خلاصه گزارش:

بررسی شیمی آب و ژئوشیمی رسوبات رودخانه کاکارضا، استان لرستان

مقدمه:

رودخانه‌ها یکی از منابع اساسی تأمین‌کننده آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت به حساب می‌آیند، از طرفی دیگر رودخانه‌ها نقش مهمی در حمل فاضلاب‌های شهری، صنعتی و رواناب زمین‌های کشاورزی ایفا می‌کنند و بدین علت به راحتی تحت تأثیر آلودگی قرار می‌گیرند. آلودگی آب و رسوب رودخانه‌ها دارای دو منشاء زمین‌زاد و انسان‌زاد است. از جمله منابع زمین‌زاد و طبیعی می‌توان به فرسایش و هوازدگی سنگها و ورودی‌های جوی اشاره نمود. منابع انسان‌زاد نیز شامل منابعی چون کشاورزی، صنعت و معدن‌کاری است، که به دو شکل نقطه‌ی (مانند پساب‌های صنعتی) و غیر نقطه‌ی (مانند رواناب‌های ناشی از مناطق شهری و زمین‌های کشاورزی) وارد آب رودخانه‌ها می‌شوند.

رودخانه‌ی کاکارضا در شمال شرق شهر خرم‌آباد جریان داشته و از دامنه کوه‌های ازگن و قارون در شرق خرم‌آباد سرچشمه می‌گیرد، و در مسیر خود با عبور از کنار جاده خرم‌آباد– چغلوندی از داخل شهر چغلوندی نیز عبور می‌کند و در نهایت به رودخانه کشکان می‌ریزد. طول رودخانه‌ی کاکارضا تقریباً ۸۵ کیلومتر است و مساحت تقریبی حوضه آبگیر آن ۱۱۸۱ کیلومتر مربع است. از مهم‌ترین منطقه شهری در این محدوده شهر چغلوندی است، که از آب این این رودخانه برای تأمین آب کشاورزی این منطقه استفاده می‌شود. محدوده مورد مطالعه در حوضه آبگیر چغلوندی قرار گرفته است، که از نظر مطالعاتی با محدوده‌های الشتر، شیراوند و خرم‌آباد همجوار است. محدوده مورد مطالعه در گوشه‌ی شرقی حوضه آبگیر کرخه واقع شده است. دبی رودخانه کاکارضا در ایستگاه دهنو در دوره شاخص آماری ۴۰ ساله ۲/۷۷ مترمکعب بر ثانیه و در ایستگاه کاکارضا ۱۲ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شده است. عمده‌ترین واحدهای زمین‌شناسی منطقه شامل رسوبات آهکی رودیست و اربیتولین‌دار کرتاسه است که سطح وسیعی از منطقه را می‌پوشاند. سنگهای ولکانیکی نیز اغلب در زیر آهک کرتاسه فوق رخنمون دارند. سایر سازندهای رخنمون یافته عبارتند از: آهک مارنی و آهک آلوئولین‌دار ائوسن، آهک‌های ریفی اولیگومیوسن، مارن و آهک و ماسه‌سنگهای میوسن و رسوبات کنگلومرای بختیاری است که غالباً به صورت دگرشیب سایر رسوبات قدیمی را می‌پوشاند. علاوه بر این در این منطقه کنگلومرای جوان‌تر از کنگلومرای بختیاری مشاهده می‌شود که در اجزاء تشکیل‌دهنده این کنگلومرا قطعاتی از کنگلومرای بختیاری نیز دیده می‌شود.

بنابراین با توجه به اهمیت رودخانه کاکارضا که از آن برای تأمین آب آشامیدنی، صنایع و آبیاری زمین‌های کشاورزی منطقه استفاده می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی و ارزیابی ویژگی‌های کیفی و میزان آلودگی آب و رسوب این رودخانه صورت گرفته است.

نمونه‌برداری

به منظور بدست آوردن نتایج صحیح و دقیق در مورد کیفیت آب و رسوب و تعیین ارتباط بین آنها با عوامل طبیعی و انسان‌زاد می‌باید در ابتدا شناخت کلی از منطقه بدست آورد که این کار با بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه میسر می‌شود. بعد از بدست آوردن اطلاعات کلی از ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه و همچنین با توجه به راه‌های دسترسی موجود، محل‌های مناسب نمونه‌برداری مشخص شد و نمونه‌برداری از آب و رسوب رودخانه از ۱۵ ایستگاه به عمل آمد. نمونه‌های رسوب بعد از آماده‌سازی در آزمایشگاه جهت تعیین غلظت فلزات سنگین و پارامترهای فیزیکوشیمیایی مختلف مانند pH، مواد آلی و بافت مورد آنالیز قرار گرفتند و نمونه‌های آب نیز جهت تعیین فلزات سنگین، آنیون‌ها و کاتیون‌ها به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

ارزیابی کیفیت و آلودگی آب رودخانه کاکارضا

pH نمونه‌های آب رودخانه در طول تمام نقاط نمونه‌برداری در محدوده قلیایی (۷/۵ تا ۸/۷۶) قرار می‌گیرد و روند آن در طول رودخانه کمی افزایشی است که با توجه به زمین‌شناسی منطقه که عمدتاً از سنگهای آهکی است و در ایستگاه‌های پایانی که مارنی آهکی است قابل توجیه به‌نظر می‌رسد. نمونه‌های آب مورد مطالعه میزان هدایت الکتریکی از ۳۷۶ µmohs/cm تا ۶۰۹ تغییر می‌کند که به دلیل زیاد شدن دبی رودخانه و وقوع پدیده رقیق‌شدگی آب در پایین‌دست رودخانه، روند کلی تغییرات EC در طول رودخانه کاهشی است. از نظر سختی تمام نمونه‌های آب مورد مطالعه در محدوده سخت قرار می‌گیرند که علت آن را می‌توان به لیتولوژی منطقه یعنی انحلال کربنات‌ها و فرآیند تبادل یونی معکوس نسبت داد. به‌طورکلی در طول رودخانه تقریباً روند کاهشی در غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی مشاهده می‌شود که دلیل آن افزایش دبی رودخانه و وقوع پدیده رقیق‌شدگی است

بر اساس نمودار پایپر و استیف تیپ آب رودخانه کاکارضا در تمام نمونه‌ها بی‌کربناته و رخساره آنها کلسیک است که علت آن آهکی بودن سنگهای منطقه مورد مطالعه است. تمام نمونه‌های آب نسبت به کانیهای دولومیت، کلسیت و آراگونیت حالت نزدیک به اشباع دارند در حالتی که نسبت به کانیهای ژیپس، هالیت و انیدریت در حالت تحت اشباع می‌باشند که این نشان می‌دهد که ترکیب شیمیایی آب رودخانه توسط کانیهای کربناته کلسیتی کنترل می‌شود.

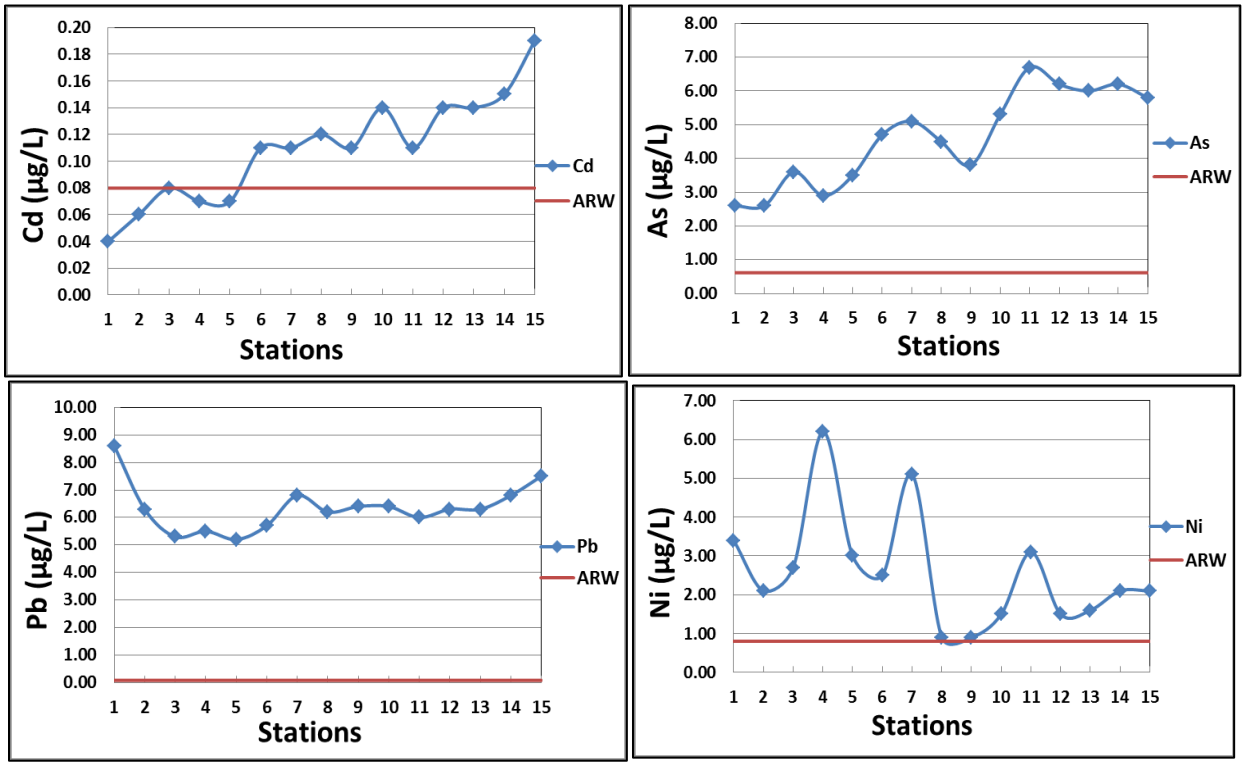
با توجه به نسبت‌های یونی منشاء سدیم و کلر در آب رودخانه انحلال، تبادل یونی معکوس و منشاء کلسیم از انحلال کلسیت و دولومیت می‌باشد.

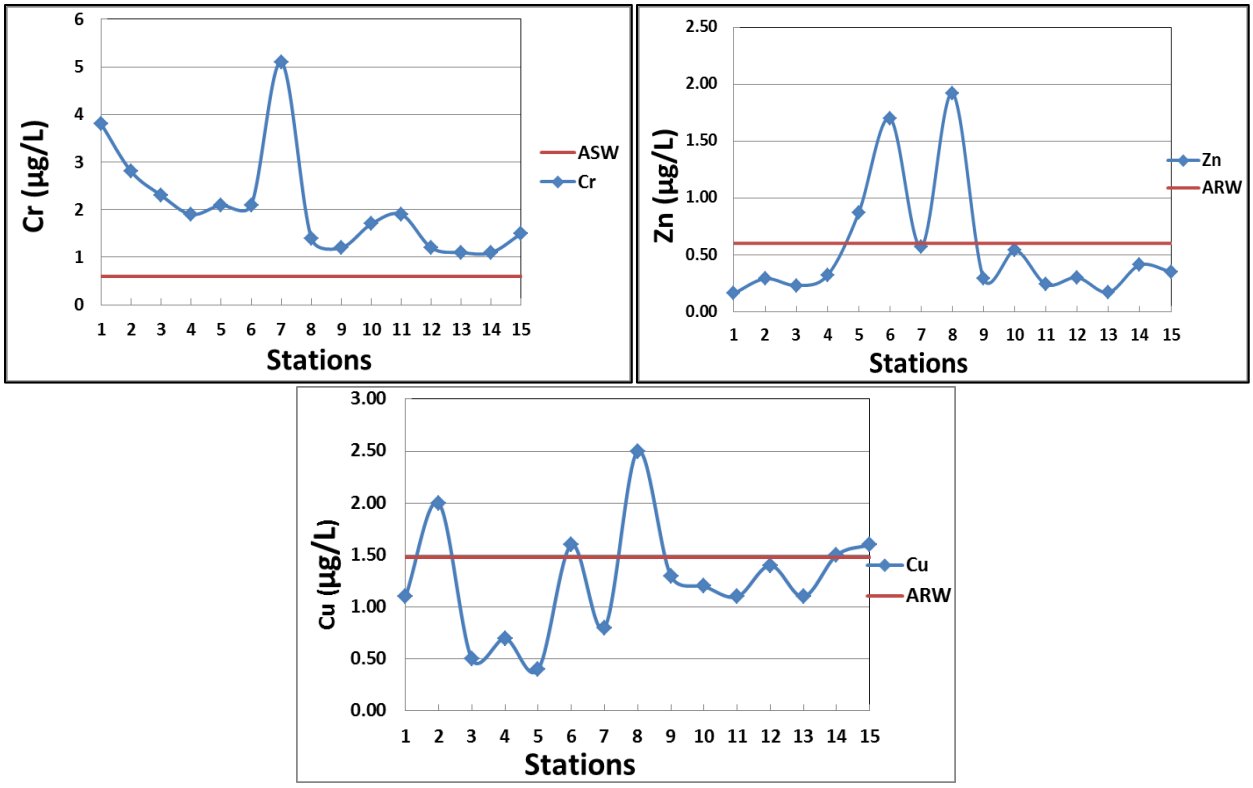
آب رودخانه با توجه به نمودار شولر از نظر شرب در رده خوب بوده و از نظر مصارف کشاورزی با توجه به نمودار ویلکاکس آب آن کمی شور ولی مناسب برای آبیاری است و با توجه به میزان RSC نیز، برای آبیاری مناسب است.

غلظت فلزات در آب رودخانه کاکارضا به‌طور کلی پایین است به گونه‌ای که غلظت هیچ کدام یک از فلزات بالاتر از میانگین غلظت فلزات در آب که به‌وسیله‌ی سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2011) توصیه شده نمی‌رسد. علت

کم بودن غلظت فلزات در نمونه‌های آب را می‌توان به بالا بودن pH آب نسبت داد چرا که در pHهای بالا، انحلال‌پذیری بسیاری از فلزات کاهش یافته و تمایل به جذب در داخل رسوبات دارند.

چنانچه غلظت تک‌تک فلزات را مورد بررسی قرار دهیم خواهیم دید که غلظت کادمیم از بالادست به سمت پایین دست رودخانه افزایش می‌یابد که دلیل آن می‌تواند به فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای فسفاته در زمین‌های کشاورزی و باغات اطراف رودخانه بویژه در ایستگاهای انتهای رودخانه مربوط باشد. غلظت نیکل نیز به علت آهکی بودن سنگهای منطقه در طول رودخانه روند تقریباً یکنواختی را نشان می‌دهد. روند افزایشی مشخصی در غلظت آرسنیک مشاهده می‌شود که علت آن استفاده از کودهای فسفاته و سموم دفع آفات در باغات و زمین‌های کشاورزی اطراف رودخانه است. روند کلی تغییرات مس تقریباً یکنواخت می‌باشد با این حال در ایستگاه‌های ابتدایی افزایشی در غلظت آن مشاهده می‌شود که دلیل آن رخنمون سنگهای آذرین در نزدیکی این ایستگاه است. غلظت سرب و روی در آب به دلیل قلیایی بودن محیط پایین می‌باشند چون در محیط‌های قلیایی سرب و روی ار ترکیب آب حذف و جذب رسوبات می‌شود ولی منابع انسان‌زاد (مانند تخلیه‌ی فاضلاب‌های شهری و روستایی) باعث افزایش غلظت سرب در برخی ایستگاه‌ها شده‌اند. تغییرات غلظت کروم در نمونه‌های آب به گونه‌ای است که نمی‌توان برای آن یک روند عمومی کاهشی یا افزایشی در نظر گرفت، بنابراین منشاء این فلز در نمونه‌های آب طبیعی (لیتوژنیک) است (شکل ۱).





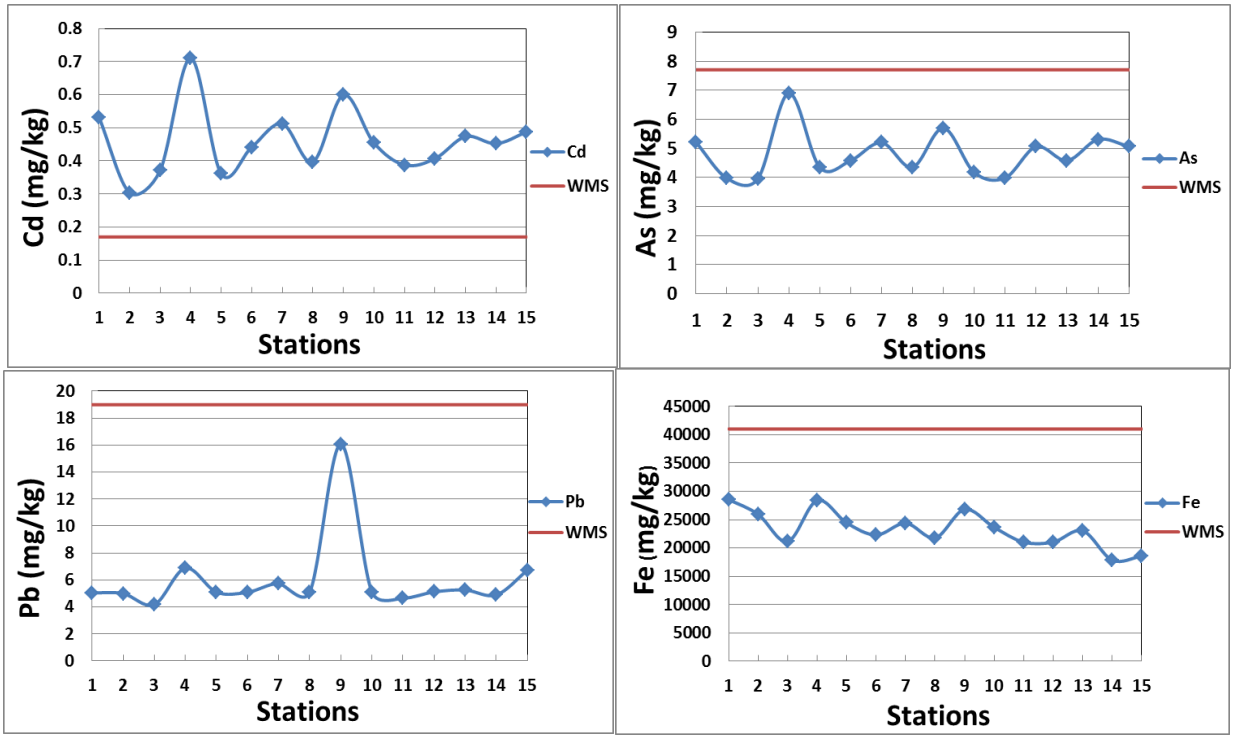
شکل (۱): نمودارهای مقایسه‌ای غلظت فلزات سنگین در آب رودخانه کاکارضا با میانگین جهانی آب رودخانه‌ها

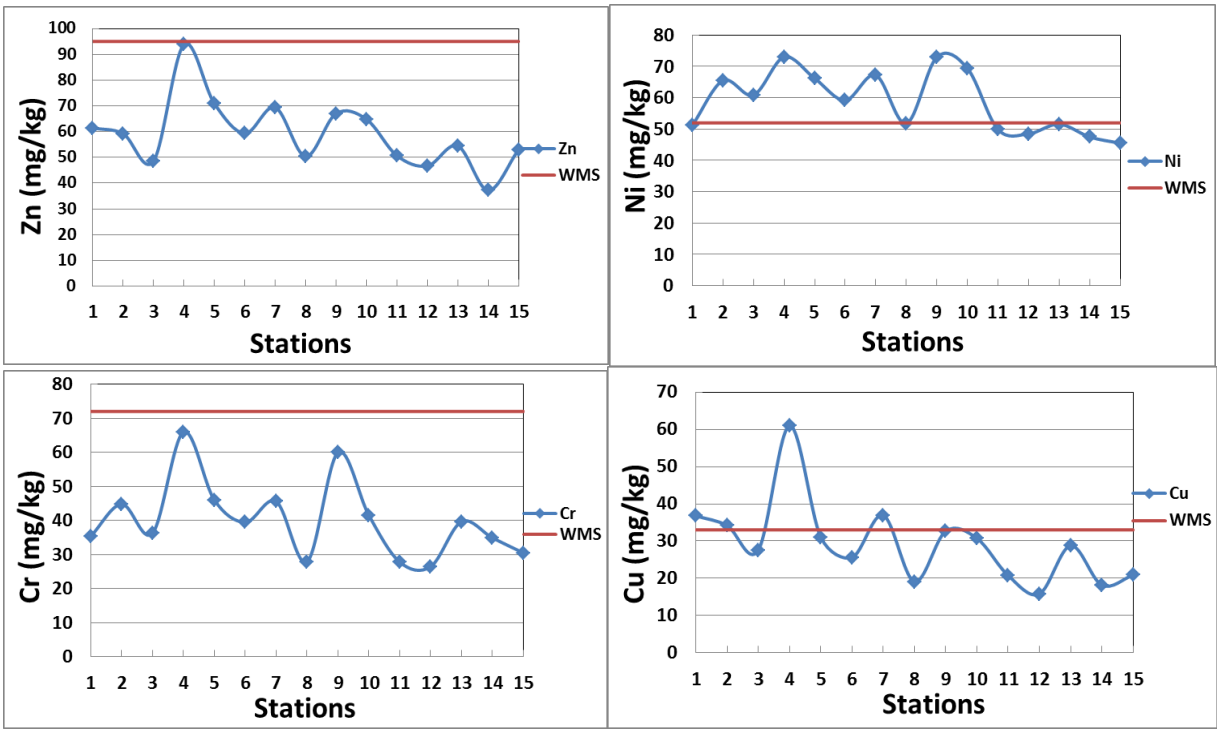
کیفیت و آلودگی رسوبات بستر رودخانه کاکارضا

نتیجه اندازه‌گیری‌های دانه‌سنجی نشان می‌دهد که رسوبات رودخانه در نقاط نمونه‌برداری دارای چهار بافت گراول ماسه‌ای (SG)، ماسه گراولی (gS)، گراول ماسه‌ای گلی (msG) و گراول (G) می‌باشند. بافت رسوبات در نقاط نمونه‌برداری عمدتاً تحت تأثیر شدت جریان آب رودخانه است، به گونه‌ای که در نقاطی که جریان کم است بافت ماسه‌ای می‌شود و در نقاطی که جریان زیاد است بافت گراولی است.

pH تمامی نمونه‌های رسوب در محدوده‌ی قلیایی (۷/۷۹-۸/۸۶) قرار می‌گیرد که علت آن گسترش سازندهای آهکی در منطقه است. تغییرات ماده آلی از بالادست به سمت پایین‌دست نقاط نمونه‌برداری زیاد نمی‌باشد. تغییرات ماده آلی در محدوده مورد مطالعه به بافت رسوبات، سرعت جریان و فعالیت‌های کشاورزی و باغبانی بستگی دارد. به گونه‌ای که در ایستگاه‌های شماره ۹ و ۱۰ (پیرماهی و گل زرد) که بافت رسوبات دانه‌ریز بوده و جریان آب حالت راکد دارد و همچنین میزان فعالیت‌های کشاورزی زیاد است، بیشترین میزان ماده آلی در رسوبات مشاهده می‌شود. در حالی که در ایستگاه شماره ۱۲ (قبل سد) کمترین میزان ماده آلی دیده می‌شود که علت آن کاهش تراکم پوشش گیاهی و همچنین دانه درشت بودن بافت رسوبات و سرعت زیاد جریان آب است.

با اندازه‌گیری و بررسی تغییرات غلظت هر یک از فلزات در رسوبات رودخانه مشاهده شد که غلظت کادمیم در تمام نقاط نمونه‌برداری بالاتر از میانگین جهانی رسوبات است که در این افزایش غلظت نقش فعالیت‌های انسان‌زاد (مانند کشاورزی و باغبانی) بیشتر از عوامل زمین‌زاد (سازندهای مارنی و ماسه سنگی) می‌باشد. تغییرات سرب و آرسنیک نیز در بیشتر ایستگاه‌ها مشابه تغییرات کادمیم است، که علت آن یکسان بودن منشاء و عوامل کنترل‌کننده غلظت این فلزات است. سرب در ایستگاه شماره ۹ (ایستگاه پیرماهی)دارای بیشترین غلظت می‌باشد که علت آن با توجه به بالا بودن ماده آلی در این ایستگاه و در نتیجه جذب توسط ماده آلی است. غلظت مس در ایستگاه‌های شماره ۱، ۲، ۴ و ۷ (ایستگاه های کاسیان، بندجوب، گولاب و کورنوکر) بیشتر از میانگین جهانی رسوبات است، و می‌توان برای آن منشاء عمدتاً زمین‌زاد (رخنمون سنگهای آذرین) در نظر گرفت. آهن در ایستگاه‌های نمونه‌برداری دارای تغییرات کمی است و غلظت آن در تمام نقاط نمونه‌برداری پایین‌تر از میانگین جهانی رسوبات می‌باشد و منشاء قطعاً طبیعی است. غلظت کروم به علت آهکی بودن سنگهای منطقه، در تمام نقاط نمونه‌برداری پایین‌تر از میانگین جهانی رسوبات است. غلظت روی نیز در در تمام نقاط نمونه‌برداری پایین‌تر از این است، افزایش روی در ایستگاه‌های ابتدایی به علت رخنمون سنگهای آذرین بوده و در سایر ایستگاه‌ها روند تغییرات آن یکنواخت است. در مورد فلز نیکل مقایسه غلظت این فلز با غلظت میانگین آن در رسوبات جهانی مشاهده می‌شود که آن در بیشتر نقاط نمونه‌برداری (ایستگاه‌های شماره ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۹ و ۱۰ (ایستگاه‌های بندجوب، چغلوندی، گولاب، سراب ملکی، بیدهل، کورنوکر، پیرماهی و گل زرد) کمی بالاتر از غلظت میانگین رسوبات جهانی است. در محیط‌های قلیایی نیکل تمایل به جذب در سطح رسوبات دارد لذا غلظت آن در رسوبات کمی افزایش یافته است (شکل۲).





شکل (۲): نمودارهای مقایسه‌ای غلظت فلزات سنگین در رسوبات رودخانه کاکارضا با میانگین جهانی رسوبات

با توجه به نتایج حاصل از محاسبه ضریب غنی‌شدگی برای فلزات مورد بررسی در نقاط نمونه‌برداری معلوم شد که رسوبات نسبت به کروم بدون غنی‌شدگی، نیکل بدون غنی‌شدگی تا غنی‌شدگی اندک، مس بدون غنی‌شدگی تا غنی‌شدگی اندک، روی غنی‌شدگی اندک، کادمیم غنی‌شدگی متوسط تا نسبتاً شدید، سرب بدون غنی‌شدگی تا غنی‌شدگی اندک و آرسنیک غنی‌شدگی متوسط تا نسبتاً شدید می‌باشد. علت غنی‌شدگی نسبتاً شدید دو عنصر کادمیم و آرسنیک به ورود آنها بوسیله رواناب‌های کشاورزی یا فاضلاب‌های شهری و روستایی به داخل رودخانه مربوط می‌باشد.

محاسبه ضریب زمین‌انباشت نشان داد که فلزات کروم، آهن، نیکل،مس، سرب و آرسنیک در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری دارای شاخص زمین‌انباشت منفی هستند که طبق طبقه‌بندی ضریب زمین‌انباشت (Igeo) در رده غیر آلوده (کلاس۱) قرار می‌گیرند و کادمیم نیز در ایستگاه شماره ۲ (بندجوب) در رده غیرآلوده (کلاس ۱)، در ایستگاه شماره ۴ (گولاب) در رده کمی آلوده (کلاس ۳) و در سایر ایستگاه‌ها در رده غیر آلوده تا کمی آلوده (کلاس ۲) قرار می‌گیرد که علت آن ورود رواناب‌های کشاورزی به داخل رودخانه است.

بررسی ضریب همبستگی به روش کندال (Kendall's) بین داده‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که فلزات آهن، کروم، روی، مس و نیکل دارای همبستگی معنادار و بالایی هستند که نشان‌دهنده‌ی منشاء یکسان و عمدتاً زمین‌زاد این فلزات در رسوبات است. سرب، آرسنیک و کادمیم نیز دارای همبستگی معناداری با یکدیگر می‌باشند که

یکسان بودن منشاء و انسان‌زاد این فلزات را نشان می‌دهد. ماده آلی و pH به علت بازه کم تغییرات خود با هیچ یک از فلزات همبستگی نشان نمی‌دهند.

نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای نیز مؤید نتایج همبستگی داده‌ها است به‌طوری که بر طبق این روش فلزاتی چون مس، آهن، نیکل، کروم و روی در یک خوشه قرار می‌گیرند و در مقابل آرسنیک، کادمیم و سرب نیز تشکیل یک خوشه جداگانه را می‌دهند که منشاء متفاوت این فلزات را مورد تأکید قرار می‌دهد.

بر طبق نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌ای اصلی نیز، تعداد دو مؤلفه اصلی استخراج شد. مؤلفه اول دارای بارگذاری مثبت و بالایی از آهن، نیکل، مس، روی و کروم می‌باشد. مؤلفه دوم نیز شامل آرسنیک، کادمیم و سرب است که نشان‌دهنده‌ای منشاء مشترک این فلزات می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه اصلی با تحلیل خوشه‌ای و همبستگی مطابقت دارد، و بر اساس آن می‌توان نتیجه گرفت که غلظت بیشتر فلزات در نمونه‌های رسوب دارای منشاء زمین‌زاد بوده ولی در برخی ایستگاه‌ها منابع انسان‌زاد بر غلظت برخی از فلزات اثر گذاشته‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این پروژه از همکاری مهندس امیدسیفی مدیر عامل محترم شرکت آب‌منطقه‌ای لرستان، مهندس زیدعلی، مهندس ابراهیمی و سرکارخانم برمه‌زیار که انجام این پژوهش را ممکن ساختن تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

مهندسین مشاور سازه آب شفق، (۱۳۹۰)، "گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوضه آبگیر رودخانه کرخه: جلد سوم- بیلان آب در محدوده مطالعاتی چغلوندی"، ۶۵ ص.

مهندسین مشاور سامان آبراه، (۱۳۹۰)، "مطالعات نیمه تفصیلی آبهای زیرزمینی محدوده مطالعاتی چغلوندی: جلد دوم- گزارش زمین شناسی"،۷۲ ص.

WHO. (2011) "Guidelines for Drinking – Water Quality" World Health Organization, 4rd ed, pp. 564.

Kabata-Pendias A. (2011).**"Trace elements in soils and plants**." 4rd ed. CRC Press. LLC, Boca Raton, pp 534.

Kabata-Pendias A., Mukherjee A. B. (2007).**"Trace elements from soils to Human."** Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 561.

Kabata-Pendias A., Pendias H. (2001).**"Trace elements in soils and plants**." 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, pp 413.

Hem .J.D. (1985). "**Study and Interprtation of the Chemical Characteristics of Natural Water."** U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2254. Third Edition, P. 272.