ۶-۷).







(۶-۷): تیپ آب رودخانه کشکان (نمودارهای استیف) برای هر ایستگاه و نمودار پایپر برای همه ایستگاههای نمونه برداری

۶-۵- شاخص اشباع شدگی در نمونه های آب رودخانه کشکان

شاخص اشباع شدگی کانیهای مختلف موجود در آب رودخانه کشکان باتوجه به نوع عناصر و آنیونها و کاتیونها مورد بررسی در این تحقیق به کمک نرم افزار PHREE QC محاسبه گردید (شکل ۶-۸ و ۶-۹). از میان کانیهای

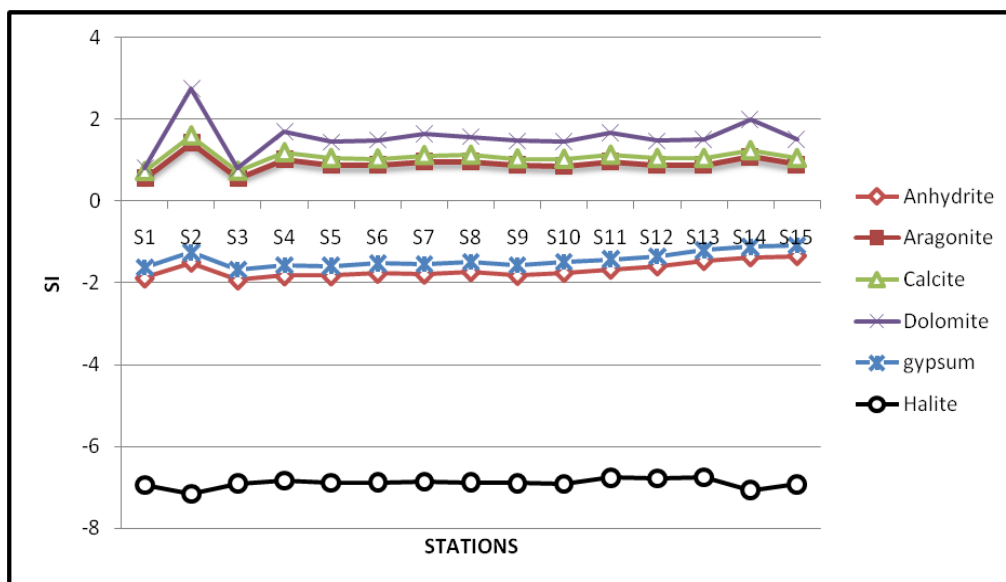
موجود در منطقه کانی کلسیم- منیزیم دار دولومیت دارای بیشترین شاخص اشباع شدگی درمیان سایر کانیها می باشد. آب به ترتیب نسبت به کانیهای دولومیت، کلسیت، آراگونیت فوق اشباع می باشد. مطلب قابل توجه این می باشد که شاخص اشباع شدگی در ایستگاه دوم که نمونه آب برداشت شده از سرشاخه مادیانرود می باشد در مورد تمام کانیها بجز هالیت در مقایسه با ایستگاههای قبل و بعد خود افزایش یافته

است که این امر را می‌توان بدلیل دبی پایین رودخانه در این محل و همچنین نتیجه تاثیر سازندهای گچساران و آسماری بر افزایش غلظت آنیونها و کاتیونها در آب رودخانه دانست (۶-۷).

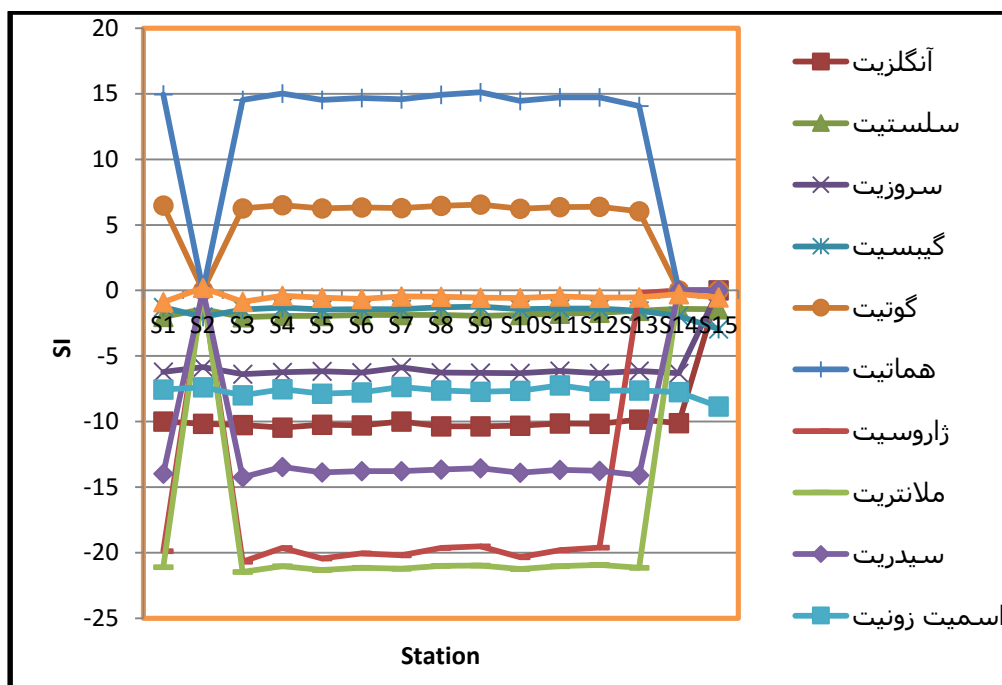
بررسی شاخص اشباع‌شدگی کانیهای اصلی در آب رودخانه کشکان نشان میدهد که آب رودخانه (به استثنای ایستگاه دوم) نسبت به کانیهای آهن دار هماتیت و گوتیت دارای بالاترین ضریب اشباع‌شدگی (فوق اشباع) می‌باشد (شکل ۶-۱۰) که پایین آمدن شاخص ضریب اشباع در ایستگاه دوم برای این کانیها، بدلیل پایین بودن غلظت آهن می‌باشد. بعد از هماتیت و گوتیت، استرونیسیانیت، گیبسیت و سلسیت از بین سایر کانیها دارای ضریب اشباع‌شدگی بیشتری می‌باشند هرچند که آب رودخانه نسبت به این کانیها در حد تحت اشباع قرار دارد.

۶-۶- بررسی تغییرات و پراکنش غلظت عناصر در آب رودخانه کشکان

در این بخش به بررسی و ارزیابی نحوه توزیع و تغییرات عناصر انتخاب شده در ایستگاههای مختلف نمونه برداری از آب رودخانه پرداخته شده و روند تغییرات آنها در آب با رسوبات مقایسه گردیده و جهت انجام این تجزیه و تحلیل از اطلاعات بدست آمده و نمودارها نشان دهنده نحوه حلالیت و گونه های محلول عناصر در pH - Eh های مختلف (شکل ۶-۱۲) استفاده گردیده است.

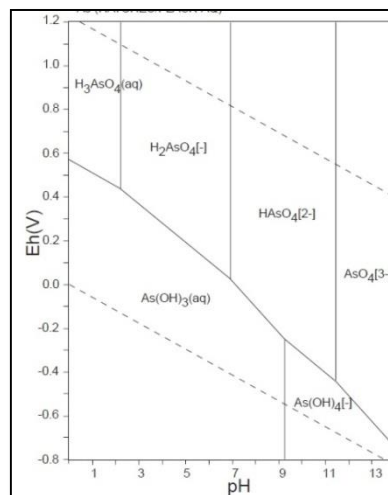
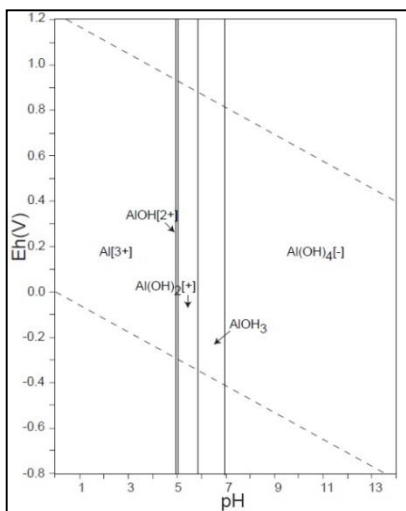


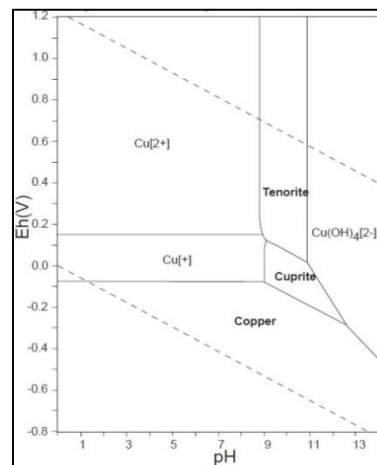
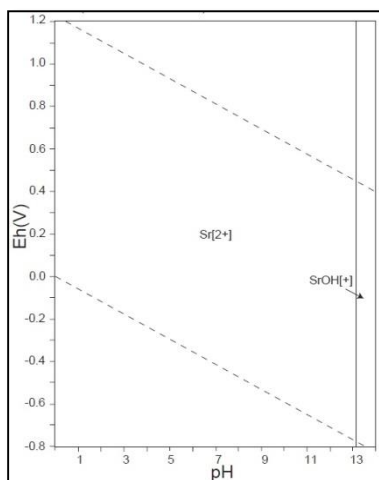
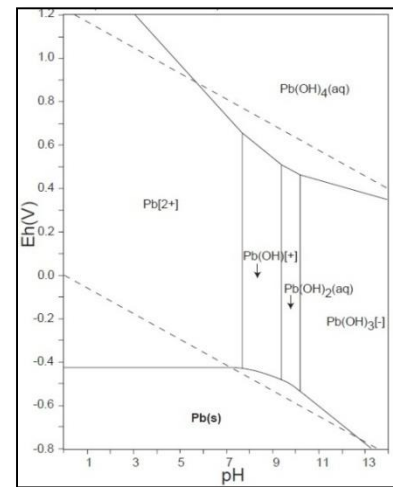
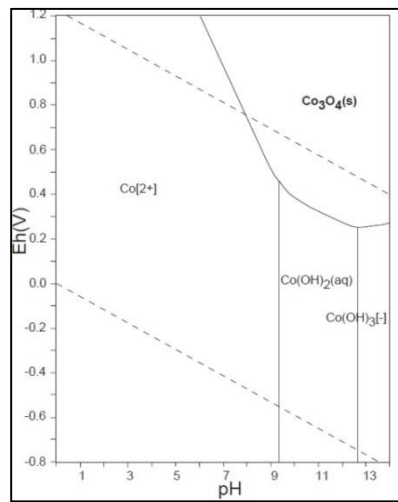
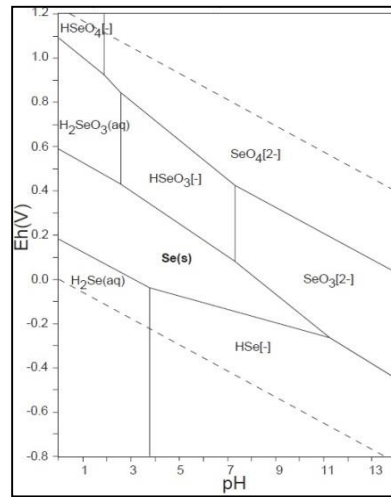
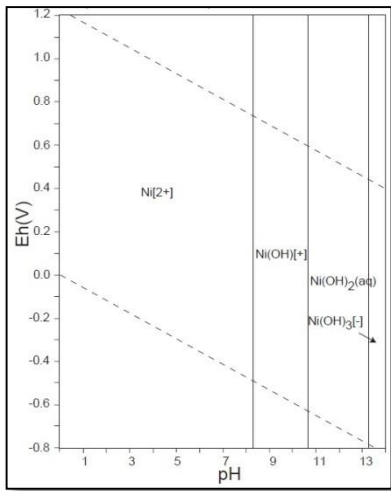
شکل (۶-۸): ضریب اشباع کانیهای حاصل از آنیونها و کاتیونهای اصلی در آب رودخانه

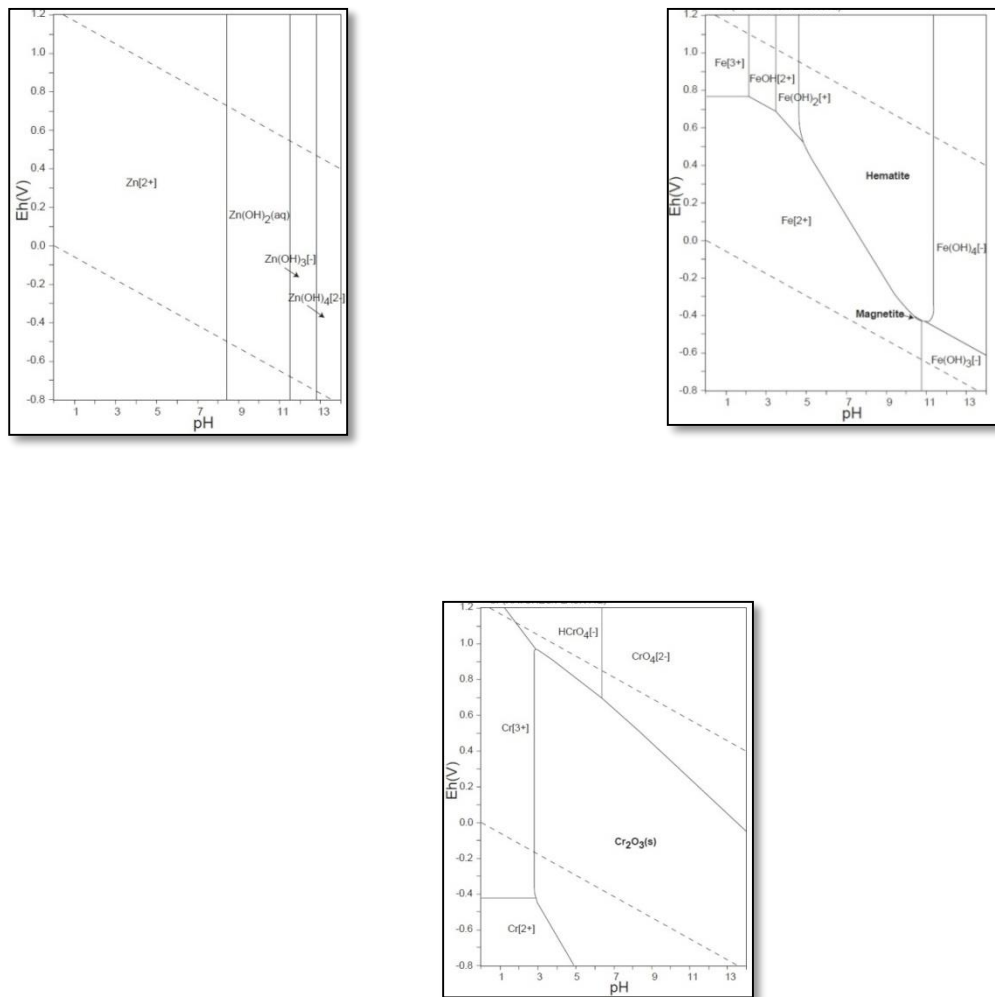


شکل (۶-۹): شاخص اشباع شدگی کانیهای عناصر مختلف در

آب رودخانه







شکل (۶-۱۰): نمودارهای Eh - pH عناصر مورد بررسی (Takeno 2005)

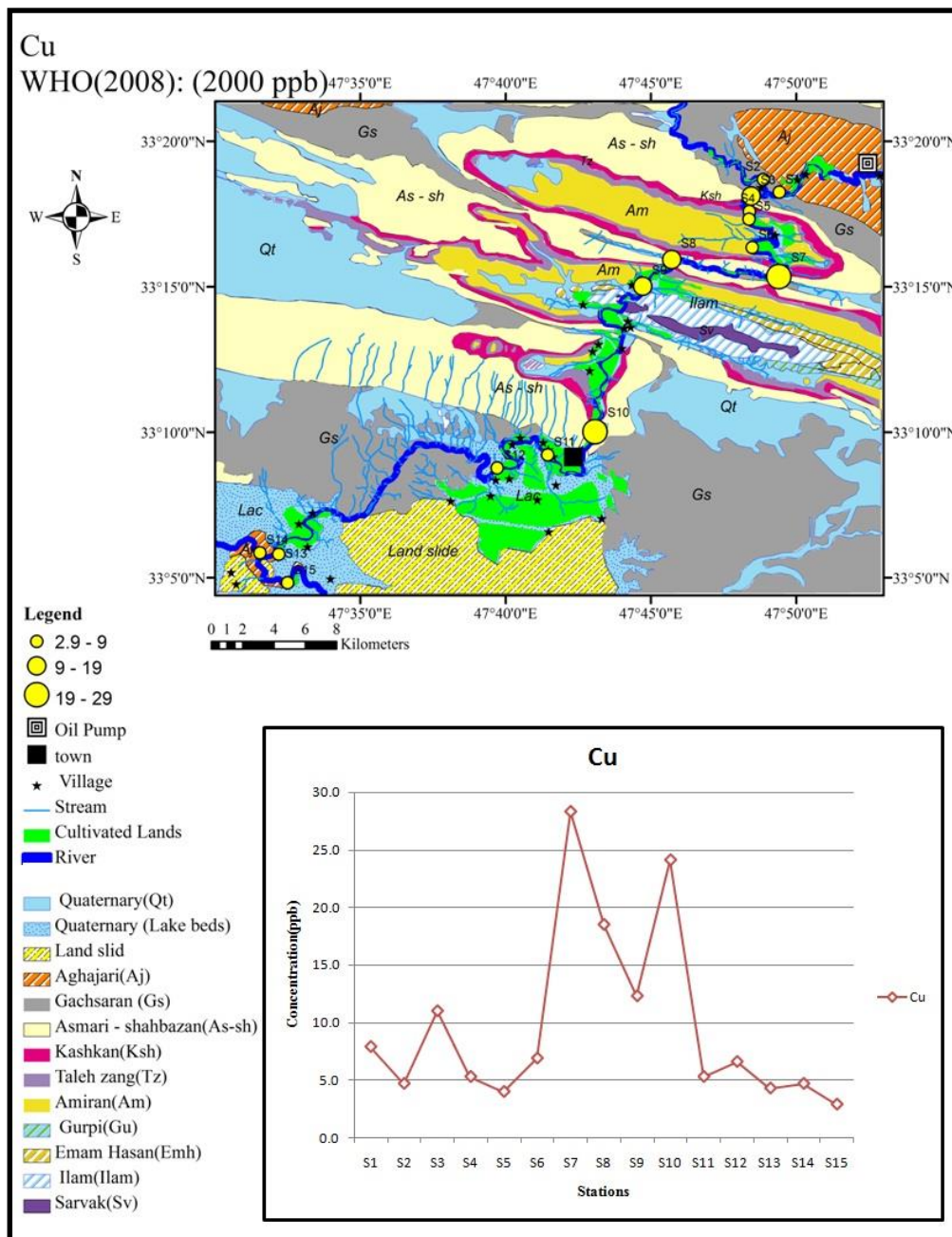
۶-۶-۱- مس (Cu)

غلظت عنصر مس در تمامی ایستگاههای نمونه برداری بسیار پایین تر از استاندارد WHO 2008 (2000 ppb) است (شکل ۶-۱۳). در نمودار Eh-pH مس در pH بین ۸ - ۹,۵ (شکل ۶-۱۲) بیشتر

بصورت تنوریت (Tenorite) دیده می‌شود که در این حالت انحلال پذیری مس بسیار پایین می‌باشد. این امر می‌تواند دلیلی بر پایین بودن غلظت مس در آب برداشت شده از رودخانه در کلیه ایستگاهها باشد. همچنین این امر باعث گردیده که روند تغییرات مس در رسوب و آب یکسان نباشد و امکان آزاد سازی مس از رسوب به آب بسیار پایین باشد. مس در رسوبات ایستگاههای هفتم و دهم نسبت به ایستگاههای قبلی کاهش یافته و بالعکس در آب این ایستگاهها غلظت عنصر نسبت به ایستگاههای قبلی افزایش یافته است. بطوریکه غلظت مس در ایستگاه هفتم که بعد از مزارع کشاورزی (ابتدای ناودیس فشرده آسماری و تنگه پلدختر) و در واقع کاملاً تحت تاثیر پساب کشاورزی قرار دارد، به حداکثر مقدار خود (28/2ppb) می‌رسد. این امر نشان از تاثیر گذاری بیشتر فعالیتهای بشرزاد(کشاورزی) نسبت به شرایط زمین شناسی منطقه در غلظت مس و نحوه پراکنش آن در آب رودخانه دارد.

۶-۲- آلومینیوم (Al)

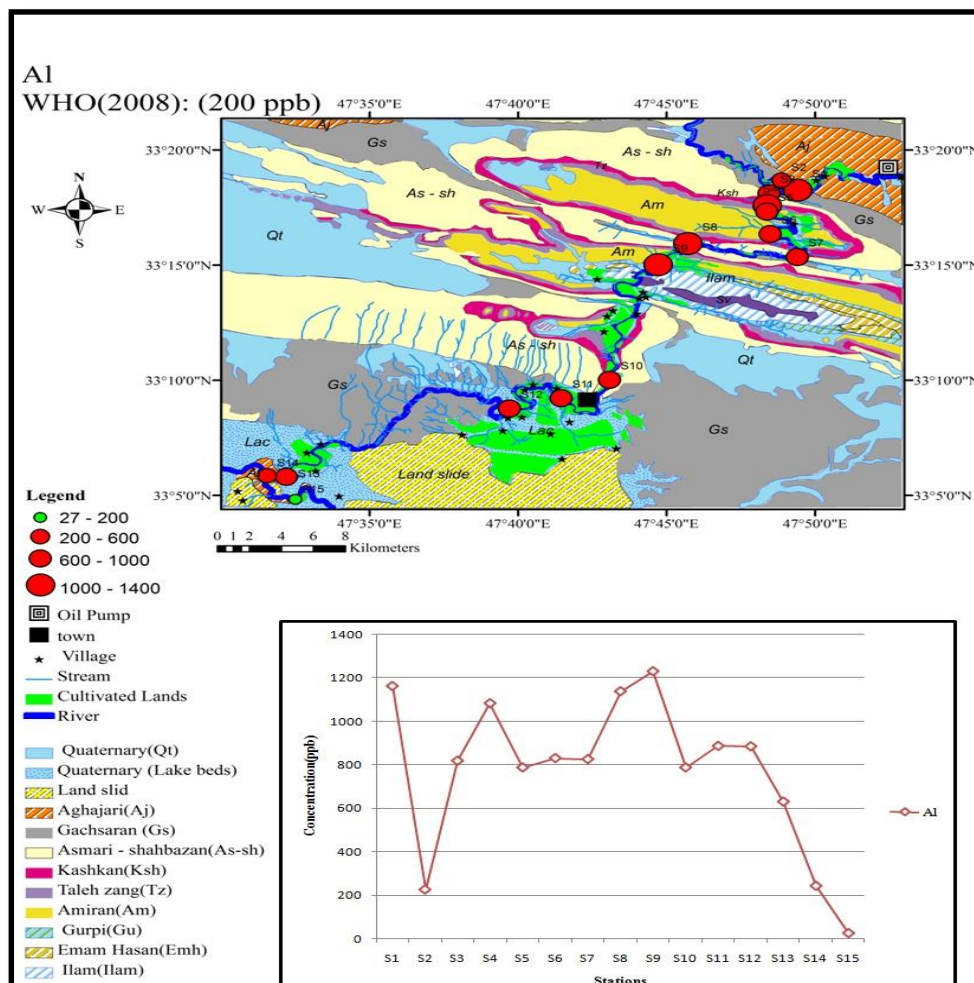
غلظت عنصر آلومینیوم در همه ایستگاههای نمونه برداری بغیر از ایستگاه آخر بالاتر از استاندارد WHO 2008 (200 ppb) می‌باشد (شکل ۶-۱۴). این عنصر با آهن (۰/۹۸) و نیکل (۰/۹۶)، کبالت (۰/۸۸) و با عنصر روی (۰/۵۴) همبستگی مثبت نشان میدهد (جدول ۶-۳). این عنصر در ایستگاههای تحت تاثیر سازندهای تبخیری مانند سازند گچساران (ایستگاه دوم) کمترین غلظت ها را نشان میدهد اما بطور کلی در ایستگاههای حدواسط (سوم تا نهم) بالاترین غلظتها را از خود نشان میدهد. آلومینیوم موجود در رودخانه با توجه به pH بیشتر بصورت $Al(OH)_4^-$ می‌باشد (شکل ۶-۱۲).



شکل (۶-۱۱): تغییرات غلظت مس در آب رودخانه کشکان

روند تغییرات غلظت آلومینیوم در رسوبات (شکل ۵-۱۶) منطقه تقریباً با روند تغییرات آن در آب هماهنگی دارد بطوریکه در ایستگاههای دوم، دهم و چهاردهم کاهش غلظت آلومینیوم در رسوب و آب

نسبت به ایستگاههای قبلی خود دیده می‌شود. لذا با توجه به کلیه موارد ذکر شده به احتمال قوی منشاء آلومینیوم در آب منطقه، زمین‌زاد می‌باشد.

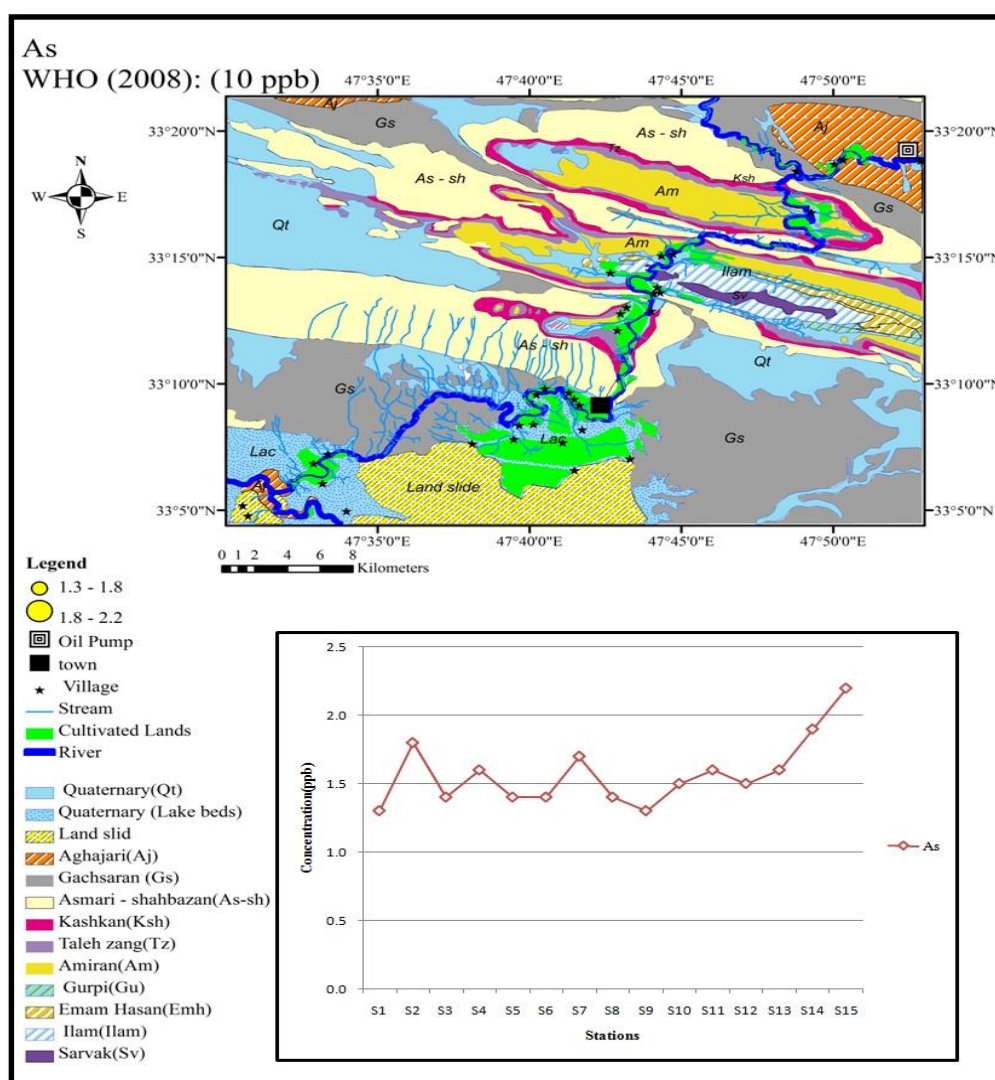


شکل (۶-۱۲): تغییر غلظت آلومینیوم در رودخانه کشکان

۶-۶-۳- آرسنیک (As)

بطور کلی غلظت عنصر آرسنیک در آب رودخانه کم می‌باشد و آب رودخانه به آرسنیک آلوده نیست اما بطور کلی به سمت ایستگاههای مطالعاتی افزایش غلظت نشان میدهد (شکل ۶-۱۵). از مهمترین عوامل انحلال پذیری آرسنیک در آب ترکیبات کلسیم است (Bradl 2005) و این عنصر با کلسیم نیز در آب

رودخانه کشکان بالاترین (۰/۸۷) همبستگی را نشان میدهد. در محدود pH منطقه ترکیبات آرسنیک در آب بیشتر بصورت آرسنات (HAsO_4^{2-}) می باشد (شکل ۶-۱۲). از آرسنات کلسیم سالهاست که بعنوان آفت کش، حشره کش در کشاورزی استفاده می شود (Badruzzaman et al 2004). لذا همبستگی بالای آرسنیک در آب با کلسیم در منطقه را میتوان به آرسنیک استفاده شده در علف کش ها و سموم کشاورزی نسبت داد.

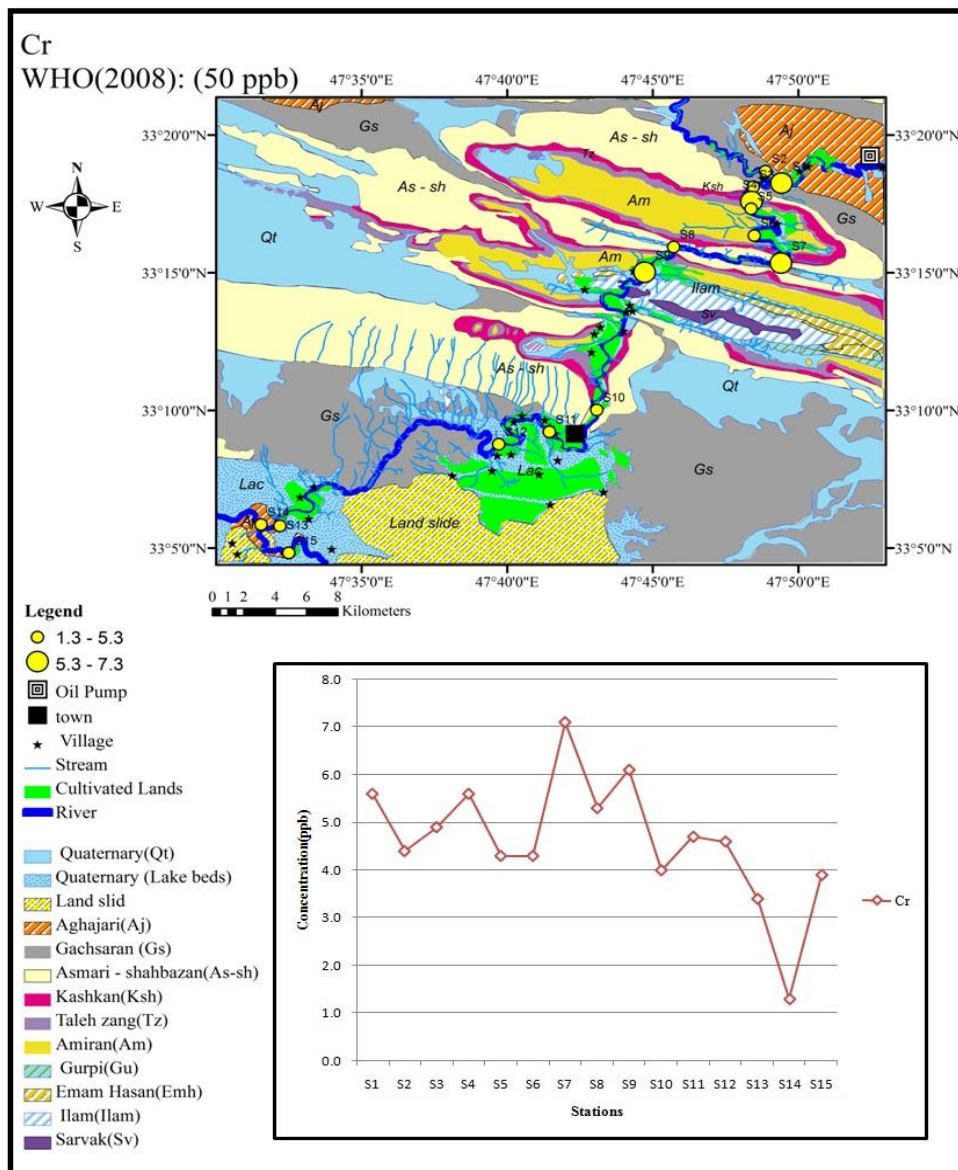


شکل (۶-۱۳): تغییر غلظت آرسنیک در رودخانه کشکان

افزایش غلظت آرسنیک در رسوب (شکل ۵-۱۱) و آب در ایستگاههایی که بیشتر تحت تاثیر کشاورزی قرار گرفته‌اند (هفتم و یازدهم) را میتوان دلیلی بر تاثیر فعاليت کشاورزی در روند تغییرات غلظت آرسنیک در آب و رسوب رودخانه و همچنین تاکیدي بر منشاء احتمالی بشرزاد(فعاليت کشاورزی) آرسنیک رودخانه دانست. همچنین همبستگی مثبت بالای آرسنیک با EC (۰/۷۵) نشان از غالبیت حضور آرسنیک بصورت محلول در آب و تاکیدي بر این مطلب می‌باشد که احتمالاً آرسنیک بصورت محلول (پساب کشاورزی) وارد آب منطقه شده است.

۶-۶-۴- کروم (Cr)

غلظت کروم در تمامی ایستگاههای نمونه برداری پایین تر از استاندارد (WHO 2008) یعنی ۵۰ ppb می‌باشد. حداکثر غلظت این عنصر در ایستگاههای هفتم و نهم می‌باشد که تحت تاثیر سازندهای امیران و کشکان می‌باشد (شکل ۶-۱۶). کروم با آهن (۰/۶۹) و نیکل (۰/۶۲) حداکثر همبستگی مثبت را نشان میدهد. فرمهای محلول کروم (۳) با بالا رفتن $pH = 5/4$ مستعد رسوب می‌گردد (Bradl 2005). باتوجه به دیاگرام Eh-pH کروم این در pH های قلیایی بیشتر بصورت $Cr_2O_3(s)$ می‌باشد و رسوب می‌کند و یا در شرایط اکسیدان بصورت کروم محلول و یون CrO_4^{2-} در آب وجود دارد. بنابراین تمایل این عنصر در رسوبگذاری در pH های قلیایی منطقه، موجب کاهش غلظت ورود این عنصر به آب رودخانه کشکان گردیده و غلظت کروم در آب رودخانه در منطقه مورد مطالعه را در حد پایین نگاه داشته است. بطور کلی میتوان گفت که با توجه به مطالب ذکر شده و هماهنگی روند تغییرات کروم در رسوبات و آب می‌توان منشأ احتمالی آن را واحدهای زمین شناسی منطقه (سازندهای کشکان و امیران) دانست. عدم ارتباط مشخص کروم با EC و همبستگی مثبت کروم با آهن، آلومینیوم و نیکل تاییدی بر منشأ زمین-زاد کروم است.



شکل (۶-۱۴): تغییر غلظت کروم در رودخانه کشکان

۶-۶-۵- آهن (Fe)

آهن در تمامی ایستگاهها بغیر از ایستگاههای دوم، چهاردهم و پانزدهم غلظت بیشتری نسبت به حد استاندارد WHO 2008، ۳۰۰ ppb نشان میدهد (شکل ۶-۱۷). این ایستگاهها (دوم، چهاردهم و پانزدهم) بیشتر تحت تاثیر سازندهای تبخیری و یا آهکی منطقه یا رسوبات دانه ریز عهد حاضر میباشند و احتمال

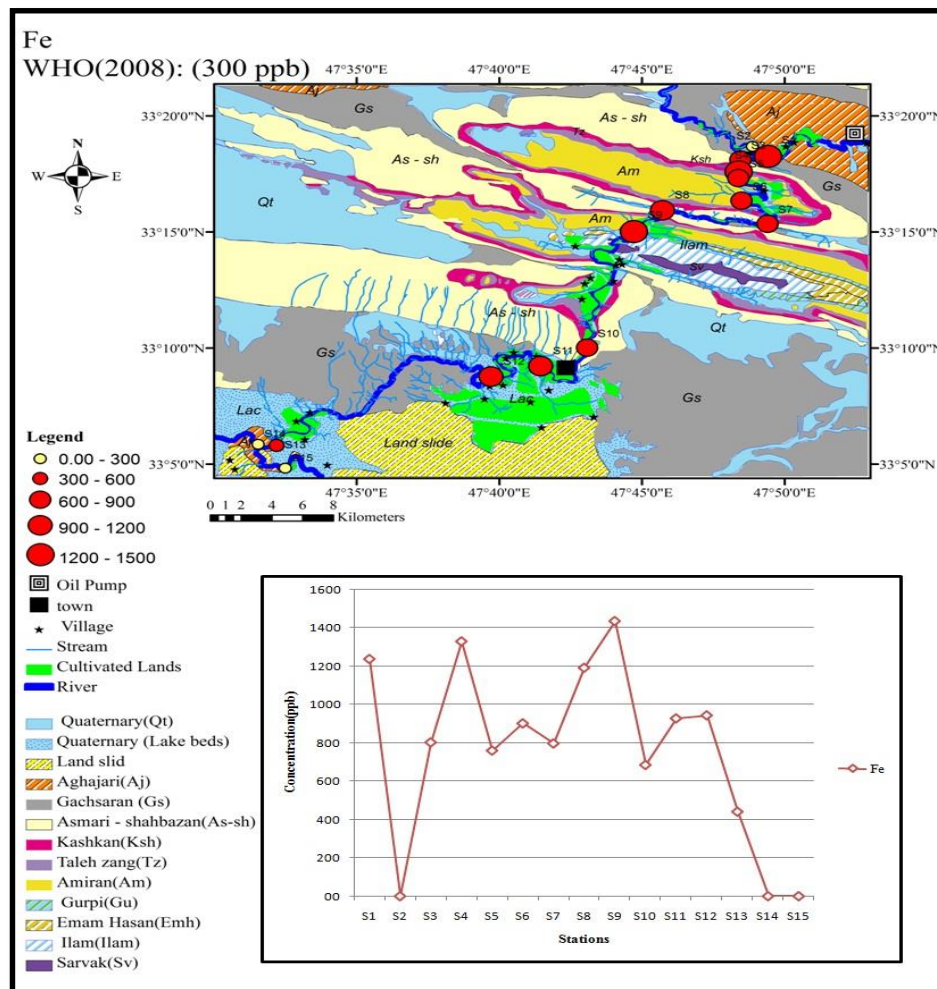
آزاد

سازی آهن از این سازندها در آب خیلی پایین تر از سایر سازندهای منطقه است. بیشترین غلظت آهن در ایستگاه چهارم و نهم که بعد از رخنمون سازند کشکان که سازندی با ترکیبات مختلف آهن (هماتیت و ... (آقناباتی ۱۳۸۴) می باشد، دیده می شود. البته سازند امیران نیز با توجه به جنس خرده سنگهای آذرین موجود در آن (مافیک و الترامافیک و...) (پیریایی ۱۳۷۵) نیز از سازندهای حاوی آهن می باشد که بعد از رخنمون این سازند باعث بالا رفتن غلظت آهن در ایستگاه نهم شده است. فوق اشباع بودن آب رودخانه نسبت به کانیهای هماتیت و گوتیت و رنگ آب (زرد مایل به قهوه ای) در منطقه موید بالا بودن غلظت آهن در منطقه مورد مطالعه می باشد. در دیاگرام Eh-pH آهن (شکل ۶-۱۲) ترکیب غالب آهن در pH های بین ۸-۹/۵ غالباً بصورت هماتیت است. همچنین همبستگی مثبت بالای آهن با آلومینیوم (۰/۹۸) و ارتباط روند تغییرات آهن با سازندهای منطقه (در بالا ذکر شد) تأکیدی بر منشأ احتمالی زمین زاد این عنصر می باشد.

۶-۶-۶ نیکل (Ni)

غلظت عنصر نیکل در آب رودخانه کشکان کمتر از استاندارد WHO 2008 (۷۰ ppb) می باشد (شکل ۶-۱۸). همانطور که قبلاً بیان گردید عنصر نیکل همبستگی بالایی با آهن (۰/۹۲) کبالت (۰/۹۴) دارد که میتوان دلیل این امر را در منشاء یکسان این عناصر دانست که با توجه به لیتولوژی سازندهای آواری کشکان و امیران و هوازدگی خرده سنگهای آذرین پریدوتیتی و... موجود در آنها این امر قابل توجیه خواهد بود (شهاب پور ۱۳۸۴) قابل توجیه می باشد. با توجه به دیاگرام Eh-pH (شکل ۶-۱۲) در محدوده pH معادل ۸ - ۹/۵، نیکل بصورت $Ni(OH)^+$ و یا Ni^{2+} محلول می باشد. غلظت نیکل در ایستگاههای پایین دست کاهش می یابد که احتمالاً می تواند بدلیل کاهش غلظت این عنصر در لیتولوژی منطقه باشد. بطور کلی با توجه به غلظت کم این عنصر در آب و کاهش غلظت آن از بالادست به پایین

دست منطقه و تشابه روند تغییرات نیکل در رسوب و آب منشا نیکل به واحدهای زمین شناسی منطقه مربوط باشد.



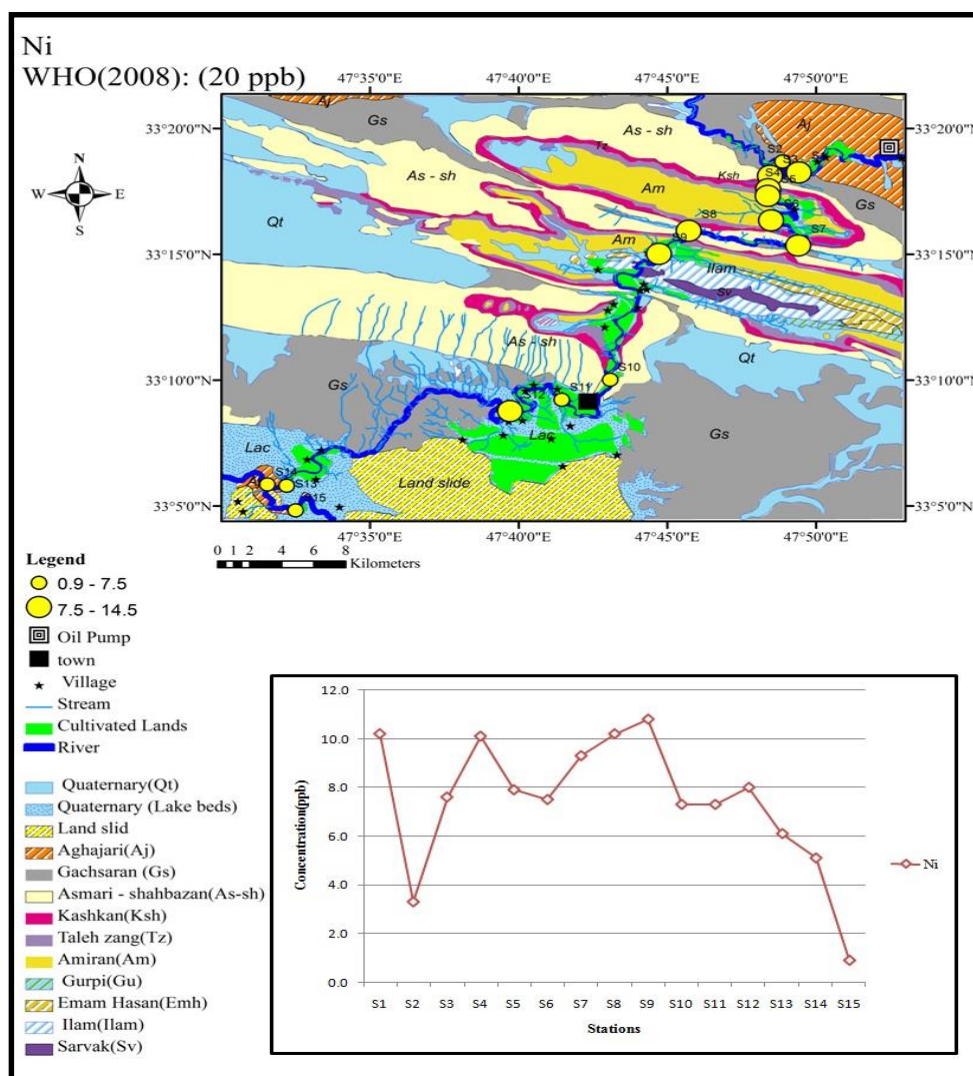
شکل (۶-۱۵): تغییر غلظت آهن در رودخانه کشکان

۶-۶-۷- روی (Zn)

غلظت روی در تمامی ایستگاههای نمونه برداری پایین تر از حد مجاز استاندارد WHO 2008 (ppb) ۵۰۰۰ می باشد (شکل ۶-۱۹). غلظت این عنصر در آب رودخانه کشکان بسیار پایین بوده و حداکثر مقدار آن در ایستگاه اول و یازدهم می باشد که میتوان آن را به تاثیر منابع آلاینده بالادست ایستگاهها مربوط

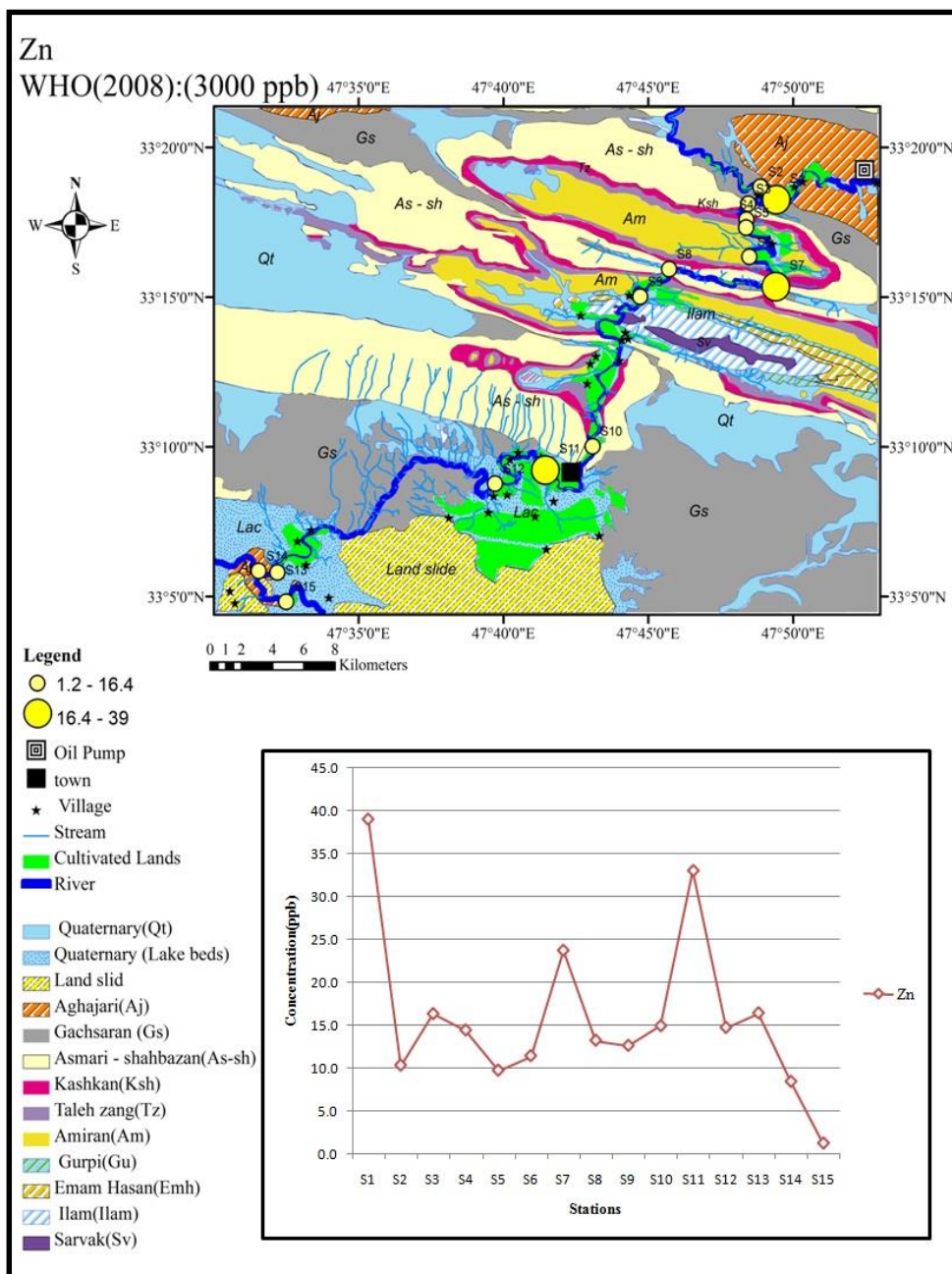
دانست. بطوریکه ایستگاه اول تحت تاثیر آلایندهای نفتی است. سایش تاپر خودروها، و کود شیمیایی از مهمترین منابع بشر زاد ورود روی به محیط زیست می باشند (Bradl 2005). بعد از ورود فاضلاب

شهرستان پلدختر به رودخانه کشکان غلظت روی در آب رودخانه کشکان افزایش می یابد. یکی از مهمترین عوامل ورود روی به آب رودخانه (ایستگاه هفتم) میتوان جاده خرم آباد پلدختر باشد که از کنار رودخانه عبور میکند. در محیط های آهکی و قلیایی، در دسترس نبودن روی بدلیل جذب شدن آن توسط کربناتها، ته نشین بصورت اکسیدها یا کربنات های روی، و همچنین کم بودن غلظت روی در ترکیبات آهکی و قلیایی و تبخیری را میتوان دلیل کم بودن غلظت روی در رسوبات و آب رودخانه دانست (Bradl 2005).



شکل (۶-۱۶): تغییر غلظت نیکل در رودخانه کشکان

در محدوده pH معادل ۸ - ۹/۵ روی در آب بصورت $Zn(OH)^+$ و یا Zn^{2+} محلول احتمالی می باشد که بیشتر بصورت ترکیب $Zn(OH)^+$ دیده می شود. بنابراین بطور کلی با توجه به مطالب ذکر شده، منشاء روی در آب منطقه را بیشتر میتوان به فعالیت های بشر زاد مربوط دانست.



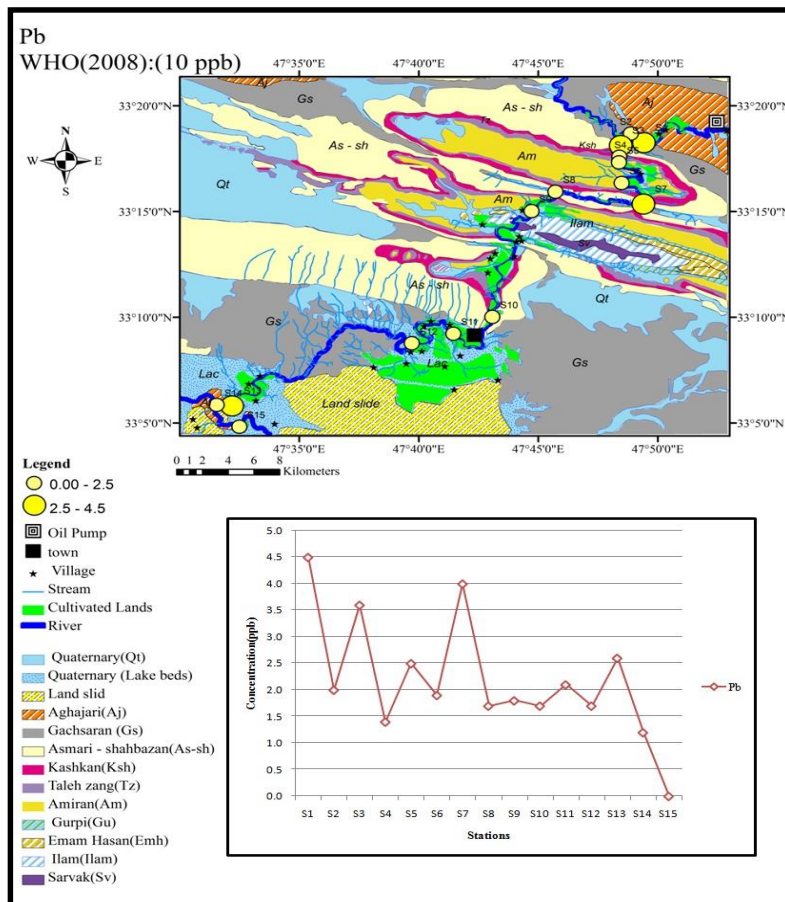
شکل (۶-۱۷): تغییر غلظت روی در رودخانه کشکان

۶-۶-۸-سرب(Pb)

غلظت سرب در محیط های آبی بخصوص آب رودخانه ها بیشتر به pH و نمکهای محلول در آب بستگی دارد (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). غلظت سرب در تمامی ایستگاههای نمونه برداری پایین تر از استاندارد WHO 2008، (10 ppb) می باشد (شکل ۶-۲۰). تغییرات عنصر سرب بسیار نامنظم بوده، و این عنصر با روی (۰/۷۳) همبستگی مثبت دارد. غلظت بالای سرب در آب ایستگاه اول همانند رسوب (شکل ۵-۱۷) تحت تاثیر تلمبه خانه نفت می باشد که نسبت به سایر ایستگاهها از غلظت بالایی برخوردار می باشد. در ایستگاه هفتم بالارفتن سرب شاید بدلیل نزدیک بودن رودخانه به جاده خرم آباد - پلدختر و و اثر ب حمل و نقل جاده ای باشد. همچنین در ایستگاه سوم نیز که جاده و رودخانه از تنگه عبور میکند در نزدیکترین حالت ممکن نسبت به هم قرار دارند غلظت سرب در آب نسبت به ایستگاه ما قبل خودش افزایش نشان می دهد. در دیاگرام Eh - pH، (شکل ۶-۱۲) و در pH های بین ۸ - ۹,۵ سرب بیشتر بصورت $pb(OH)^+$ در آب دیده می شود. با توجه به مطالب ذکر شده روند تغییرات سرب در آب را بیشتر عوامل بشرزاد کنترل می نمایند.

۶-۶-۹- سلنیوم (Se)

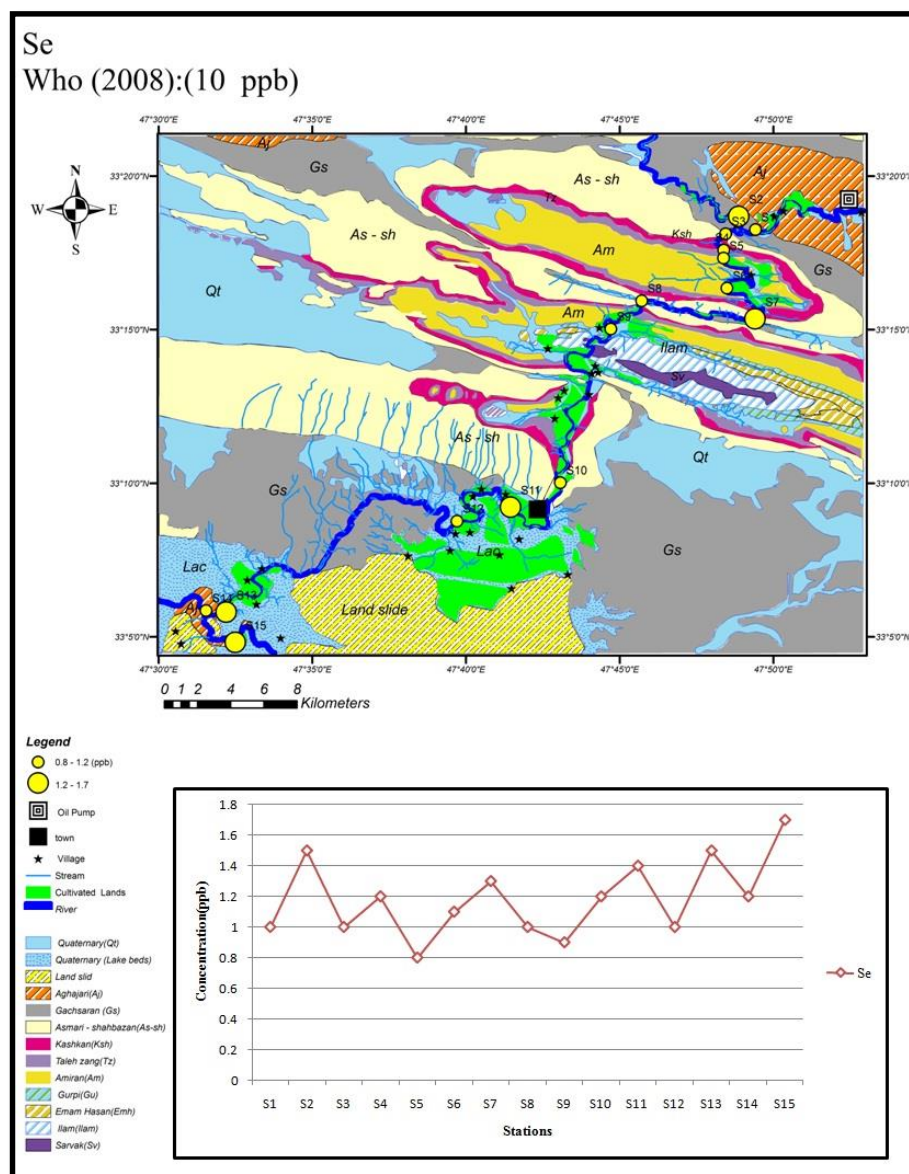
غلظت سلنیوم در تمامی ایستگاههای نمونه برداری بسیار پایین تر از حد مجاز استاندارد WHO 2008 (10 ppb) می باشد (شکل ۶-۲۱). غلظت کم و تغییرات کم آن در کل منطقه نشان دهنده منشا زمین زاد این عنصر می باشد. بطور کلی در ایستگاههای تحت تاثیر رخنمون سازند گچساران (حاوی ژئپس و انیدریت و انواع نمکها) Se بیشترین غلظت را از خود نشان میدهد (ابتدا و انتهای منطقه مطالعاتی). Eh-pH سلنیوم (شکل ۶-۱۲) نشان میدهد که در pH های معادل ۸ - ۹/۵ سلنیوم بیشتر بصورت SeO_3^{2-} و SeO_4^{2-} در آب دیده می شود.



شکل(۶-۱۸): تغییر غلظت سرب در رودخانه کشکان

۶-۱۰- کبالت (Co)

کبالت در تجمعات هیدروکسیدهای آهن و منگنز قابل شناسایی است و در محیط قلیایی در برابر حلالیت مقاوم بوده اما در شرایط اسیدی قابلیت حل شدن دارد (عابدینی و همکاران ۱۳۷۵). عنصر کبالت در آب رودخانه کشکان غلظت بالائی ندارد و روند تغییرات آن با روند تغییرات عناصر نیکل و آهن هماهنگ می باشد (شکل ۶-۲۲). و بدلیل موارد ذکر شده و همراه بودن در سنگهای الترامافیک (شهاب پور ۱۳۸۴) میتوان احتمالاً منشا این عناصر را به هوازدگی و فرسایش و انحلال سنگهای بازیک و الترامافیک موجود در سازندهای آواری (امیران و کشکان) منطقه مربوط دانست. باتوجه به دیاگرام Eh - pH در pH های بین ۸-۹/۵ عنصر کبالت در آب بصورت Co^{2+} محلول می باشد.

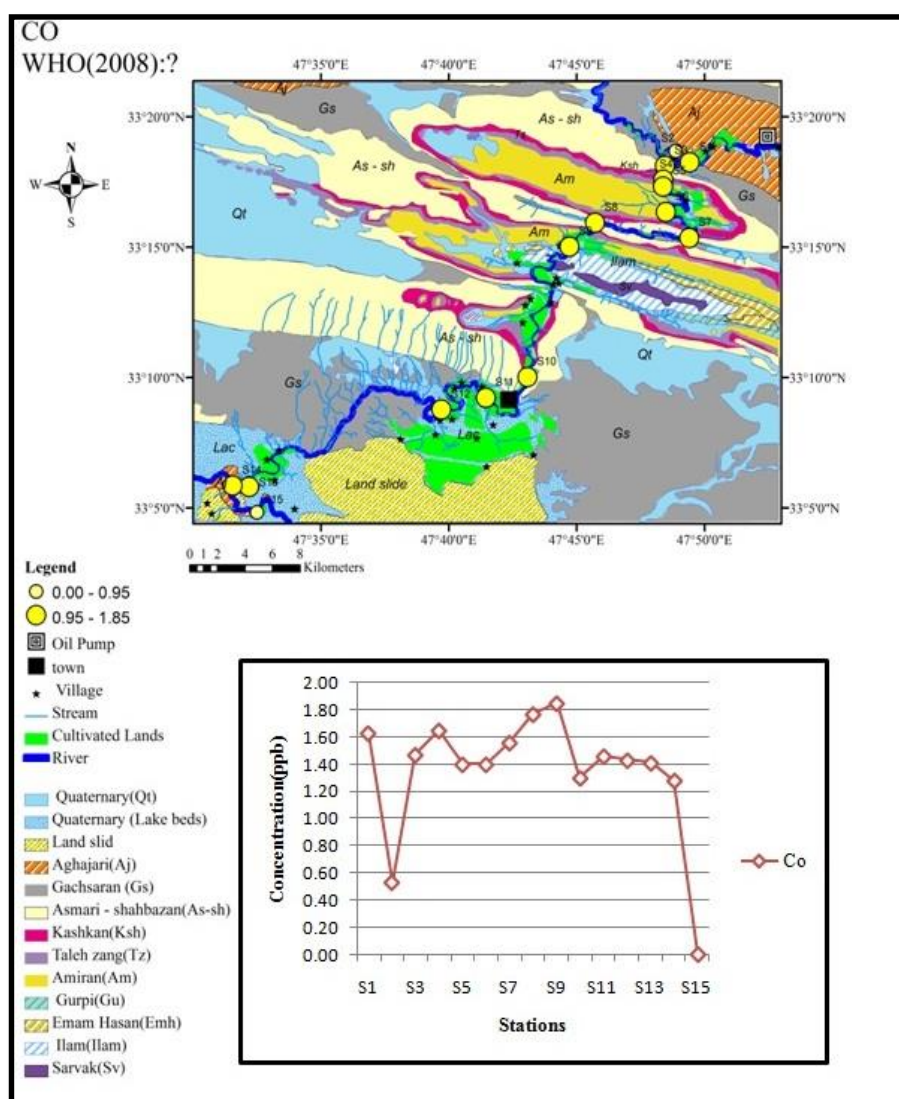


شکل (۶-۱۹): تغییر غلظت عنصر سلنیوم در رودخانه

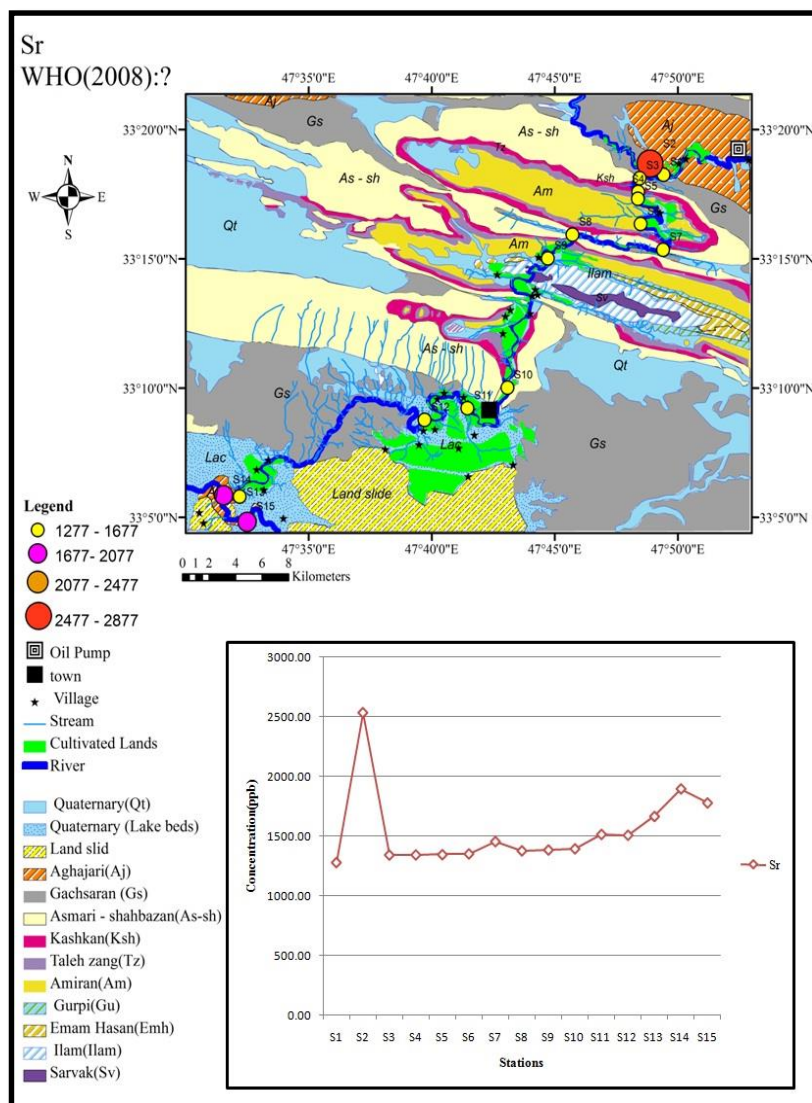
۶-۶-۱۱- استرانسیوم (Sr)

بالترین غلظت این عنصر در ایستگاه دوم که تحت تاثیر سازند گچساران و آسماری قرار دارد دیده می-شود(شکل ۶-۲۳). این امر شاید بدلیل تشابه عنصری استرانسیوم با کلسیم است که موجب جایگزینی و سپس افزایش انحلال و غلظت این عنصر در آب گردیده است. بطور کلی از ایستگاه اول به سمت آخرین ایستگاه بطور تدریجی بر میزان غلظت این عنصر افزوده می شود که میتواند بدلیل افزایش سطح سازندهای

آهکی و تبخیری منطقه که حاوی کلسیم و استرانسیوم می‌باشند بوده باشد. باتوجه به دیاگرام Eh – pH در pH های مختلف رودخانه کشکان عنصر استرانسیوم در آب بصورت Si^{2+} وجود دارد. همبستگی مثبت و بالای استرانسیوم با EC (۰/۸۷)، کلسیم (۰/۸۴)، کربنات (۰/۸۸) و بی کربنات (۰/۶۰) نشان از حضور استرانسیوم بصورت محلول در آب و منشاء زمین زاد این عنصر و جایگزینی آن بجای کلسیم در سازندهای است.



شکل (۶-۲۰): تغییر غلظت کبالت در رودخانه کشکان



شکل (۶-۲۱): تغییر غلظت استرانسیوم در رودخانه

۶-۷- بررسی شاخص فلزی در (MI) آب رودخانه

در مطالعه کیفیت آب رودخانه از شاخص فلزی (MI) استفاده گردید. این شاخص و از رابطه زیر بدست

می آید (Baniasadi et al 2011):

رابطه (۶-۱)

$$MI = \sum_{i=1}^n \frac{Ci}{(MAC)_i}$$

Ci : غلظت هر عنصر

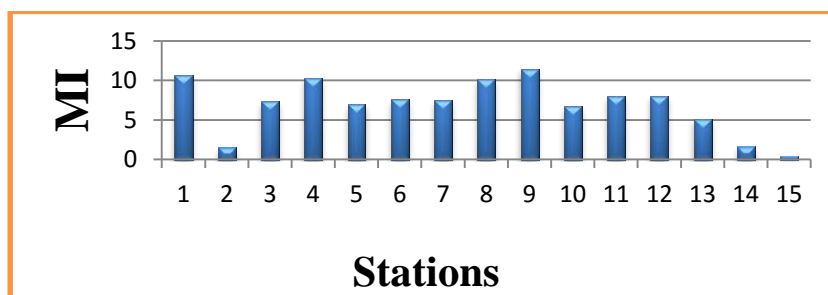
MAC: حداکثر غلظت مجاز عنصر در استاندارد WHO

در صورتی که MI بالاتر از یک باشد آب آلوده محسوب می‌شود.

در این مطالعه شاخص فلزی آب برای نه عنصر (آهن، مس، روی، آرسنیک، سلنیوم، نیکل، سرب، کروم و آلومینیوم محاسبه گردید و در جدول ۴-۶ و شکل ۶-۲۴ آورده شده است.

جدول (۴-۶): محاسبه MI برای نمونه های آب رودخانه کشکان

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
MI	۱۱/۲۵	۱/۹	۷/۸	۱۰/۸۹	۷/۴	۸/۰۶	۸/۱۱	۱۰/۷	۱۲	۱۰/۷	۸/۵	۸/۵	۵/۶	۱/۹	۰/۶۴



شکل (۶-۲۲): تغییرات شاخص فلزی در رودخانه کشکان

شاخص بارفلزی در تمامی ایستگاههای نمونه برداری به استثناء ایستگاه پانزدهم بالاتر از یک می‌باشد که نشان دهنده آلوده بودن رودخانه در تمام ایستگاهها به فلزات مذکور می‌باشد. حداکثر مقدار شاخص فلزی بترتیب ایستگاههای نهم، اول و چهارم می‌باشد. ایستگاه نهم تحت تاثیر سازندهایی با منشا آواری و یا

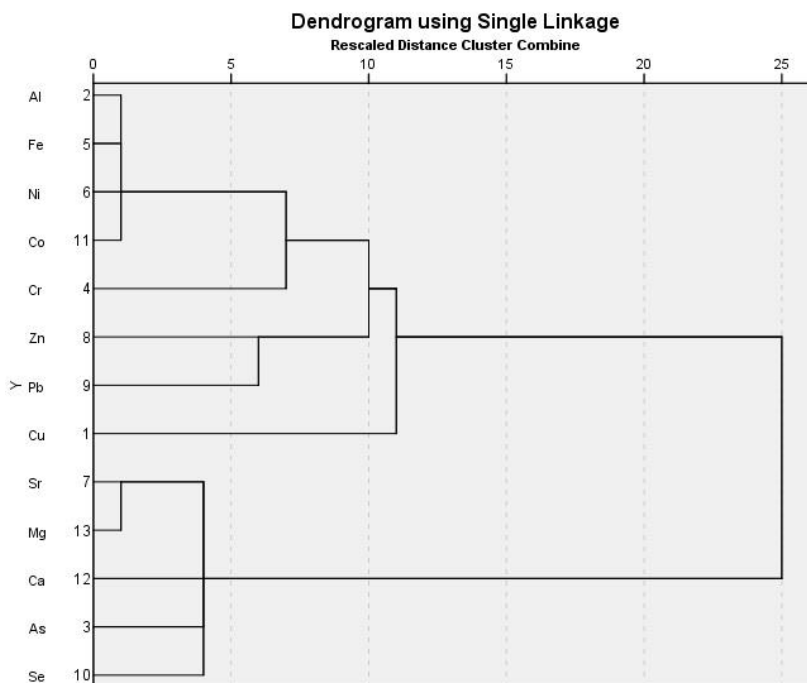
کربناته می‌باشد و در این ایستگاه عناصری چون آهن، نیکل و آلومینیوم با غلظت بالائی نشان می‌دهند و سایر فلزات نیز مانند کبالت، کروم و... همبستگی خوبی با این عناصر دارند. ایستگاه اول بطور کلی از لحاظ غلظت عناصر با تمامی ایستگاههای دیگر بسیار متفاوت است. بطوریکه غلظت بعضی از عناصر مانند آهن و آلومینیوم در این ایستگاه به حدود ۱۲۳۹ و ۱۱۶۲ppb میرسد. همانطور که قبلا نیز بیان گردید این افزایش غلظت برای اغلب عناصر (سرب، روی و کروم) نیز وجود دارد. آلودگی ایجاد شده در این ایستگاه احتمالا ناشی از ورود نفت از مخازن بزرگ نفتی تلمبه خانه آفرینه و یا ناشی از ورود سموم و آفت کش های مصرفی در باغات انجیر موجود در بالادست ایستگاه اول است. ایستگاه چهارم متاثر از سازند کشکان می‌باشد، و در آن عناصر آلومینیوم و آهن دارای غلظت بالایی می‌باشند.

۶-۸- تحلیل های آماری بکمک نرم افزار SPSS

۶-۸-۱- آنالیز خوشه‌ای (CA)

برای تحلیل و بررسی دقیق تر همبستگی های بین عناصر در نمونه های مورد مطالعه در آب رودخانه کشکان و درک بهتر روابط بین عناصر و ارزیابی منشاء احتمالی آنها از آنالیز خوشه ای یا (Cluster Analysis) استفاده گردید. در آنالیز خوشه ای ترسیم شده بطور کلی دو خوشه وجود دارد (شکل ۶-۲۵). در خوشه اول آهن، نیکل، کبالت و آلومینیوم بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و در یک زیر گروه قرار می‌گیرند و دارای منشا یکسان و زمین زاد می‌باشند. همانطور که گفته شد انحلال پذیری و تحرک بعضی عناصر مانند آرسنیک بیشتر تحت کنترل کلسیم می‌باشند. در زیر گروه (سوم) بعدی سرب و روی قرار گرفته‌اند. منشا سرب و روی علاوه بر زمین شناسی میتواند حاصل از حمل و نقل جاده‌ای و کشاورزی باشد. مس آخرین عنصری است که با کمترین درجه همسایگی به عناصر فوق (خوشه اصلی اول) می‌پیوندد زیرا منشا مس کمتر زمین‌زاد بوده و بیشتر ناشی از فعالیت کشاورزی منطقه میباشد. در خوشه دوم سلنیوم، آرسنیک و کلسیم هم سطح بوده و استرانسیوم و منیزیم با هم در یک سطح قرار می‌-

گیرد و درسطحی بالاتر با سلنیوم، آرسنیک و کلسیم ارتباط پیدا می کنند. بطور کلی منشأهای متفاوت (زمین زاد و بشرزاد) برای برخی از عناصر موجب گشته که این عناصر با عناصر دیگر در خوشه خود نزدیکی زیادی نشان داده و در فاصله دورتری نسبت به خوشه اصلی قرار می گیرند.

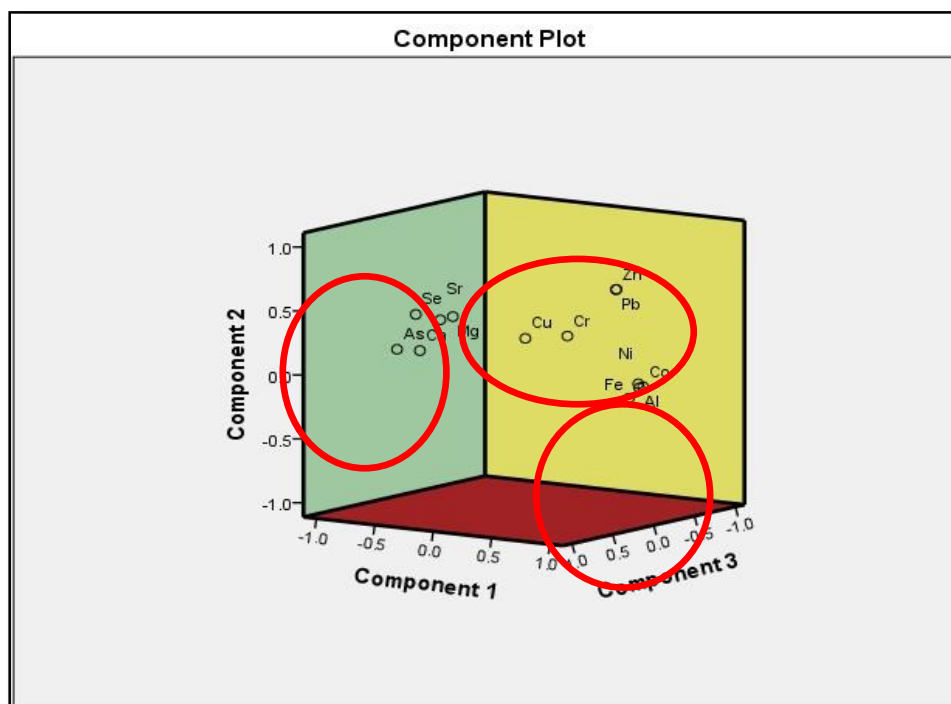


شکل (۶-۲۳): آنالیز خوشه ای عناصر مورد مطالعه در رودخانه کشکان

۶-۸-۲- تحلیل مولفه اصلی (PCA)

جهت جدا سازی عناصر و طبقه بندی در اجزا یا مولفه های اصلی از این روش آنالیزی آماری استفاده گردید که بصورت سه بعدی در شکل ۶-۲۶ نشان داده شده است. با توجه به پارامترهای تعریف شده برای نرم افزار SPSS. 19 بطور کلی سه مولفه استخراج گردید. در مولفه اول آهن، نیکل، کبالت و آلومینیوم قرار می گیرد که این عناصر دارای منشأ زمین شناختی بوده و همبستگی بالایی دارند. در مولفه دوم عناصر (Mg و Ca, Sr, Se, As) قرار دارد. در مولفه سوم که

به مولفه اول نزدیکتر می‌باشد، کروم سرب و روی و مس قرار می‌گیرند که این عناصر می‌توان گفت همه این عناصر دارای منشا زمین شناختی بوده و هم تحت تاثیر منابع بشرزاد قرار دارند.



شکل (۶-۲۴): نمودار سه بعدی PCA برای عناصر مورد مطالعه آب رودخانه کشکان

۹-۶ - مقایسه غلظت عناصر مورد بررسی با حد مجاز در آب رودخانه

در این فصل برای ارزیابی آلودگی آب رودخانه از مقایسه غلظت عناصر در ایستگاههای مختلف با استاندارد آب آشامیدنی (WHO 2008) استفاده گردید. این مقایسه به این دلیل انجام گردید که از آب رودخانه انسانها و جانوران ساکن روستاهای مجاور رودخانه، برای مصرف شرب استفاده می‌کنند. جهت تکمیل ارزیابی شرایط کیفی آب رودخانه، غلظت عناصر در نمونه های آب برداشت شده از ایستگاههای مختلف با مقادیر میانگین غلظت عناصر در آب رودخانه های جهان نیز Kabata pendias and Mukherjee (2007) مقایسه می‌گردد.

جدول ۶-۵ : غلظت میانگین آب رودخانه‌های جهان برای عناصر مورد بررسی (Kabata Pendias and Mukherjee,2007)

Elements	M.C.E($\mu\text{g/l}$)
Cu	۰/۲۳ - ۰/۵۹
Al	۲/۶ - ۱۰۸۰
As	۰/۱۱ - ۲/۷
Cr	۰/۲۹ - ۱۱/۴۶
Fe	۳۱ - ۷۳۹
Ni	۰/۳۵ - ۵/۰۶
Sr	۲/۹ - ۲۳۷/۸
Zn	۰/۲۷ - ۲۷
Pb	۰/۰۰۷ - ۳/۸
Se	۰/۰۲ - ۰/۲۳
Co	۰/۰۲ - ۰/۴۳

مس: در تمامی ایستگاههای نمونه برداری غلظت عنصر مس از میزان MCE بالاتر بوده که میتوان دلیل این امر را در کشاورزی اطراف رودخانه بدلیل استفاده از کودهای شیمیایی ، علف کش ها و سموم شیمیایی و همچنین بدلیل عبور جاده خرم آباد - پلدختر از کنار رودخانه دانست.

غلظت آلومینیوم در مقایسه با MCE در بیشتر ایستگاهها کمتر می باشد اما در ایستگاههای اول، چهارم ، هشتم و نهم فراتر از حد میانگین آب رودخانه می باشد.

غلظت آرسنیک در همه ایستگاههای نمونه برداری پایین تر از غلظت MCE می باشد و غلظت آن از بالادست منطقه به پایین دست بدلیل افزایش سطح زیر کشت مزارع کشاورزی بیشتر می شود.

غلظت کروم در همه ایستگاههای نمونه برداری پایین تر از غلظت MCE می باشد دلیل این امر با توجه به نمودارهای Eh-pH(Takeno 2005)، حلالیت کم کروم در محدوده pH منطقه می باشد.

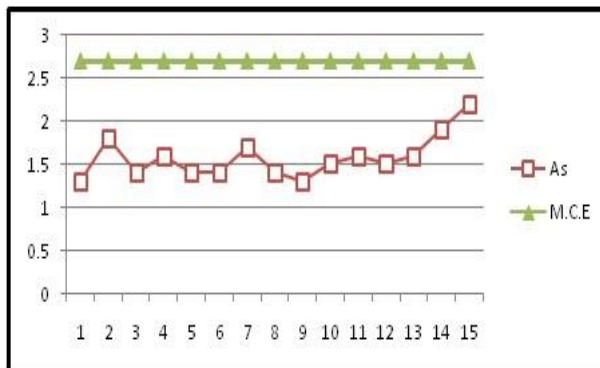
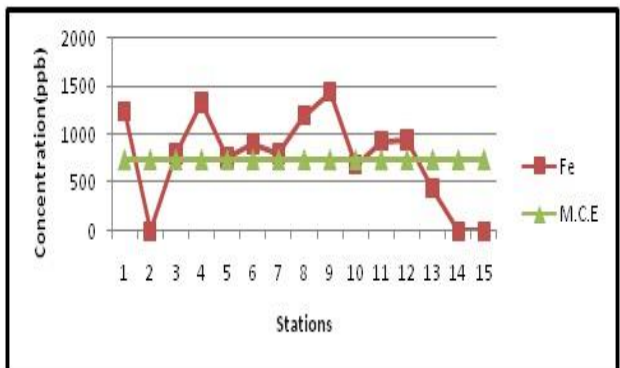
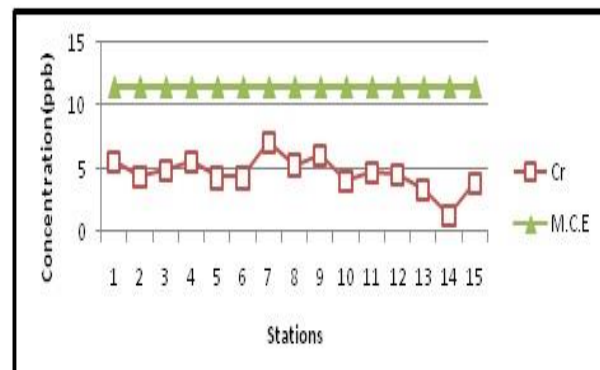
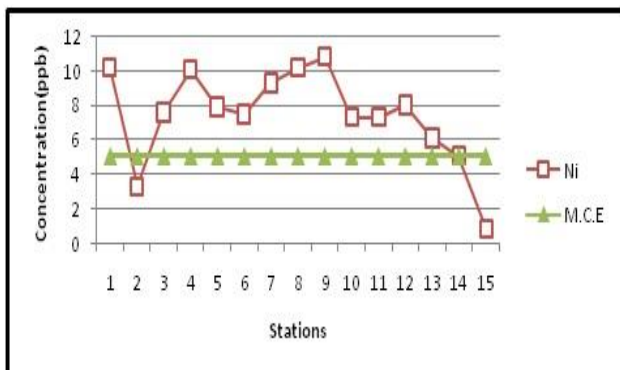
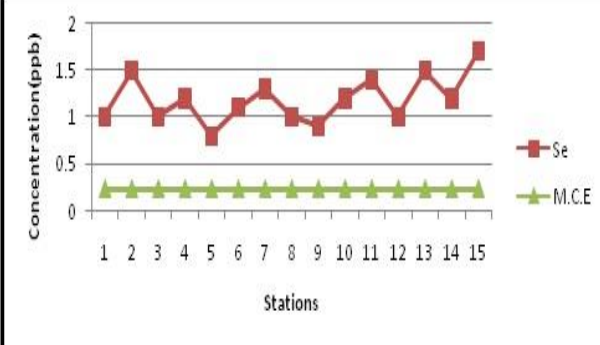
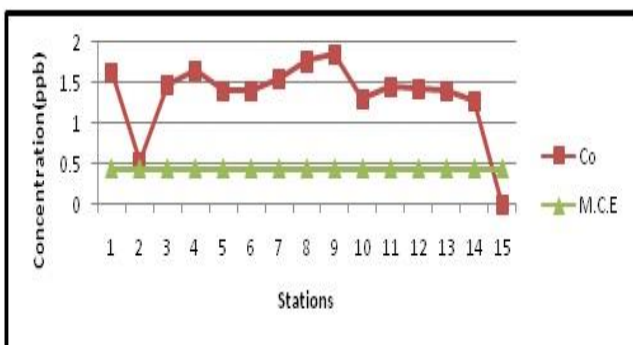
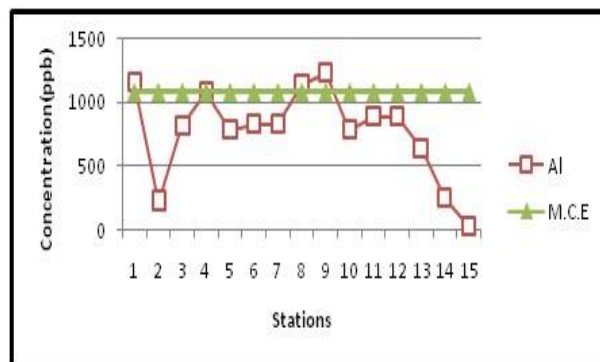
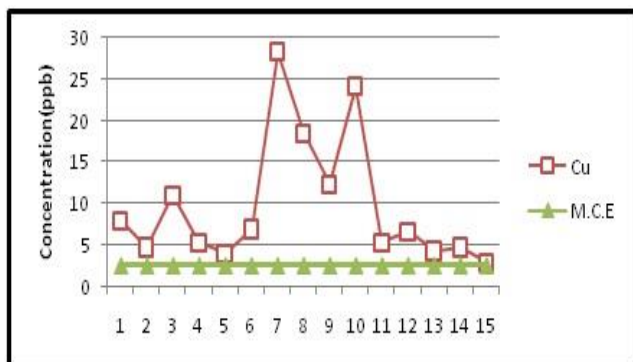
آهن در اغلب ایستگاههای نمونه برداری آب بالاتر از میانگین MCE و حتی WHO می‌باشد. نیکل در اغلب ایستگاههای نمونه برداری آب بالاتر از MCE بوده و باتوجه به اینکه غلظت این عنصر در رسوبات رودخانه نیز بالاتر از WMS می‌باشد و همچنین از لحاظ استاندارد SQGs نیز بالاتر از حد استاندارد است میتوان گفت در رودخانه کشکان از نظر غلظت نیکل در شرایط بحرانی قرار دارد.

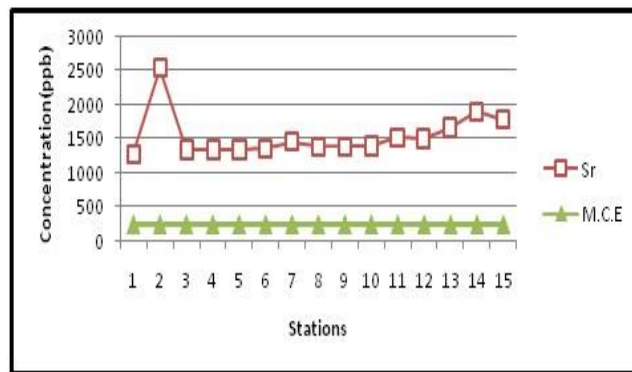
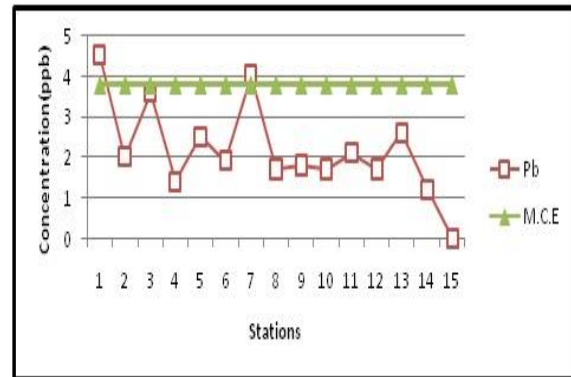
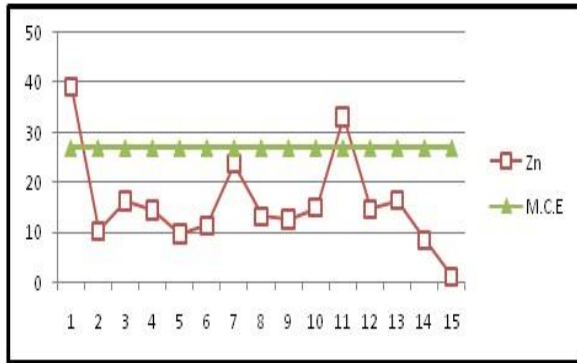
غلظت عنصر استرانسیوم در تمامی ایستگاههای نمونه برداری آب رودخانه کشکان بالاتر از MCE بوده که دلیل این امر در ترکیبات شیمیایی و کانی شناسی این عنصر میباشد که در سازندهای حساس منطقه مانند گچساران بیشتر وجود دارد و بدلیل ایجاد ترکیبات با قابلیت انحلالی بالا مانند کربنات - بیکربنات ها (استرونتیانیت) و سولفات(سلسیت) براحتی در آب حل شده و غلظت آن در آب رودخانه کشکان بالا رفته است.

عنصر روی در دو ایستگاه بالاتر از MCE قرار گرفته است، که دلیل آن ورود پساب کشاورزی، آلودگی نفتی به رودخانه در ایستگاه اول و و فاضلاب شهری در ایستگاه یازدهم می‌باشد.

سرب در بیشتر ایستگاههای نمونه برداری غلظتی پایینتر از MCE دارد .

غلظت سلنیم در تمامی ایستگاههای نمونه برداری بالاتر از MCE می‌باشد. انحلال پذیر بودن و غلظت بالایی این عنصر در آب با توجه به تمایل برای واکنش با مشتقات گوگردی موجود در سازندهایی چون گچساران و انحلال پذیر بودن ترکیبات آن قابل توجه می‌باشد. کبالت در تمامی ایستگاهها از MCE بالاتر بوده اما در ایستگاه پانزدهم کمتر از MCE رودخانه می‌باشد .





شکل (۶-۲۴): مقایسه غلظت عناصر با مقادیر MCE در رودخانه

فصل هفتم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷-۱- مقدمه

در این مطالعه سعی گردید به بررسی وضعیت کیفیت آب و رسوبات سطحی رودخانه کشکان (بطول تقریبی ۶۹ کیلومتر) در ارتباط با عوامل زمین‌شناسی منطقه و عوامل بشرزاد موثر بر کیفیت آب و رسوبات سطحی این رودخانه حیاتی و مهم در استان لرستان پرداخته شد. برای این مهم از رسوبات سطحی و آب رودخانه کشکان در ۱۵ ایستگاه نمونه برداری صورت پذیرد و پارامترهای فیزیکوشیمیایی و غلظت عناصر و فلزات سنگین در آنها تعیین گردید. از بین عناصر موجود در آب و رسوبات ۱۱ عنصر آهن، کروم، روی، مس، سرب، کبالت، نیکل، استرانسیوم، سلنیوم، آرسنیک و آلومینیوم انتخاب گردید. نتایج حاصل با استفاده از نرم افزارهای مختلف (GIS، PHREE QC، AQqA، SPSS .19 و...) تجزیه و تحلیل گردید. در بحث رسوبات برای تجزیه و تحلیل دقیق و ارتباط بین عناصر و عوامل موثر در غلظت آنها از پارامترها و فاکتورهای، Organic Mater(OM)، pH، EC، $CaCO_3$ و دانه‌بندی استفاده گردید. در ادامه با استفاده از شاخصهای مختلف مانند Igeo، Cf، SQGs، PLI، EF و در نهایت با تجزیه و تحلیل‌های آماری، آنالیز خوشه‌ای و تحلیل مولفه اصلی به بررسی کیفیت رسوبات رودخانه کشکان پرداخته شد. در بحث آب ابتدا به تجزیه و تحلیل پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب پرداخته شد. سپس، بین عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی ارتباط و همبستگی ایجاد کرده و بدنبال آن، تیپ آب، شاخص اشباع شدگی، شاخص فلزی برای هر ایستگاه تعیین، و با استفاده از ابزارهای آماری، مولفه اصلی و آنالیز خوشه‌ای برای ارتباط بین عناصر استفاده گردید و در نهایت کیفیت آب رودخانه کشکان با غلظت عناصر در میانگین رودخانه‌ها مقایسه و مورد بررسی قرار گرفت.

۷-۲- ارزیابی کیفیت و آلودگی در رسوبات رودخانه کشکان و ارتباط آن با منابع آلاینده

نتیجه مطالعات رسوب‌شناسی نشان میدهد که تغییرات گراول در رودخانه از بالادست منطقه (ایستگاه اول) به پایین دست (ایستگاه پانزدهم) تقریباً روندی کاهشی داشته، بیشترین درصد به گراول مربوط

ایستگاه سوم (تنگه آسماری ۳۳/۱۲۸٪) بوده و کمترین میزان آن در ایستگاه دوم (رودخانه مادیانرود ۱۰/۳۵٪) می باشد. اما ذرات ماسه در رودخانه کشکان (از بالا دست به پایین دست) روندی افزایشی از خود نشان می دهد. روند تغییرات گل در رودخانه کشکان روندی تقریباً افزایشی بوده بطوریکه از بالادست رودخانه به پایین دست در آبراهه اصلی درصد گل از ۴/۶٪ به ۱۷/۱۷۴٪ در آخرین ایستگاه از رودخانه کشکان (ایستگاه سیزدهم) رسیده است. رسوبات رودخانه کشکان دارای بافت گراول ماسه‌ای، ماسه گلی و ماسه گلی گراولی می باشند.

pH تمامی نمونه‌ها در محدوده قلیایی می باشد و حداکثر میزان آنها ۸/۸۸ و ۸/۸۶ در ایستگاه چهاردهم و دوم بوده که از لحاظ لیتولوژی بیشتر تحت تأثیر سازند گچساران و آسماری می باشند، و کمترین آنها ۸/۲ در ایستگاه یازده (انتهای شهرستان پلدختر) می باشد.

EC نوسانات زیادی در منطقه مورد مطالعه از نشان می دهد. بطوریکه حداکثر آن در ایستگاههای تحت تأثیر سازند گچساران و آسماری مانند ایستگاه دوم و کمترین آن در ایستگاههای تحت تأثیر سازندهای آواری (ایستگاههای چهارم، پنجم، ششم، نهم) می باشد.

از بالا دست منطقه مطالعاتی به پایین دست آن درصد مواد آلی (OM) افزایش می یابد. بالاترین درصد آن در ایستگاه دوازدهم و سیزدهم (۱۱/۹۵ و ۱۱/۵۹) بوده که در این ایستگاهها فعالیت‌های کشاورزی بصورت گسترده تر صورت می گیرد. کمترین درصد مواد آلی در ایستگاه دوم و ایستگاه یازدهم به میزان ۷/۰۴ و ۷/۰۷ درصد می باشد. بطور کلی هر جا که فعالیت کشاورزی رونق بیشتری تری داشته میزان مواد آلی نیز بیشتر شده است.

بیشترین درصد کربنات کلسیم (CaCO_3) در ایستگاههای دوم، چهاردهم و پانزدهم می باشد. این ایستگاهها از لحاظ لیتولوژی بیشتر تحت تأثیر سازند گچساران می باشند و کمترین آن در ایستگاههایی است که متاثر از سازندهای تخریبی (کشکان و امیران) می باشد.

غلظت عنصر نیکل در تمامی ایستگاههای نمونه برداری رسوب به استثناء ایستگاه دوم، بالاتر از غلظت میانگین جهانی رسوبات (52 ppm) بوده و این عنصر با کروم (0/98)، آهن (0/96)، کبالت (0/95)، آلومینیوم (0/85) همبستگی بالایی دارد. با توجه به همبستگی های موجود و کمبود وانادیم در رسوبات نتیجه می شود که منشا نیکل از تجزیه پریدویتها و سنگهای الترامافیک موجود در سازند آواری امیران و کشکان محتمل می باشد. عنصر مس در تمامی ایستگاههای نمونه رسوبی به استثنای ایستگاه ششم غلظتی پایین تر از غلظت میانگین رسوبات جهانی (33 ppm) را دارا می باشند. مس با کبالت (0/94)، آهن (0/94)، کروم (0/94)، نیکل (0/90)، آلومینیوم (0/83) و گراول (0/66) همبستگی مثبت از خود نشان میدهد میتوان گفت که منشا مس در رسوبات از سنگ شناسی منطقه بخصوص سازندهای آواری دارای ترکیبات مانند سازند امیران می باشد. غلظت عنصر روی، سرب و آرسنیک در ایستگاه اول بالاتر از هر ایستگاه دیگری بوده با توجه به اینکه منشا زمین شناسی برای این عناصر توجیه نشده است و وجود عوامل انسانزاد (کشاورزی، حمل و نقل و...) در منطقه محرز می باشد منشا روی، سرب و آرسنیک انسانزاد (تلمبه خانه نفت افرینه و باغات وسیع انجیر روستای زورانتل) می باشد. بین این عناصر نسبت به سایر فلزات همبستگی بالایی وجود دارد که تایید کننده منشا مشترک می باشد. کروم روندی کاملا مشابه با عنصر نیکل در تمامی ایستگاههای نشان میدهد و با آهن و کبالت (0/98) و با آلومینیوم (0/88) همبستگی مثبت دارد. با توجه به این تفاسیر منشا کروم در زمین شناسی منطقه و متاثر از سازندهای حاوی این عنصر یعنی کشکان و امیران می باشد. سلنیم دارای تغییرات کمی در غلظت بوده و در تمامی ایستگاهها دارای غلظت بالایی (نسبت به W.M.S) است. بدلیل شباهت و میل ترکیبی این عنصر با

مشتقات گوگردار (ژئیس وپیریت) و با توجه به وجود سولفات و پیریت در سازندهای منطقه احتمال وجود ترکیبات سلنیومی در رسوبات بصورت سولفات سلنیوم در رسوبات بالا می‌باشد. رابطه بین استرانسوم و کلسیم میتواند دلیل بر افزایش غلظت این عنصر در این ایستگاه نسبت به ایستگاههای دیگر باشد. استرانسیوم با کربنات کلسیم (۰/۶۰) همبستگی مثبت نشان میدهد. بیشترین غلظت آهن در محل رخنمون سازندهای آواری کشکان و امیران می‌باشد و در ایستگاههای پایین دست منطقه و در ایستگاه دوم و چهاردهم که رخنمونی از این سازندها دیده نمی‌شود، غلظت این عنصر کاهش می‌یابد. آهن با کبالت (۰/۹۸)، نیکل (۰/۹۶) و با آلومینیوم (۰/۹۱) همبستگی مثبت از خود نشان میدهد و منشا آهن در زمین‌شناسی منطقه (سازندهای کشکان و امیران) می‌باشد. حداکثر مقدار آلومینیوم در ایستگاه ششم (۲۰۰۰۰ ppm) (بعد از رخنمون سازندهای کشکان و امیران) بوده، و منشأ زمین‌شناسی دارد. عنصر کبالت روندی کاملاً مشابه با عنصر نیکل و کروم در تمامی ایستگاههای نمونه برداری نشان میدهد و چون همبستگی بالا با نیکل و نشان میدهد و باتوجه به وجود منشا زمین‌شناسی و موجود بودن در سنگهای منشا این عنصر، میتوان گفت کبالت منشا زمین‌شناسی دارد.

فاکتور غنی‌شدگی

فاکتور غنی‌شدگی برای عنصر مس، کبالت، آلومینیوم، کروم در تمامی ایستگاههای نمونه برداری در رده بدون غنی‌شدگی یا غنی‌شدگی اندک ($EF < 2$) قرار دارد. روی در ایستگاه اول دارای غنی‌شدگی قابل توجه و در سایر ایستگاهها دارای غنی‌شدگی اندک ($EF < 2$) می‌باشد. غنی‌شدگی نیکل در تمامی ایستگاههای نمونه‌برداری در رده غنی‌شدگی متوسط ($EF = 2 - 5$) قرار دارد. فاکتور غنی‌شدگی برای آرسنیک در ایستگاه اول، دوم، یازدهم، سیزدهم، چهاردهم و پانزدهم در رده غنی‌شدگی قابل توجه بوده ولی در سایر ایستگاهها در رده غنی‌شدگی متوسط (ایستگاههای میانی که وسعت سازندهای تخریبی بیشتر می‌باشد) قرار دارند. فاکتور غنی‌شدگی برای سلنیم

در ایستگاههایی که سازندهای دارای کانیهای تبخیری اند از درجه غنی شدگی بالاتری برخوردار می- باشند، بطوریکه در ایستگاه دوم در درجه بی نهایت بالا و در ایستگاه چهاردهم و پانزدهم که تحت تأثیر گچساران و آغاچاری است از درجه غنی شدگی بالایی برخوردار است. غنی شدگی عنصر سرب در ایستگاه اول در رده متوسط بوده و در سایر ایستگاهها در رده بدون غنی شدگی یا غنی شدگی اندک قرار دارد. استرانسیم در ایستگاههایی که بیشتر تحت تأثیر سازندهای تبخیری اند مانند ایستگاه دوم (غنی شدگی قابل توجه) و ایستگاه چهاردهم (غنی شدگی متوسط) غنی شدگی بالاتری دارند.

Igeo

رسوبات منطقه نسبت به عناصر نیکل، استرانسیوم و آلومینیوم در طبقه بندی Igeo در رده فاقد آلودگی یا آلودگی اندک و نسبت به آهن، کبالت، آرسنیک، سرب، کروم و مس در رده فاقد آلودگی قرار می گیرند. روی در ایستگاه اول در رده آلودگی متوسط (۱/۶۳)، و در سایر ایستگاهها در رده فاقد آلودگی قرار دارد. شاخص زمین انباشت برای عنصر سلنیم در ایستگاه اول دارای آلودگی متوسط و در سایر ایستگاهها در رده آلودگی متوسط تا شدید قرار دارد.

CF

بنابر رده بندی فاکتور آلودگی عنصر مس ، آرسنیک، در همه ایستگاههای نمونه برداری در رده فاقد آلودگی قرار می گیرد. عنصر سلنیوم رده آلودگی قابل توجه بوده و در سایر ایستگاهها در رده آلودگی بسیار بالایی باشد. عنصر استرانسیم در ایستگاههای دوم و چهاردهم دارای آلودگی قابل توجه است اما در سایر ایستگاهها در رده آلودگی متوسط قرار دارد. عنصر آهن و آلومینیوم هر دو دارای آلودگی اندک در رسوبات رودخانه می باشند. عنصر نیکل و کبالت در ایستگاههای دوم، دهم فاقد آلودگی و یا آلودگی اندک می- باشد و در سایر ایستگاهها دارای آلودگی متوسط می باشد. سرب در ایستگاه اول دارای آلودگی متوسط

بوده ولی در سایر ایستگاهها دارای آلودگی اندک می‌باشد. عنصر روی در ایستگاه اول در رده آلودگی قابل توجه (۴/۶۳)، و در سایر ایستگاهها در رده فاقد آلودگی قرار دارد. کروم دارای آلودگی متوسط و اندک می‌باشد.

Cd

براساس طبق رده‌بندی ارائه شده توسط هاکنسون (۱۹۸۰) درجه آلودگی رسوبات در همه ایستگاهها در حد آلودگی قابل توجه است و حداکثر درجه آلودگی در ایستگاه اول و ششم می‌باشند. اما براساس درجه‌ی آلودگی اصلاح شده، درجه آلودگی ایستگاههای اول و ششم در رده آلودگی اندک و سایر ایستگاهها در رده فاقد آلودگی یا آلودگی بسیار اندک قرار دارند. در واقع این دو ایستگاه آلوده‌ترین ایستگاههای منطقه می‌باشند که ایستگاه اول متأثر از فعالیت های بشرزاد بوده و بیشتر عناصر غلظت بالایی را در این ایستگاه نشان میدهند که قابل مقایسه با ایستگاههای بعدی نیست. اما ایستگاه ششم با توجه به ارتباط منشاء زمین‌شناسی عناصر میتوان اعلام کرد آلودگی این ایستگاه منشأ بشرزاد ندارد.

PLI

نتایج نشان میدهد که ایستگاههایی که تحت تأثیر سازندهای کشکان و امیران (ایستگاههای بالا دست) قرار (با توجه به رخنمون این سازندها در کنار و بستر رودخانه کشکان) دارند از بیشترین مقدار بار آلودگی (PLI) برخوردار می‌باشند. ایستگاههایی که تحت تأثیر سازند گچساران و یا رسوبات غیر آواری (ایستگاههای پایین دست) قرار دارند دارای کمترین بار آلودگی می‌باشند. بنابراین میتوان نتیجه گرفت که آلودگی رسوبات رودخانه کشکان در بیشتر ایستگاهها منشأ زمین شناسی دارد و منشأ آلودگی در سازندهای بالا دست (آواری با منشأ افیولیت ملانژ- سازند کشکان و امیران-) منطقه می‌باشند.

مقایسه غلظت عناصر با مقادیر PEC، TEC معلوم می سازد که نیکل در تمامی ایستگاههای نمونه برداری رسوب از تمامی فاکتورهای کیفیت رسوب بالاتر بوده به استثنای ایستگاه دوم، و کیفیت رسوبات رودخانه از نظر غلظت عنصر نیکل برای آبزبان در شرایط بحرانی و نامناسبی قرار دارد. کیفیت رسوبات رودخانه کشکان از لحاظ غلظت عنصر مس در بیشتر ایستگاهها در وضعیت متعادلی بوده ولی احتمالاً باتوجه به افزایش غلظت آلایندهها و خشکسالیهای سالهای اخیر و کاهش آب رودخانه برای آینده نگران کننده است. عنصر سرب در وضعیت مطلوبی بوده و تنها نگرانی آلودگی رودخانه در ایستگاه اول می باشد که تحت تأثیر تلمبه خانه نفت زورانتل و همچنین باغات گسترده انجیر قرار دارد. عنصر آرسنیک در تمامی ایستگاههای نمونه برداری پایینتر از MEC، TEC و PEC می باشد به استثنای ایستگاه اول (زورانتل) که غلظت عنصر آرسنیک در محدود TEC قرار دارد. کیفیت رسوب از نظر غلظت کروم در ایستگاههای سوم تا نهم و همچنین ایستگاه دوازدهم در وضعیت نگران کننده ای (مخصوصاً در آینده) برای آبزبان می باشد. رسوبات رودخانه کشکان از نظر غلظت آهن در وضعیت نگران کننده ای برای آبزبان بوده (از ایستگاه سوم تا نهم) و در محدوده TEC و بالاتر قرار داشته و اوج غلظت آن در ایستگاه ششم می باشد (بعد از سازند امیران در هسته تاقدیس سرکان) که در بین MEC و PEC قرار دارد، اما رودخانه های مادپانرود و سیمره در وضعیت مطلوبی قرار دارند.

آنالیز خوشه ای

براساس آنالیز خوشه ای نتیجه می شود که کلسیم، استرانسیوم با سلنیوم و منیزیم که دارای تشابه رفتار ژئوشیمیایی و تشابه ترکیبات می باشند دارای بیشترین همبستگی بوده و در یک گروه قرار می گیرند. سرب، روی و آرسنیک بدلیل منشأ بشرزاد موجود در منطقه (کشاورزی و.....) در یک گروه و آهن، کروم، کبالت، مس، آلومینیوم و منگنز بدلیل منشأ مشترک احتمالی ناشی از زمین شناسی منطقه در یک گروه قرار گرفته اند.

تحلیل مولفه اصلی

نتایج حاصل این تحلیل سه مولفه تعریف گردید. ۱- کلسیم ، استرانسیوم با سلنیوم و منیزیم ۲- سرب، روی و آرسنیک ۳- نیکل، آهن، کروم، کبالت، مس ، آلومینیوم و منگنز، که دلایل ارتباط و هم گروهی این عناصر در بحث آنالیز خوشه‌ای آورده شده است. نتایج آنالیز خوشه‌ای و مولفه اصلی تایید کننده همدیگر می‌باشند.

۳-۷- ارزیابی کیفیت و آلودگی در آب رودخانه کشکان و ارتباط آن با عوامل

آلاینده

عنصر مس در آب همبستگی خوبی با سایر پارامترها از خود نشان نمی‌دهد(مخصوصا عناصر با منشا زمین شناختی) پس میتوان نتیجه گرفت که مس موجود در آب بیشتر منشا انسانزاد داشته است .

آلومینیوم با آهن(۰/۹۸) و نیکل(۰/۹۶) کبالت و (۰/۸۸) همبستگی مثبت نشان میدهد. عنصر آرسنیک با کلسیم(۰/۸۷) ، سولفات (۰/۸۱) ، سلنیوم(۰/۸۱)، منیزیم (۰/۸۱) و استرانسیوم (۰/۶۵) همبستگی مثبت نشان میدهد. از مهمترین عوامل انحلال پذیری آرسنیک در آب ترکیبات کلسیم است بنابراین میتوان نتیجه گرفت که وجود آرسنیک بدلیل تشکیل ترکیبات آرسنیکی کلسیم‌دار(آرسنات کلسیم) در آب رودخانه کشکان است . آهن همبستگی بالایی با نیکل(۰/۹۱) و کبالت(۰/۸۲) دارد. دلیل این امر در منشا یکسان این عناصر است. روی بیشترین همبستگی را با عنصر سرب (۰/۷۶) از خود نشان میدهد و باتوجه به عوامل بشرزاد کنار(کشاورزی و جاده پلدختر - خرم آباد) رودخانه عناصر سرب و روی منشاء بشرزاد دارند. سلنیوم با کلسیم (۰/۷۳) ، سولفات(۰/۶۹) ، T.D.S(۰/۷۶) و با منیزیم (۰/۶۳) همبستگی نشان میدهد، بنابراین منشاء سلنیوم زمین‌شناسی و در ارتباط با ترکیبات سولفاتی و کلسیم‌دار سازندهای

منطقه می‌باشد. کبالت همبستگی بالایی با عنصر نیکل (۰/۹۸) و آهن (۰/۸۱) دارا می‌باشد و میتوان گفت که از منشا سنگ‌شناختی یکسانی برخوردار می‌باشد.

استرانسیوم با کلسیم (۰/۹۵)، بیکربنات (۰/۹۰)، کربنات (۰/۸۸)، سولفات (۰/۷۴) مثبت دارد. همبستگی کلسیم با TDS ۰/۹۵ و با EC (۰/۸۸) همبستگی مثبت نشان میدهد. سلنیوم با کلسیم (۰/۷۳)، سولفات (۰/۶۹) T.D.S (۰/۷۶) و با منیزیم (۰/۶۳) همبستگی نشان میدهد.

pH آب رودخانه در تمام طول مسیر در محدوده قلیایی بین ۸/۴۴ تا ۹/۱۴ می‌باشد که این قلیایی بودن آب نتیجه ترکیبات قلیایی ناشی از سازندهای کربناته و سولفات منطقه می‌باشد. بالاترین EC در ایستگاههای با سنگ شناختی تبخیری می‌باشد و کمترین آن در ایستگاههای با سازندهای آواری می‌باشد.

میزان سختی آب رودخانه بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ mg/L می‌باشد که در طبقه بندی آب سخت قرار دارد سختی آب نتیجه سازندهای با ترکیبات کربناته و بیکربناته موجود در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. به طور کلی میزان بیکربنات در آب رودخانه روند یکسانی دارد که در نتیجه گسترش سازندهای کربناته در ابتدا، میانه و انتهای منطقه می‌باشد. سولفات در ایستگاههایی که تحت تأثیر سازندهایی که دارای کانیهایی تبخیری می‌باشند افزایش مقدار نشان می‌دهد و از بالادست منطقه به سمت پایین دست افزایش می‌یابد. غلظت یون نیترات تحت تأثیر کشاورزی منطقه می‌باشد و از بالادست به پایین دست با افزایش سطح زیرکشت کشاورزی افزایش می‌یابد. تغییرات پتاسیم نامحسوس است. افزایش غلظت منیزیم و کلسیم در ایستگاههای ابتدایی و انتهای در نتیجه ترکیبات انحلالی کربناته و سولفات این عناصر می‌باشد. نتایج نشان میدهد که تیپ شیمیایی آب رودخانه کشکان (طبق نمودار استیف و پایپر) در تمامی ایستگاهها بیکربنات کلسیک می‌باشد. غلظت آنیونهای کلر، سولفات و همچنین سدیم و منیزیم به زمین شناسی منطقه و همچنین کاربری اراضی مربوط می‌گردد. سازندهای تأثیر گذار بر آب رودخانه کشکان به ترتیب به صورت زیر می‌باشد:

الف: سازندهای تبخیری گچساران و آواری آجاجاری ب: سازندهای کربناته (آسماری- شهبازان و گروه بنگستان) ج: سازندهای آواری (کشکان و امیران).

از میان کانیهای موجود در منطقه مطالعاتی کانی کلسیم، منیزیم دار دولومیت دارای بیشترین ضریب اشباع در میان سایر کانیها می باشد. بعد از دولومیت، کلسیت، آراگونیت، ژیپس، انیدریت و هالیت در مراتب بعدی اشباع شدگی در آب رودخانه کشکان می باشند. میتوان نتیجه گرفت که بسیاری از فعل و انفعالات واکنشهای شیمیایی آب رودخانه کشکان بوسیله ترکیبات کلسیم دار و منیزیم دار کنترل می شود.

نتایج ترکیبات کانیهای محلول در آب رودخانه کشکان نشان میدهد که کانیهای آهن دار هماتیت و گوتیت دارای بالاترین ضریب اشباع (فوق اشباع) در آب رودخانه کشکان می باشند. احتمال افزایش غلظت آهن در آب رودخانه کشکان ناشی از بوجود آمدن ترکیبات آهن دار آلومنیوم، هیدروهماتیت و هیدروگوتیت در این رودخانه می باشد (شهاب پور ۱۳۸۴). در مقایسه با استاندارد WHO 2008 غلظت تمامی عناصر مورد بررسی بغیر از آهن و آلومینیوم پایین تر از حد مجاز می باشند.

شاخص فلزی (MI) در تمامی ایستگاههای نمونه برداری به استثناء ایستگاه پانزدهم بالاتر از یک می باشد که میتوان نتیجه گرفت که رودخانه به فلزات مذکور آلوده می باشد. لازم بذکر است که آلوده بودن رودخانه کشکان بیشتر متأثر از غلظت دو فلز آلومینیوم و آهن می باشد.

آنالیز خوشه ای و تحلیل مولفه اصلی

نتایج آنالیز خوشه ای نشان میدهد که کلسیم، استرانسیم، سلنیم و آرسنیک بدلیل دارا بودن ترکیبات شیمیایی مشابه در یک خوشه قرار گرفته و عناصر آهن، آلومینیوم، کبالت و نیکل دارای منشا یکسان بوده که با توجه به همبستگی بالا این عناصر با هم احتمال منشاء زمین شناسی محتمل تر می باشد. عناصری

چون کروم، مس، سرب و روی بیشتر تحت تأثیر عوامل بشزاد مانند عواملی چون حمل و نقل جاده‌ای، کشاورزی اطراف رودخانه و فاضلاب ورودی به رودخانه می‌باشند. در تحلیل مولف اصلی ۳ مولفه تعریف گردیده که تایید کننده نتایج آنالیز خوشه‌ای می‌باشند.

مقایسه غلظت عناصر در آب رودخانه کشکان با غلظت میانگین عناصر در آب رودخانه ها

درمقایسه غلظت عناصر با میانگین غلظت در آب رودخانه ها معلوم می‌گردد که غلظت بالای مس بیشتر در آب نتیجه عوامل بشزاد جوار رودخانه (کشاورزی، حمل و نقل و...) می‌باشد. بالاتر بودن آلومینیوم در برخی از ایستگاهها هم در نتیجه زمین شناسی منطقه و هم عوامل بشر زاد تشخیص داده شده است.

آرسنیک هرچند باعث آلودگی رودخانه نشده است، اما با توجه به افزایش سطح زیرکشت زمین‌های کشاورزی میتوان منشاء انسانزاد (کشاورزی) و آلودگی آب رودخانه در آینده را برای این عنصر در نظر گرفت. با توجه به غلظت کروم در آب و مقایسه آن با میانگین می‌توان نتیجه گرفت که رودخانه کشکان به عنصر کروم آلوده نیست. با توجه به آلودگی آب و رسوبات رودخانه کشکان به عنصر نیکل و کبالت میتوان نتیجه گرفت که رودخانه کشکان از نظر غلظت نیکل و کبالت در شرایط نگران کننده‌ای قرار دارد. غلظت استرانسیوم بالاتر از میانگین می‌باشد که نتیجه تشکیل ترکیبات کربنات، بی‌کربنات و سولفات‌ها موجود در آب رودخانه می‌باشد. با توجه به غلظت روی میتوان نتیجه گرفت که آب رودخانه کشکان در دو ایستگاه اول و یازدهم بدلیل عوامل بشزاد (کشاورزی و فاضلاب شهری) در شرایط نامطلوب می‌باشد. غلظت سرب در آب رودخانه کشکان متأثر از عوامل بشزاد (حمل و نقل جاده‌ای) می‌باشد. بالا بودن غلظت سلنیوم نسبت به میانگین در نتیجه انحلال پذیر بودن ترکیبات آن و غلظت بالایی این عنصر در آب با توجه به تمایل برای واکنش با مشتقات گوگردی موجود در سازندهایی چون گچساران و انحلال پذیر بودن این ترکیبات آن قابل توجیه می‌باشد.

۴-۷- پیشنهادات برای تحقیقاتی در آینده

- بررسی ژئوشیمی سازندهای رخنمون یافته در منطقه برای منشایابی عناصر در رودخانه
- ارزیابی در دسترس پذیری عناصر در رسوبات با استفاده از روش استخراج مرحله‌ای انتخابی
- بررسی تأثیر آلودگی فلزات سنگین بر موجودات آبی در رودخانه

منابع

منابع فارسی

احمدی، ح.، و فیض نیا، س.، (۱۳۷۸)، "سازندهای دوره کواترنر"، انتشارات دانشگاه تهران، ۸۷-۱۴۴.

اسماعیلی ساری، ع.، (۱۳۸۱)، "آلایندها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست"، انتشارات نقش مه، ۱-۱۷۴.

اشکان، م.، (۱۳۸۳)، "اصول مطالعات ژئوشیمیایی سنگ های منشاء هیدروکربوری و نفت ها(با نگرش ویژه به حوضه رسوبی زاگرس)"، روابط عمومی شرکت ملی نفت ایران، ۱۰-۲۸۰.

افلاطونیان، ع.، یساقی، ع.، (۱۳۸۶)، "تحلیل هندسی و جنبشی تاقدیس سلطان در کمر بند چین خورده - رانده زاگرس و استفاده از آن در برآورد بستگی گروه دهرم"، فصلنامه علوم زمین، سال هجدهم، شماره ۷۰، ۱۴-۲۷.

امیری، م.، (۱۳۸۹)، "روند تغییرات pH سوسپانسیون با حضور آلاینده فلزات سنگین سرب در نانو ذرات رسی"، دومین همایش ملی نانو مواد و نانو تکنولوژی، ۱۵ و ۱۶، اردیبهشت دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.

انصاری، م.، چرم، م.، شفاعی بجستان، م.، محمودی کردستانی، س.، (۱۳۸۵)، "بررسی وضعیت آلودگی رسوبات رودخانه کارون بزرگ با عناصر سنگین آلاینده، حدفاصل بندقییر تا جنوب اهواز (ام الطمیر)"، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، بهمن ماه، دانشگاه چمران، اهواز.

أبرلند، ا.، (۱۳۷۸)، "رودخانه های زاگرس (از دیدگاه ژئومورفولوژی)"، ترجمه معصومه رجبی

، انتشارات دانشگاه تبریز، ۱۴۶-۱۶۸.

آذری، آ.، بافکار، ع.، (۱۳۸۶)، "پهنه بندی رودخانه کرخه از نظر قدرت خودپالایی"، نهمین کنفرانس سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، بهمن ماه، کرمان.

آقائاتی، ع. (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی، ۳۳۹-
۴۰۴.

بابائی، ه.، خداپرست، ح.، قانع، ا.، (۱۳۸۸)، "بررسی روند انتشارات و تغییرات غلظت فلزات سنگین (Cu و Zn .Fe.Cd.Pb.CO) در آب رودخانه سبزکوه (استان چهارمحال بختیاری)"، همایش ملی مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، باشگاه پژوهشگران جوان.

برنامه آمایش استان لرستان، (۱۳۸۸)، مرحله اول، "تحلیل وضعیت و ساختار موجود"، جلد سوم، بهار

بهاروند، س.، پورکرمانی، م.، آری، م.، اجل لولیان، ر.، نوریزدان، ع.، (۱۳۸۸)، "زمین لغزش سیمره و نقش آن در تغییرات زیست محیطی و ژئومورفولوژیکی"، منطقه پلدختر، فصلنامه علوم زمین، سال چهارم، شماره چهار، ۱۳-۲۴.

بیرانوند، ز.، ۱۳۸۷، پایانامه کارشناسی ارشد (رسوب شناسی و سنگ رسوب)، "بررسی ماسه سنگهای سازند کشکان و امیران در جنوب غرب خرم آباد"، دانشگاه آزاد علوم تحقیقات، تهران.

پورقاسم، م.، خلج، ع.، (۱۳۸۸)، "بررسی مدل های خود پالایی رودخانه ها"، سومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱۵ - ۱۶ مهرماه، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

سازند امیران در حوضه زاگرس"، دانشگاه تربیت معلم، دانشکده زمین شناسی.

جلیلی، م.، خاکپور، ا.، (۱۳۸۵)، "اندازه گیری فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در رودخانه مند"، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ۳۰ بهمن، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

چرم، م.، شهنواز، م.، حسونی زاده، ه.، (۱۳۸۸)، "بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوبات رودخانه کارون در بازه شهر اهواز جهت استفاده مجدد آنها در کشاورزی"، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، ۲۵-۲۷ مرداد، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

حاج حسنی، ن.، یاراحمدی، ج.، (۱۳۸۸)، "بررسی غلظت فلزات سنگین در رودخانه آجی چای بوسیله GIS"، اولین کنفرانس بین المللی مدیریت منابع آب، ۲۵ مرداد، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود.

حسنی پاک، ع.، شرف الدین، م.، (۱۳۸۰)، "تحلیل داده‌های اکتشافی"، فصل هفتم، انتشارات دانشگاه تهران.

خراسانی، ن.، شایگان، ج.، کریمی، ن.، (۱۳۸۴)، "بررسی غلظت فلزات سنگین (روی، مس، کروم و سرب) در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس"، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۸۵، شماره ۴، ۸۶۱ - ۸۶۹.

خراط صادقی، م.، کرباسی، ع.، (۱۳۸۵)، "بررسی غلظت و منشاء عناصر سنگین در رسوبات بستر رودخانه شیروود"، مجله علوم تکنولوژی محیط زیست، دوره هشتم، شماره ۳، ۴۳ - ۵۱.

خسروتهرانی، خ.، (۱۳۸۴)، "زمین شناسی ایران (مزوئیک و سنوزوئیک)"، جلد دوم، انتشارات کلیدر، ۱۲۵-۲۵۰.

خیرورن، ن.، علی دادالهی، س.، (۱۳۸۹)، "غلظت فلزات سنگین در رسوبات و ماهی شیریت (*Barbus grypus*) در اروندرود"، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دوازدهم، شماره دو، ۱۲۳-۱۳۱.

دبلیو، د.، لوویس، مک کونچی، د.، (۱۳۸۴)، ترجمه (امینی، ع.، زمان زاده، م.،)، "رسوب شناسی تحلیلی"، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

دریکوند، ا.، فرجی سینا، ک.، (۱۳۸۹)، "بررسی و مطالعه کیفیت رودخانه سفید رود از دیدگاه توان خود پالایی رودخانه"، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱۰ - ۱۲ آبانماه، تهران.

دهقان مدیسه، س.، سبزه‌لیزاده، س.، اسماعیلی، ف.، کیان‌ارثی، ف.، (۱۳۸۵)، "بررسی میزان فلزات سنگین (*Zn, Ni, Pb, CO, Cu, Cd*) در رسوبات رودخانه بهمنشیر به روش ولتامتری، سومین همایش ملی بحرانهای زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آنها"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات. دی ماه، اهواز.

رجب زاده سکه، م.، سعیدی، م.، (۱۳۸۷)، "نقش رسوبات و موادمعلق رودخانه ای در جذب فلزات مس، روی و کادمیم"، در مقیاس آزمایشگاهی (مطالعه موردی رودخانه جاجرود)، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه، اردیبهشت ماه، تهران.

شایان، س.، (۱۳۸۳)، "شواهد ژئومورفولوژیکی در سن سنجی زمین لغزه بزرگ

سیمره (کبیرکوه) زاگرس"، جنوب غربی ایران، فصلنامه مدرس علوم انسانی دوره ۸،

شماره ۳۲، ۴۵ - ۷۰.

شرکت مدیریت منابع آب ایران، (۱۳۸۸)، "پیام آب"، ویژنامه هفته پژوهشی .

شرکت آب منطقه ای استان ایلام (۱۳۸۹)، آرشیو آمار آب منطقه ای استان ایلام

شهاب پور، ج.، (۱۳۸۴)، زمین شناسی اقتصادی"، انتشارات دانشگاه باهنر کرمان، ۳۰۰-

۳۶۰.

شهرکی، م.، (۱۳۸۸)، "مطالعات ژئوشیمی محیطی در حوزه آبریز رودخانه سرباز"، سومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ۲۰-۲۱ اردیبهشت، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

کاتن، اف.، ویلکینسون، ج.، (۱۳۶۳)، "مبانی شیمی معدنی"، ترجمه (عابدینی، م.، فرهنگی، ی.، ارجمند، م.،)، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

علیزاده کتک لاهیجانی، ح.، کامرانپوری، ع.، امینی، ع.، (۱۳۸۴)، "آلودگی فلزات سنگین

در رسوبات دلتای سفید رود"، مجله علوم و فنون دریایی ایران، دوره ۴، شماره ۳-۴،

۴۳-۵۲.

وان رنست، پ.، وندو، ام.، وولو، (۱۳۸۵)، "آنالیز خاک و گیاه"، ترجمه (غازان شاهی،

ج.،)، انتشارات آبیژ، تهران.

قاضی زاده، ن.، (۱۳۸۵)، "بررسی روند تغییرات کیفی رودخانه های کارون و درز

سال ۱۳۸۳-۸۴"، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، ۲۴ بهمن، اهواز .

قریب، ع.، (۱۳۸۲)، "شناخت سنگها (روش های شناخت کانی ها)"، انتشارات علمی

فرهنگی، ۱۳۲ - ۱۹۰.

کاظم نژاد، ف.، صفایی، ح.، پاشا، م.، کاظم نژاد، ع.، (۱۳۸۹)، "بررسی منابع آلاینده

رودخانه سرد آبرود"، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال پنجم، شماره دوم،

تایستان، ۱۰۱ - ۱۱۰.

کرباسی، ع.، بیاتی، آ.، نبی بیدهندی، غ.، (۱۳۸۵)، "بررسی شدت آلودگی عناصر سنگین در رسوبات رودخانه شفارود"، **مجله محیط شناسی**، شماره ۳۹، ص ۴۸ - ۴۱.

کرباسی، ع.، نبی بیدهندی، غ.، غضبان، ف.، کوکبی، ش.، (۱۳۸۹)، "تفکیک شیمیایی عناصر و بررسی شدت آلودگی در رسوبات رودخانه سیاهرود"، **مجله محیط شناسی**، دوره ۱، شماره ۳۵، ۱۱ - ۲۰.

کوثری، س.، وفایی، م.، وفایی، م.، (۱۳۸۶)، **بررسی منشاء و میزان تمرکز آلایندهای فلزات سنگین در رودخانه های تمبی و بهلول**، اولین همایش زمین شناسی زیست محیطی و پزشکی، ۱۹ اردیبهشت، دانشگاه شهید بهشتی.

علایی طالقانی، م.، (۱۳۸۴)، "ژئومورفولوژی ایران"، نشر قومس.

مر، ف.، زائری، خ.، (۱۳۸۲)، "عناصرزمین"، انتشارات دانشگاه شیراز.

میسون، ب.، مر، ک.، (۱۳۸۳)، "اصول ژئوشیمی"، ترجمه (مر، ف.، شرفی، ع.)، انتشارات دانشگاه شیراز.

مر، ف.، سلاطی، س.، (۱۳۸۵)، "زمین شیمی رودخانه خشک"، دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، شیراز.

کراسکف، ک.، برد، ک.، (۱۳۷۷)، "مبانی زمین شیمی"، ترجمه (مر، ف.، مدبری،

س.)، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.

مطیعی، ه.، هوشمندزاده، ع.، (۱۳۷۴)، "زمین شناسی ایران (چینه شناسی زاگرس)"،

انتشارات سازمان زمین شناسی، ۱۷۲-۳۷۴.

موسوی حرمی، ر.، (۱۳۸۶)، "رسوب شناسی"، انتشارات قدس رضوی.

مهندسین مشاور بین المللی سازند آب پارس، (۱۳۸۹)، "هیدروکلیماتولوژی محدوده

مطالعاتی پلدختر (مطالعات هیدرولوژی)"، جلد دوم، تیرماه.

مهندسین مشاور سنگاب زاگرس، (۱۳۹۰)، "گزارش توجیهی تخصیص منابع آب محدوده مطالعاتی پلدختر" .

نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ پلدختر، (۱۳۴۸)، شرکت ملی نفت ایران.

نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ حوضه آبریز کشکان، (۱۳۸۸)، مهندسین مشاور بین المللی سازند آب پارس.

نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ایلام - کوهدشت، (۱۳۷۲)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ توپوگرافی، (۱۳۸۲)، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

وحید دستجردی، م.، شاه منصوری، م.، شنبه زاده، س.، (۱۳۷۹)، "بررسی تجمع فلزات سنگین در ذرات معلق بالادست و پایین دست زاینده رود"، سومین همایش کشوری بهداشت محیط زیست، ۱۰ - ۱۲ آبان ماه دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان. کرمان.

منابع لاتین

Abida, B., Ramaiah, M., Irfanulla Khan, H., Veena, K., (2009), " **Heavy Metal Pollution and Chemical Profile of Cauvery River Water**", Journal of Chemistry, 6(1), 47-52.

Abraham, G. M. S., (2005), " **Holocene sediments of Tamaki Estuary: Characterisation and impact of recent human activity on an urban estuary in Auckland, New Zealand**", Ph.D. thesis, University of Auckland, Auckland, New Zealand, 361p.

Ahmad, M. K., Islam, S., Rahman, S., Haque, M. R., Islam, M., (2010). " **Heavy metals in water, sediment and some fishes of Buriganga River, Bangladesh**". Int. J. Environ. Res., 4 (2), 321-332.

Aikun T., Ruhai L., Min L., Liaoqi X., Jinyu W., (2010), " **Distribution Characteristics and Controlling Factors of Soluble Heavy Metals in the Yellow River Estuary and Adjacent Sea**", Procedia Environmental Sciences, (2), 1193-1198.

Akoto, O., Bruce, T. N., Darko, G., (2008), " **Heavy metals pollution profiles in streams serving the Owabi reservoir. African**", J. Environ. Sci. Tech., 2 (11), 354-359 (6 pages).

Aktar, M. W., Paramasivam, M., Ganguly, M., Purkait, S., Sengupta, D., (2010), " **Assessment and occurrence various heavy metals in surface water of Ganga river around Kolkata: a study for toxicity and ecological impact**". Environ. Monitor. Assess., 160 (1-4), 207-213.

Ahmad, M. K., Islam, S., Rahman, S.; Haque, M. R., Islam, M.M.,(2010) ,"**Heavy metals in water, sediment and some fishes of Buriganga River, Bangladesh**". Int. J. Environ. Res., 4 (2),321-332.

Aktar, M. W., Paramasivam, M., Ganguly, M., Purkait, S., Sengupta, D., (2010)."**Assessment and occurrence of various heavy metals in surface water of Ganga river around Kolkata: a study for toxicity and ecological impact**". Environ. Monitor. Assess 160 (1-4), 207-213.

Bowen, H.J.M., (1979),"**Environmental Chemistry of the Elements**", Academic Press, New York.

Bradl, H. B.,(2005), "**Heavy Metals in the Environment**", Vol, 6, Elsevier Ltd.,

Baniasadi, A., Sharafinejad, F., Baniassadzadeh, M.H., Akbari, S., (2011) ,"**study of Heavy and Main elements Concentration in Waters supplies of shour river in sarcheshmeh Copper Mine (an approach to Medical geology)**", Mine Water – Managing the Challenges, Aachen, Germany.

Cabrera, F., Clemente, L., Daz Barrientos,E., Lopez, R., Murillo, J.M.,(1999), "**Heavy metal pollution of soils affected by the Guadamar toxic flood**", The Science of the Total Environment 242 , 117-129.

El-Nady, F., Atta , MM.,(1996), "**Toxicity and bioaccumulation of heavy metals to some marine biota from the Egyptain coastal wasters**", J. Environ. Sci. Health.,31 (7), 1529-1545.

Farkas, A., Erratico , C., Vigano, L., (2007),"**Assessment of the environmental significance of heavy metal pollution in surficial sediments of the River Po**", Chemosphere, 68 ,761–768.

Fatos R., Ardian R., Tahir A.,(2010),"**Assessment of Heavy Metal Pollution in Ibër River Sediment, Kosova**", Balwois - Ohrid, Republic of Macedonia - 25, 29 May

Fiol N., Villaescusa I., Miralles N., Poch J., Serarols J,(2006), "**Sorption of Pb(II), Ni(II), Cu(II) and Cd(II) from aqueous solution by olive stone waste**", Sep. Pur. Technol.;50:132–140.

- Hakanson, L., (1980), "**An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approaches**", Water Research, 14, 975–1001.
- Hoda H.H., Khaled, A.A., (2009), "**Heavy Metals Contamination in Sediments of the Western Part of Egyptian Mediterranean Sea**", Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): 3330-3336.
- Jain, c. k., singhal,d.c. and Sharma, m. k.,(2005), "**Metal pollution assessment of sediment and water in the river Hindon, India**". Environ. Monitor and Assessment, 105,.193-207.
- Juozapavicius,A., Rapsevicius, V.,(2001), "**Clustering through Decision Tree Construction in Geology, Nonlinear Analysis: Modelling and Control**", (6), No. 2, 29-41.
- Kabata Pendias A., Mukherjee, A. B., (2007), "**Trace Elements from Soil to Human**", Springer Berlin Heidelberg New York.
- Karbassi, A.R., Shankar, R.,(2005)."**Geochemistry of two sediment cores from the west coast of India**". Intl. J. Environ. Sci. Tech., (1), 307-316.
- Kaushik,A., Kansal,A., Santosh, Meena, Kumari, S., Kaushik, C.P.,(2009),"**Heavy metal contamination of river Yamuna, Haryana, India, Assessment by Metal Enrichment Factor of the Sediments**", Journal of Hazardous Materials ,(164), 265–270.
- Kim, K.T., Ra, K., Kim, E.S., Yim, U.H., Kim, J.K., (2011),"**Distribution of Heavy Metals in the Surface Sediments of the Han River and its Estuary, Korea**", Journal of Coastal Research, (64),903 – 907.
- Lohani, M. B., Singh, S., Rupainwar, D. C., Dhar, D. N.,(2008), "**Seasonal variations of heavy metal contamination in river Gomti of Lucknow city region**".Environ. Monitor. Assess., 147 (1-3), 253-2630.
- Loska, K., Chebual, J., Pleczar, J., Wiechla, D., and Kwapulinski, J., (1995),"**Use of environment and contamination factors togheder with geoaccumulation indexes to elevate the content of Cd, Cu and Ni in the Rybink water reservoir in Poland**" Water, Air and Soil pollution, 93, 347-365.
- Miller, J., (2007),"**Contaminated rivers**", Springer verlag, 418 p

Müller, G. (1979), "**Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River**". *Geojournal*, v. 2, pp. 108–118.

Vinodhini, R., Narayanan, M., (2008), "**Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp)**", *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5 (2), 179-182.

Wang, S.X., Zhang, S.Z., and Shan, X.Q., (2003). "**Fractionation of heavy metals in different particle size sediments and its relationship with heavy metal pollution**". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 71, 873- 880.

Walling, D.E., Owens, Ph. N., Waterfall, B.D., Leeks, G.J.L. and Wass, P D., (2000), "**The particle size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed catchments, UK**", *The Science of the Total Environment*, 25, 205-215.

WHO, (2008), "**Guidelines for drinking- water quality**", 3rd ed., vol, Geneva, PP 180 – 496.

Yang, H., Rose, N., (2005), "**Trace Element Pollution Records in Some U.K Lake Sediments, Their History, Influence Factors and Regional Differences**". *J. Environment international*, v.(31), 63-75.

Yinxian, S., Junfeng, J., Changping, M., Zhongfang Y. , Xuyin Y., Godwin A. Ayoko, Ray L. Frost, (2010), "**Heavy metal contamination in suspended solids of Changjiang River — environmental implications**", *Geoderma, Volume 159, Issues 3–4, 15 November 2010, Pages 286-295*.

Yong, R. N. and Phadangchewit, Y., (1993), "**pH influence on selectivity and retention of heavy metals in some clay soil**", *can. Geotech .J.*, (30), 821-833.

Yong, R. N., Mohammed, A. M. O., Warkentin, B. P., (1992). "**Principles of contaminant transport in Soils**". Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 258 pp.

Zhang, J., (1995). "**Geochemistry of trace-metals from Chinese river estuary systems — an overview**", *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 41 (6), 631–658.

Zhifeng Y., Ying W., Zhenyao Sh., Junfeng N., Zhenwu T., (2009) , "**Distribution and speciation of heavy metals in sediments from the mainstream, tributaries, and lakes of the Yangtze River catchment of Wuhan, China**", *Journal of Hazardous Materials*, (166) 1186–1194

Abstract

Kashkan River, one of the major rivers of Lorestan Province which is considered as an important source of drinking, agricultural, and industrial water supply in the region. The river, flowing from north east to south west, is one of the major tributary of Karkheh River. The present study dealt with assessing of heavy metal concentration in water and in the surface sediment (from the junction of Madianrood to the junction to Seymareh River). To do so, 15 sediment samples along with 15 water samples were collected in order to determine physico-chemical parameters, anions and cations concentration, and ICP-MS tests. 11 elements, namely iron, aluminum, nickel, copper, lead, cobalt, strontium, selenium, zinc, arsenic, and chromium were selected with regards to the environmental priorities, the amount, and the variation of their concentrations. Generally, the geological formations of the region are classified in three groups: evaporative, carbonate, and terrigenous. Sedimentological studies showed that the sediment texture along the river changes from gravel-sand to muddy-gravel sand. The organic matter increases from upstream toward the downstream and the calcium carbonate in the sediments was affected by Gachsaran Formation. Nickel, iron, cobalt, aluminum, and chromium in the sediments influenced by Kashkan and Amiran formations while strontium and selenium in the sediments were affected by Gachsaran formation, have the highest concentration, and enrichment factor, and probably have geogenic sources. Copper, zinc, lead, and arsenic in the sediments might have geogenic and anthropogenic sources since the highest concentrations of the later were seen in the first station which is under the influence of Afrineh Oil Pump Station and fig farms in Zorantel. The maximum contamination degree was measured in the first station (anthropogenic parameters) and the sixth station (geogenic parameters). The maximum and minimum pollution load index (PLI) in Kashkan River is due to terrigenous and evaporative formations respectively. A comparison of the measured concentration with TEC and PEC showed that the quality of the sediments in third and ninth stations were more concerning in comparison with the other stations. The results of the study of water quality showed that the Kashkan River water quality is mostly affected by evaporative and carbonate formations. The water type of the river is carbonate-calcic and its pH is basic. The river water is over saturated with the dolomite, calcite, aragonite, hematite, and goethite minerals. Aluminum and iron concentrations were higher than WHO 2008 and concentrations of copper, selenium, cobalt, nickel, iron, and strontium were higher the average concentrations of elements in the rivers. The metal index in most stations was larger than one, which indicated the pollution in these stations.

Keywords: sediment, water, heavy metals, pollution, Kashkan River.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

**Assessment of heavy metals pollution in water and
surperfaicial sediment of Kashkan River(downstream of
Madian Rood tributary junction),Lorestan Provinc**

by

Hossein Ghasemzadeh

Supervisor:

Dr. B. Dahrazma

Advisor:

Dr A.h. Haghiabi

Dr B.Yosefi Yeganeh

Jan 2012