

بررسی کیفی آب های سطحی و زیرزمینی روستاهای اطراف معدن مس درآلو از نظر آنیون ها و وجود عناصر سنگین

فرشته حسن زاده*^۱، محمود شمس الدینی^۲

۱- دانشجوی دکتری مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان، fereshte.hasanzaadeh@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان، Mahmoud.shamsaddini@gmail.com

چکیده

منطقه مورد مطالعه شامل دو حوضه می شود که حوضه اول در بر گیرنده کانسار معدنی مس درآلو است و عملیات معدن کاری در مراحل اولیه انجام می باشد و حوضه دوم در شمال معدن قرار گرفته است. دو حوضه توسط ارتفاعات کوه سرتشتک از یکدیگر جدا شده اند. نمونه برداری در ۳۰ نقطه انجام شد و با استفاده از روش ICP-MS در آزمایشگاه زرآما ماهان و کرمان مولکول آنالیز گردیدند. غلظت آنیون ها، کاتیون ها و همچنین تعدادی از عناصر سنگین (As, Ba, Cd, Cu, Fe, Sn, U, Zn, V, B) در آب زیرزمینی که تامین کننده آب آشامیدنی روستاهای حوضه (۲) نیز بود اندازه گیری شد و مقادیر آن ها با استاندارد جهانی سازمان بهداشت جهانی (WHO) و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S EPA) مقایسه گردید. غلظت کلیه عناصر سنگین بسیار ناچیز و در حد مجاز مشخص شد به جز کادمیوم و اورانیوم که اندکی از خود غنی شدگی نشان دادند. مقدار غلظت متوسط کادمیوم و اورانیوم در حوضه (۱) به ترتیب ۶/۹۹ و ۹/۱ میکروگرم بر لیتر و در حوضه (۲) به ترتیب ۱۰/۳۸ و ۲۲/۹۱ میکروگرم بر لیتر اندازه گیری شد. این دو عنصر از نظر شدت غنی شدگی جزء گروه غنی شدگی جزئی تقسیم بندی شدند. بنابراین نتیجه می شود که در آب های زیرزمینی دو حوضه آلودگی وجود ندارد و در حال حاضر وجود کانسار معدنی و عملیات معدن کاری تاثیری بر کیفیت آب های زیرزمینی منطقه نداشته و آب آشامیدنی روستاهای مجاور که از آب های زیرزمینی منطقه تامین می شوند، از کیفیت مطلوبی برخوردار است.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، کیفیت آب زیرزمینی، معدن مس درآلو، ارتفاعات کوه سرتشتک.

مقدمه

ترکیب شیمیایی طبیعی و اولیه خود را از دست می دهند. نمونه برداری و آنالیز آب زیرزمینی یک عامل بسیار مهم برای ایجاد یک زمینه ژئوشیمیایی جهت تعیین اکتشاف کانسارها، آلاینده های طبیعی و آلودگی های زیست محیطی می باشد (Atapour, 2012). بررسی عناصر سنگین به دلیل داشتن پتانسیل سمیت و مشکلاتی که برای محیط زیست و سلامتی انسان و حیوان ایجاد می کند، اهمیت بسیاری دارد. برای مثال عناصر Cu, Zn, Fe و Ni به عنوان عناصر ضروری در بدن انسان محسوب می شوند اما مقادیر بالای آن برای بدن انسان خطرناک است. از جمله می توان به Ni, Cd, Cr به عنوان عناصر سرطان زا و Pb به عنوان عنصری که باعث ایجاد اختلال در سیستم عصبی می شود اشاره نمود (ملکوتیان و محمدی، ۱۳۹۳). حضور عناصر سنگین در بسیاری از معادن دنیا و ایران مورد بررسی قرار

آب یکی از مهمترین منابع حیاتی در سلامتی انسان و به طور کلی اکوسیستم می باشد که با توجه به کیفیت آن می توان در اهداف کشاورزی، مصرف دام و انسان استفاده نمود. کیفیت آب آشامیدنی تا حد زیادی در ارتباط با کیفیت آب های زیرزمینی که به عنوان یکی از منابع تامین کننده آب محسوب می شود، می باشد (Mohankumar et al., 2016). در اکثر مناطق معدنی آب های سطحی و زیرزمینی معمولاً تحت تاثیر آلاینده هایی از جمله فلزات سنگین قرار می گیرند. این آلاینده ها می تواند هم منشاء طبیعی (زمین شناسی) و هم منشاء انسان زاد داشته باشند. به طور کلی معدن کاری و کارخانجات ذوب می تواند از عوامل ورود عناصر سنگین به آب های سطحی و زیرزمینی محسوب شود (Gajere & Okegye, 2015). هنگامی که آب های سطحی و زیرزمینی در تماس با پساب های صنعتی، کشاورزی و خانگی قرار می گیرند،

جنوب این کوه واقع شده است شامل کانسار معدنی مس درآلو می‌باشد که در مرحله خاکبرداری و دپو قرار دارد. حوضه شماره ۲ در شمال کوه تخت سرشتک واقع شده که شامل روستاهای زیادی است که آب شرب این اهالی از چشمه‌ها و قنات‌های این منطقه تامین می‌گردد. راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق جاده کرمان-بافت می‌باشد که پس از طی مسافت ۳۳ کیلومتر در مجاورت روستای بهرامجرد یک جاده آسفالتی باریک از آن به طرف جنوب جدا شده و با عبور از روستاهای گلزار، شیرینک و چهار طاق از طریق جاده خاکی کوهستانی به طول حدود ۳۰ کیلومتر به محدوده کانسار می‌رسد. این محدوده دارای زمستان‌های سرد و پوشیده از برف و تابستان‌های معتدل است، به طوری که حداکثر درجه حرارت در تابستان کمتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن در زمستان به کمتر از ۲۰- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. میزان بارندگی سالیانه حدود ۳۰۰ میلی‌متر است. پوشش گیاهی منطقه شامل درمنه، گون، ارجن، بادام کوهی و بنه بوده و میانگین ارتفاع در محدوده کانسار (حوضه ۱)، ۳۱۰۰ متر و بلندترین نقطه آن در شمال شرق، ۳۲۰۰ متر و پست ترین نقطه آن در بستر رودخانه درآلو، ۲۹۰۰ متر می‌باشد (شکل ۱).

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیم بندی کشوری قسمتی از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ساردوبیه و راین را شامل می‌شود. این محدوده توسط واحدهای ولکانیکی و توده‌های نفوذی پوشیده شده است. مهمترین واحدهای رخنمون یافته در حوضه شماره (۱)، آندزیت، آندزیت-بازالت همراه با پیروکلاستیک‌ها، ریولیت و گرانودیوریت است. سن زمین شناسی این محدوده به دوره زمانی آئوسن تا الیگوسن نسبت داده شده است و در بعضی بخش‌های محدوده به طور جزئی واحدهای تراستی و رسوبات جوان کواترنری دیده می‌شود. جوان بودن واحدهای سنگی

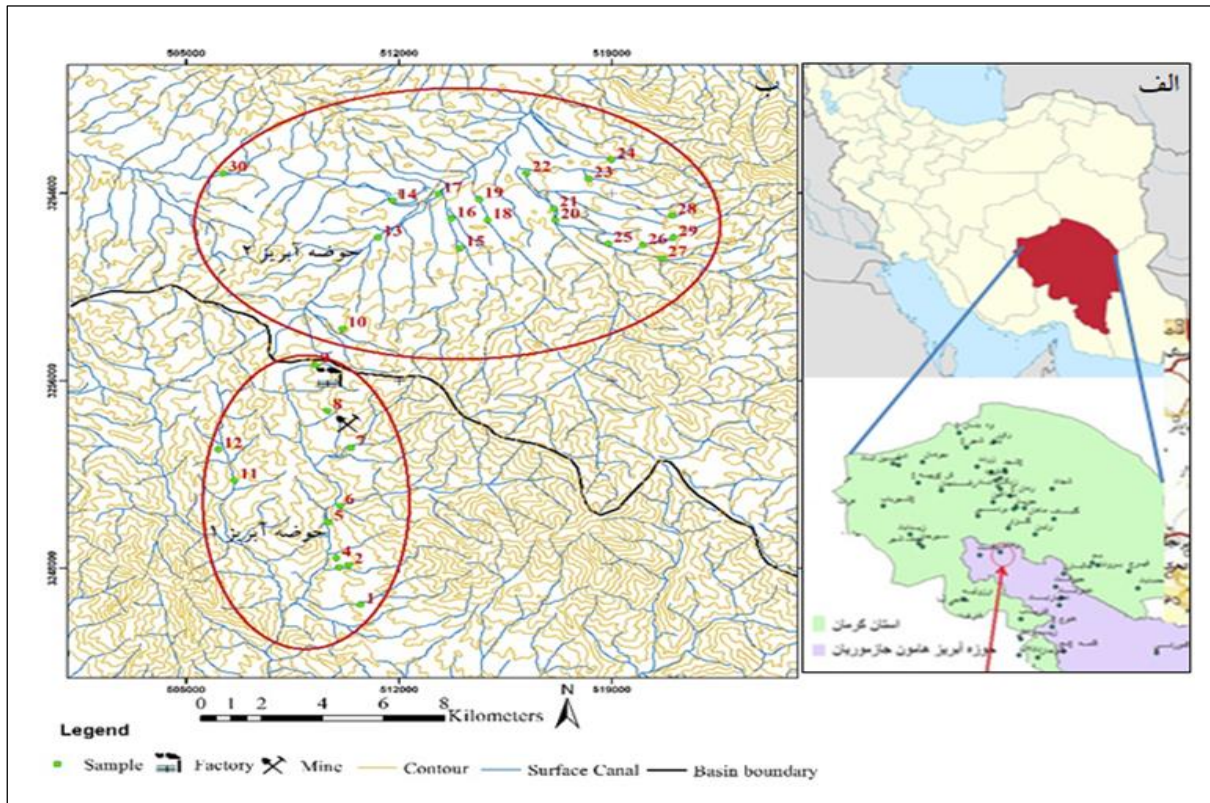
گرفته است. از جمله آن می‌توان نحوه مهاجرت و حذف فلزات سنگین ناشی از باطله های معدن سنگ آهن در کشور چین (Zhang et al., 2017) همچنین بررسی میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی معدن سنگ آهن گل گهر سیرجان توسط فلزات سنگین (Jahanshahi & Zare, 2015) اشاره کرد.

از جمله مناطقی که در زمینه بررسی کیفیت سفره های آب زیرزمینی از نظر حضور فلزات سنگین در ایران و همچنین در استان کرمان انجام شده است می‌توان به شهرهای اردبیل (عالقدر و همکاران، ۱۳۸۶)، کرمان (حسن زاده و همکاران، ۱۳۸۹)، اسلامشهر (ولی نژاد و همکاران، ۱۳۹۵)، دشت سیرجان (ملکوتیان و محمدی، ۱۳۹۳)، رفسنجان (ملکوتیان و خاشی، ۱۳۹۳) و انار (دهقانی و عباس نژاد، ۱۳۸۹) اشاره کرد.

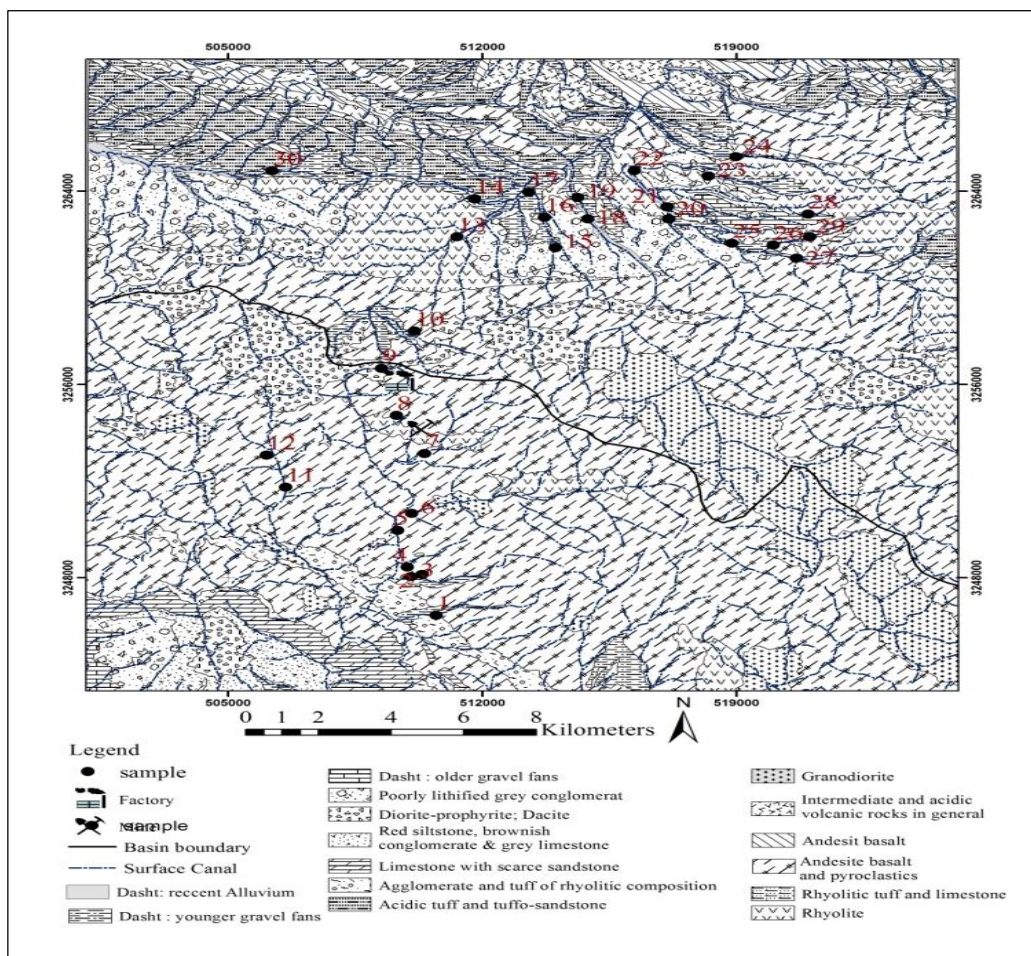
هدف این مطالعه بررسی آب‌های سطحی و زیرزمینی اطراف معدن مس درآلو و تاثیر آن بر کیفیت آب آشامیدنی روستاهای واقع در حوضه مجاور می‌باشد. در حال حاضر عملیات معدن‌کاری در معدن مس درآلو در مراحل اولیه استخراج می‌باشد و کارخانه تغلیظ شروع به فعالیت نکرده است و انتظار می‌رود که کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه به طور غالب تحت تاثیر فرایندهای ژئوسفر و هیدروسفر قرار بگیرند. به منظور بررسی کاتیون‌ها و آنیون‌های منابع آب آشامیدنی اطراف معدن درآلو از ۳۰ ایستگاه شامل ۲۴ قنات، ۲ چشمه و ۴ رودخانه نمونه برداری شد.

در انتخاب محل نمونه برداری سعی شده است که از منابعی نمونه برداری شود که مصرف شرب دارند و جمعیت بیشتری را تحت پوشش خود قرار می‌دهند. منطقه مورد مطالعه به دو حوضه (۱) و (۲) تقسیم گردید که کانسار معدنی درآلو در حوضه (۱) واقع گردیده است. نتایج آنالیز ۳۰ نقطه نمونه برداری از منطقه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S EPA) مقایسه گردید.

در حال حاضر وجود کانسار معدنی و عملیات معدن‌کاری تاثیری بر کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه نداشته و آب آشامیدنی روستاهای مجاور که از آب‌های زیرزمینی منطقه تامین می‌شوند، از کیفیت مطلوبی برخوردار است. منطقه مورد مطالعه دارای مختصات ۵۰۱۳۰۶ تا ۵۲۵۱۰۳ شرقی و ۳۲۶۹۵۶۴ تا ۳۲۴۳۹۳۳ شمالی در سیستم متریک می‌باشد و دارای دوحوضه آبریز است که توسط ارتفاعات کوه تخت سرشتک جدا شده اند. حوضه شماره (۱) که در



شکل ۱- الف) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ب) نقشه توپوگرافی و محل نقاط نمونه برداری شده



شکل ۲- نقشه زمین شناسی منطقه و موقعیت نقاط نمونه برداری شده (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۵۰)

جهت آنالیز آنیون‌ها و پارامترهای فیزیکوشیمیایی برداشت گردید. نمونه مربوط به کاتیون‌ها در محل برداشت توسط اسید نیتریک به pH کمتر از ۲ رسانده شد و کل نمونه‌ها تا زمان انجام آنالیز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و دور از نور خورشید نگهداری شدند.

مقدار آنیون‌های HCO_3^- ، Cl^- ، NO_3^- و SO_4^{2-} با استفاده از روش کروماتوگرافی در آزمایشگاه مولکول کرمان و مقدار Al ، Na ، Ca ، Fe ، Mg ، P ، Cu ، Zn ، Cr ، Co ، Sn ، V و Ba ، Sr با استفاده از روش ICP-MS در آزمایشگاه زرآما ماهان تعیین گردید. با استفاده از دو نمونه تکراری برداشت شده مقدار انحراف معیار (SD) محاسبه شد تا دقت آنالیزهای انجام شده بررسی شود.

نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی

بعد از اندازه‌گیری مقدار کاتیون‌ها، آنیون‌ها و عناصر سنگین در ۳۰ محل نمونه‌برداری شده و اطمینان از دقت اندازه‌گیری‌ها، مقدار ماکزیمم، مینیمم، متوسط غلظت و انحراف استاندارد و فاکتور غنی‌شدگی آن‌ها در هر دو حوضه محاسبه شد. محاسبه فاکتورهای غنی‌شدگی نسبت به میانگین استاندارد جهانی، مقادیر سازمان بهداشت جهانی (WHO) و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S EPA) (Reimann & Caritat, 2005) برای آب آشامیدنی صورت گرفت و نقشه پراکنندگی آنیون‌ها و عناصر سنگین در منطقه مورد بررسی رسم شد. به طور کلی هیچ‌یک از عناصر غنی‌شدگی قابل توجهی از خود نشان ندادند به جز اورانیوم در حوضه آبریز (۲) که به مقدار جزئی نسبت به استانداردهای سازمان بهداشت جهانی غنی‌شدگی از خود نشان داد. همچنین غلظت عنصر کلسیم در هر دو حوضه نسبت به استاندارد آب آشامیدنی آمریکا غنی‌شدگی نشان می‌دهد. در ادامه تفسیر هر یک از آنیون‌ها و عناصر سنگین آورده شده است.

آنیون‌های اصلی

نترات (NO_3^-): بیشترین مقدار نترات در حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۴/۶۵ و ۱۸/۶ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد که نسبت به مقادیر استاندارد جهانی (WHO) و استانداردهای آب آشامیدنی آمریکا (U.S EPA) بسیار کوچکتر و در حد مجاز است و ضریب غنی‌شدگی به

محدوده از یک سو و شرایط آب و هوایی و توپوگرافی از سوی دیگر باعث شده که رسوبات کواترنری گسترش محدودی داشته باشند. بطور کلی واحدهای منسوب به این دوران شامل ۵ واحد رسوبی شامل رسوبات پادگانه‌های قدیمی، رسوبات پادگانه‌های جوان، رسوبات پادگانه‌های آهن‌دار که این رسوبات متشکل از واریزه‌ها و برش‌هاست که توسط سیمان اکسید آهن به هم جوش خورده اند و به عنوان تراس‌های آهن‌دار معرفی می‌شوند، رسوبات آبراهه جوان که رسوبات تشکیل‌دهنده آن را واحدهای آذرین و آذرآواری محدوده تشکیل می‌دهند و رسوبات واریزه‌ای که متشکل از قطعات و واریزه‌های دامنه‌ای است و در اثر نیروی آب و ثقل به طرف کوهپایه جریان پیدا کرده‌اند و روی سنگ‌های آندزیتی را پوشانده است. در حوضه (۲) جنس توده‌های آذرین اغلب آندزیت بازالت، پیرو کلاستیک و ریولیت می‌باشد و واحدهای رسوبی گسترش بیشتری دارند. از جمله آن‌ها می‌توان به ماسه سنگ‌های خاکستری، سنگ‌های آهکی و کنگلومرای قهوه‌ای اشاره نمود. رسوبات کواترنری به شکل گسترده‌ای در این حوضه گسترش پیدا کرده است که شامل پادگانه‌های جدید و قدیمی و رسوبات آبرفتی می‌باشد (شکل ۲) (شرکت مهندسی مشاور زرناب ایران، ۱۳۹۳؛ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۵۰).

روش نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌ها

منابع آب آشامیدنی اطراف معدن درآلو شامل قنات، چشمه و آب‌های جاریست که از ۲۴ قنات، ۲ چشمه و ۴ رودخانه نمونه‌برداری انجام شد. در انتخاب محل نمونه‌برداری سعی شد از منابعی نمونه‌برداری شود که مصرف شرب دارند و جمعیت بیشتری را تحت پوشش خود قرار دهند. موقعیت نقاط نمونه برداری شده در شکل (۲) نشان داده شده است. برای نمونه‌گیری از ظروف پلی اتیلنی که از قبل توسط اسید نیتریک ۱۰٪ و آب مقطر شستشو داده شده بود استفاده شد. سپس ظرف نمونه‌برداری سه بار با آب نمونه‌برداری شده شستشو داده شد و در نهایت نمونه برداشت گردید. pH، مجموع جامدات حل شده (TDS) و دمای نمونه آب در محل نمونه برداری با استفاده از دستگاه pH سنج اندازه‌گیری شد. از هر منبع دو نمونه یکی به منظور آنالیز کاتیون‌ها و فلزات سنگین و دیگری

ترتیب ۰/۰۲۵ و ۰/۱۲۵ در حوضه (۱) و ۰/۰۹ و ۰/۴۴۸ در حوضه (۲) می باشد (جدول ۱). مقدار نیترات در آب های زیرزمینی حوضه (۲) نسبت به حوضه (۱) بیشتر است که البته با توجه به شباهت زیاد سنگ شناسی دو منطقه، منشاء آن می تواند انجام فعالیت های انسانی یا کشاورزی باشد. نقشه پراکندگی نیترات در آب های زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه در شکل (۳) نشان داده شده است.

کلر (Cl⁻): بیشترین مقدار کلر در آب های زیرزمینی حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۱۵/۷۹ و ۸۶/۳۴ میلی گرم بر لیتر می باشد و غلظت متوسط آن در حوضه (۲) تقریباً ۲ برابر حوضه (۱) است. به طور کلی کلر در هر دو حوضه (۱) و (۲) نسبت به استاندارد جهانی (WHO) به ترتیب ۲/۴ و ۴/۳ از خود غنی شدگی نشان می دهند اما نسبت به استاندارد (U.S EPA) در حد مجاز می باشد (جدول ۱). ضریب همبستگی TDS و آنیون کلر در حوضه (۲) حدود ۷۵ درصد که البته این همبستگی در حوضه (۱) بسیار کوچکتر است (شکل ۷ و ۸). علت وجود همبستگی بالا در حوضه (۲) احتمالاً در ارتباط با رسوبات تبخیری است در منطقه وجود دارد.

سولفات (SO₄²⁻): مقادیر این آنیون در هر دو حوضه بسیار پایین و در حد مجاز استاندارد آب های آشامیدنی آمریکاست و غنی شدگی در حوضه (۱) و (۲) بسیار نزدیک به هم و به ترتیب ۰/۲۹ و ۰/۲۲ میلی گرم بر لیتر می باشد (جدول ۱). این آنیون در هر دو حوضه همبستگی بسیار بالایی (۸۳ درصد در حوضه (۱) و ۷۳ درصد در حوضه (۲)) با مقدار TDS از خود نشان می دهد (شکل ۷ و ۸). منشا یون سولفات در دو حوضه می تواند متفاوت باشد. در حوضه (۱) وجود پیرت های ناشی از کانسازسازی مس می تواند عامل ایجاد یون های سولفات باشد و در حوضه (۲) حضور سولفات ها می تواند ناشی از وجود لایه های تبخیری در واحدهای رسوبی این منطقه باشد (نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰/اراین و ساردویی، ۱۳۳۴).

کاتیون های اصلی و فلزات سنگین

آلومینیوم: مقدار متوسط آلومینیوم در حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۹ میکرو گرم بر لیتر می باشد که نسبت

به متوسط استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) بسیار ناچیز است (جدول ۲). آلومینیوم عنصری است که تحت شرایط عادی تحرک کمی داشته و در pH کمتر از ۵/۵ قابلیت حلالیت یا انحلال پذیری آن افزایش یافته و از کانیهای سیلیکاتی آزاد می شود. لذا مقدار آن در آب های زیرزمینی بسیار کم است (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۹). به خصوص این که محیط مورد مطالعه اسیدی نمی باشد.

کاتیون های اصلی و فلزات سنگین

آلومینیوم: مقدار متوسط آلومینیوم در حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۹ میکرو گرم بر لیتر می باشد که نسبت به متوسط استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) بسیار ناچیز است (جدول ۲). آلومینیوم عنصری است که تحت شرایط عادی تحرک کمی داشته و در pH کمتر از ۵/۵ قابلیت حلالیت یا انحلال پذیری آن افزایش یافته و از کانیهای سیلیکاتی آزاد می شود. لذا مقدار آن در آب های زیرزمینی بسیار کم است به خصوص این که محیط مورد مطالعه اسیدی نمی باشد.

سدیم: مقدار متوسط سدیم در حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۱/۶۷ و ۳/۰۶ میلی گرم بر لیتر و در حد مجاز می باشد (جدول ۲). متوسط سدیم در استاندارد جهانی WHO، ۲۰۰ میلی گرم است. همچنین مقادیر سدیم در هر دو حوضه همبستگی بالایی با مقادیر TDS دارند. این مقادیر به ترتیب برابر با ۵۶ درصد و ۷۵ درصد در حوضه (۱) و (۲) می باشد. در قسمت شمال ارتفاعات سرشتک واحد های رسوبی متعددی از ماسه سنگ ها و سنگ های آهکی و رسوبات آذرآواری و همچنین سنگ های آذرین اسیدی از جمله ریولیت دیده می شود که می تواند وجود سدیم را در حوضه (۲) توجیه نماید.

کلسیم: مقدار متوسط کلسیم در دو حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۷۹ و ۶۹ میلی گرم بر لیتر می باشد. در حوضه (۱) همبستگی شدید ۹۰ درصد بین مقادیر کلسیم و TDS دیده می شود و در حوضه (۲) این همبستگی حدود ۶۷ درصد است. مقدار متوسط کلسیم در آب های زیرزمینی ۴۸ میلی گرم بر لیتر است که با مقایسه با آن یون کلسیم در حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۴۳ غنی شدگی از خود نشان می دهد.

جدول ۱- بررسی آماری خصوصیات فیزیکی و غلظت آنیون های دو حوضه ارتفاعات سرشتک (غلظت ها بر حسب mg/l)

	عنصر	مقدار متوسط	انحراف معیار	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	فاکتور غنی شدگی نسبت	فاکتور غنی شدگی نسبت به
						به WHO	U.S EPA
حوضه (۱)	EC	۴۶۷/۳۶	۱۲۵/۱۳	۲۷۹	۷۴۵	-	-
	NO ₃ ⁻	۱/۲۵	۱/۲۵	۰/۴۴	۴/۶۵	۰/۰۲۵	۰/۱۲
	SO ₄ ²⁻	۷۲/۳۹	۵۷/۴۶	۱۷/۹۲	۲۲۴/۲		۰/۲۹
	Cl ⁻	۱۲/۱۴	۱/۹۷	۱۰/۳۷	۱۵/۷۹	۲/۴۲۷	۰/۰۵
	HCO ₃ ⁻	۲۰۴/۹۳	۲۷/۶۲	۱۴۰/۳۲	۲۴۰/۹۹		
	TDS	۲۹۷/۲۷	۱۰۳/۲	۱۴۷	۵۲۲	۰/۵۹۵	۰/۵۹
حوضه (۲)	EC	۴۷۰/۷۹	۱۶۴/۶۸	۲۷۸	۱۰۵۸	-	-
	NO ₃ ⁻	۴/۴۸	۴/۳۷	۰/۴۴	۱۸/۶۰۶	۰/۰۹	۰/۴۵
	SO ₄ ²⁻	۵۶/۰۶	۴۳/۸۶	۲۲/۰۸	۲۲۸/۴		۰/۲۲
	Cl ⁻	۲۱/۶۵	۱۶/۹۳	۱۲/۲۸	۸۶/۳۴	۴/۳۲۹	۰/۰۹
	HCO ₃ ⁻	۱۹۸/۲۸	۳۸/۷۳	۱۳۱/۱۷	۲۶۲/۳۴	-	-
	TDS	۲۹۶/۱۰	۱۱۷/۸۴	۱۳۵	۶۸۹	۰/۵۹۲	۰/۵۹

لیتر است (Atapour, 2012) که در هر دو حوضه مقادیر این عنصر در کمتر از ۳ میلی گرم بر لیتر ثبت گردیده است.

بررسی عناصر سنگین

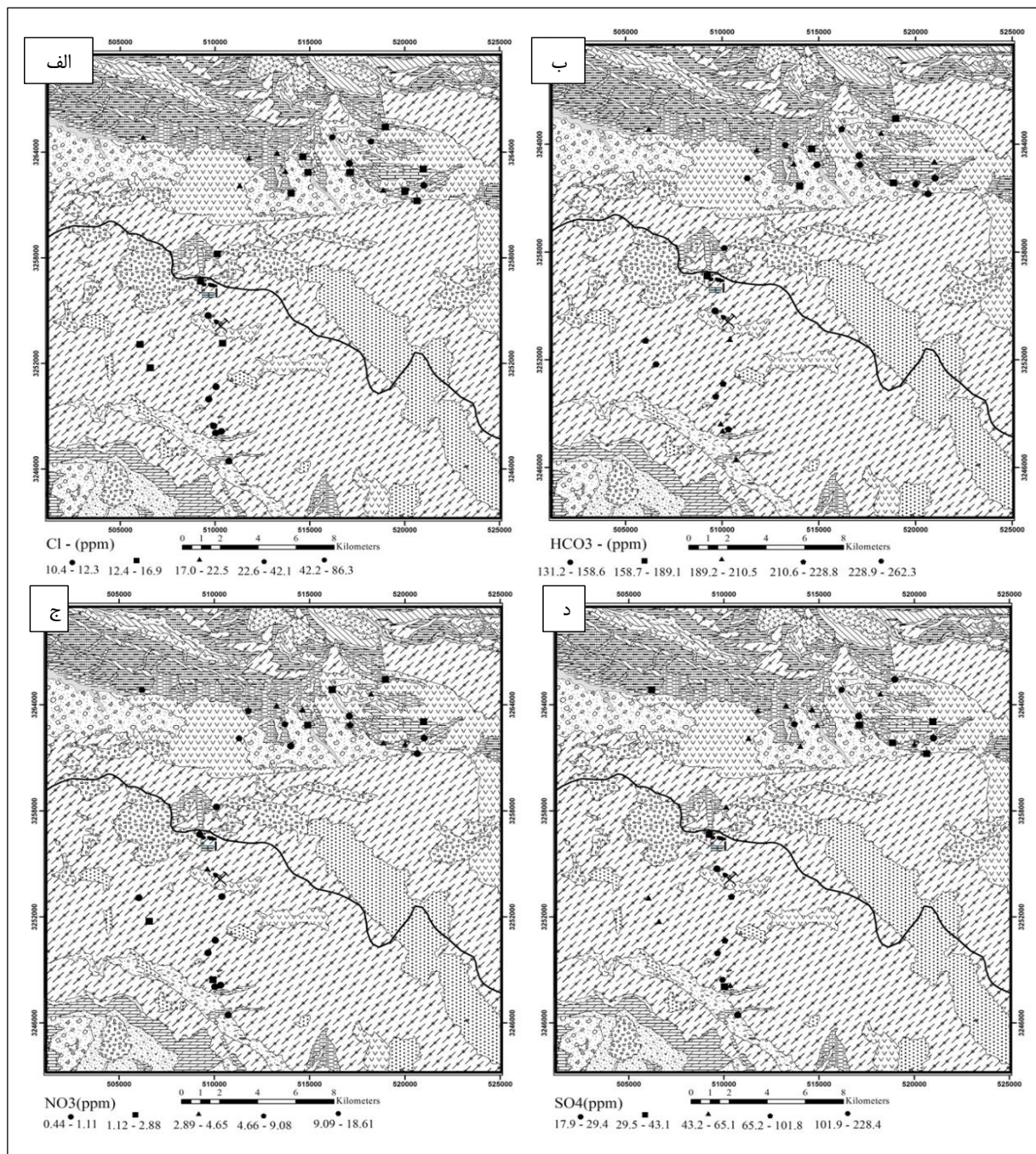
غلظت عناصر مس، روی، آرسنیک، باریوم، آهن، و ناندیوم و برلیوم نسبت به استاندارد سازمان بهداشت جهانی و آب آشامیدنی آمریکا برای هر دو حوضه مقایسه گردید. در هیچ یک از این عناصر غنی شدگی دیده نشد و همگی در حد بسیار پایین تر از حد مجاز هستند. نتایج در جدول شماره (۲) آورده شده است.

کادمیوم: مقدار متوسط کادمیوم در حوضه ۱ برابر با ۶/۹۹ میکرو گرم بر لیتر و در حوضه شماره (۲)، ۱۰/۳۸ میکروگرم بر لیتر است و در هر دو حوضه نسبت به آب آشامیدنی آمریکا غنی شدگی از خود نشان می دهد و در حوضه (۲) تقریباً دو برابر حوضه (۱) می باشد (جدول ۲ و شکل ۶). با توجه به پایین بودن غلظت روی در آب منطقه و همبستگی بین عنصر روی و کادمیوم در سنگ میزبان، می توان نتیجه گرفت که مقادیر بالاتر کادمیوم به احتمال زیاد منشأ بیرونی و انسان زاد دارد و در اثر رفت و آمد وسایل نقلیه سبک و سنگین، این عنصر از طریق خاک وارد آب های سطحی و زیرزمینی شده است.

وجود سنگ آهک به صورت واحد سنگی مجزا و یا همراه با سنگ های ریولیتی (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۳۵۰) در هر دو حوضه می تواند دلیل افزایش غلظت کلسیم باشد.

منیزیم: مقدار متوسط منیزیم در آب های زیرزمینی ۱۲ میلی گرم بر لیتر است (Azoulay et al., 2001; Garzon & Eisenberg, 1998) که در مقایسه با مقدار متوسط منیزیم در دو حوضه از خود غنی شدگی نشان می دهد. مقدار غنی شدگی به ترتیب ۱/۱۸۶ و ۱/۱۰۸ می باشد. حد آلاینده منیزیم در آب های آشامیدنی ۱۸۰ میلی گرم بر لیتر است و حداکثر مقدار این عنصر در آب های حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۲۵ و ۲۰ میلی گرم بر لیتر است که در حد مجاز خواهد بود. منیزیم در حوضه (۲) همبستگی ۵۸ درصد با مقادیر TDS آب دارد اما در حوضه شماره (۱) هیچ همبستگی بین آن ها وجود ندارد.

پتاسیم: مقادیر پتاسیم در حوضه (۲) تقریباً ۲ برابر مقادیر آن در حوضه (۱) می باشد و ضریب همبستگی معناداری بین این عنصر و TDS در هیچ یک از حوضه ها دیده نمی شود. مقدار متوسط پتاسیم در حوضه (۱) و (۲) به ترتیب ۱/۵ و ۲/۳ میلی گرم بر لیتر است (جدول ۲). مقدار متوسط جهانی پتاسیم در آب های زیرزمینی ۳ میلی گرم بر



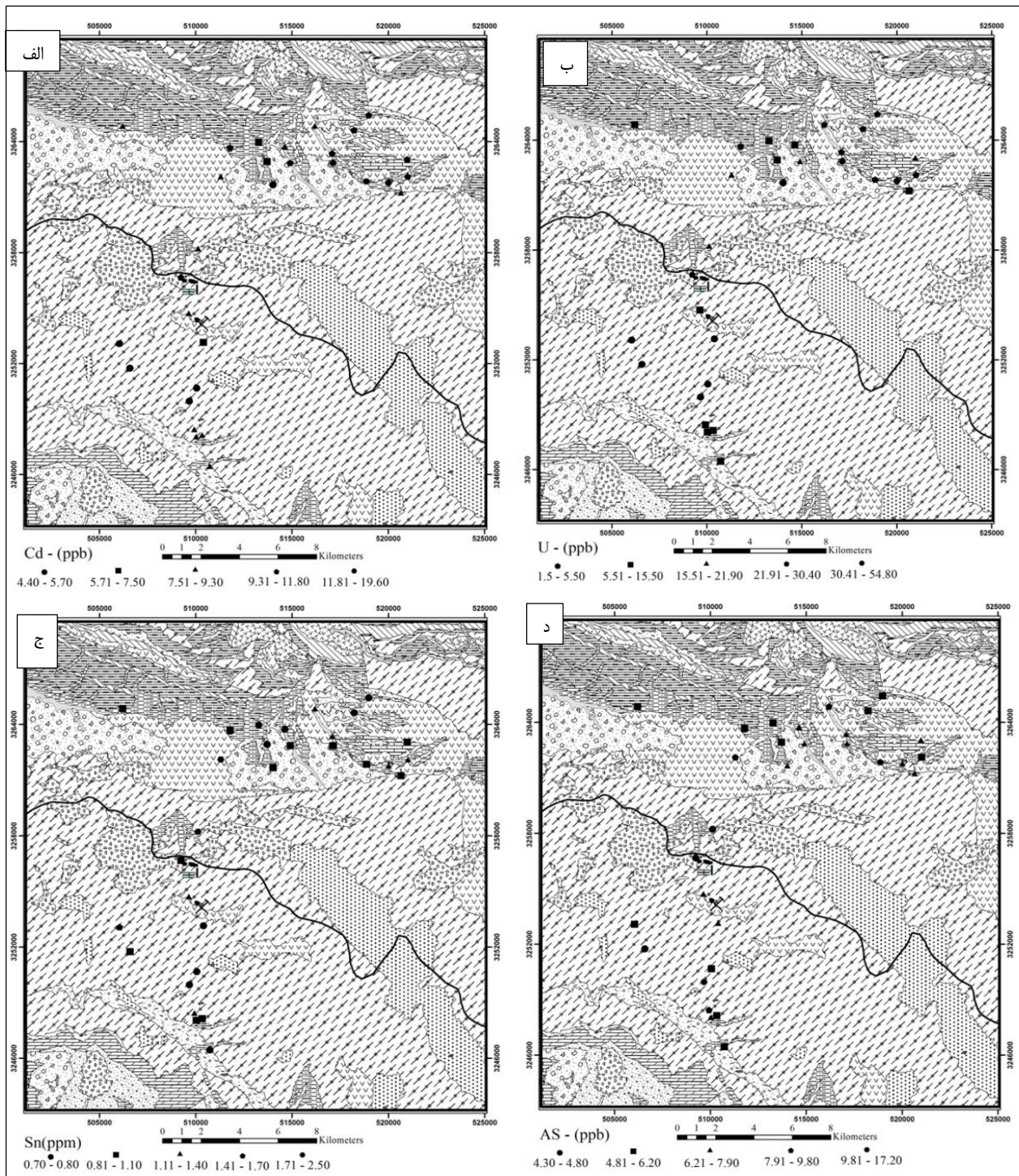
شکل ۳- نقشه پراکندگی غلظت آنیون ها در منطقه مورد مطالعه. (الف) کلر (ب) کربنات (ج) نیترات (د) سولفات

منشاء آن را می توان رسوبات منطقه مخصوصا ماسه سنگ های کواترنری ذکر کرد. با توجه به سنگ شناسی منطقه و توده های آذرین حدواسط تا اسیدی در حوضه (۲) نسبت به حوضه (۱) انتظار می رود مقدار اورانیوم در رسوبات این منطقه افزایش بیشتری داشته باشد.

اورانیوم: متوسط عنصر اورانیوم در حوضه های (۱) و (۲) به ترتیب ۹ و ۲۳ میکرو گرم بر لیتر می باشد. این مقادیر در حوضه (۱) در مقایسه با استاندارد WHO در حد مجاز است اما در حوضه (۲) به مقدار کمی از خود غنی شدگی نشان می دهد (جدول ۲ و شکل ۶).

جدول ۲- بررسی آماری و مقدار غنی شدگی کاتیون‌ها و عناصر سنگین (بر حسب $\mu\text{g/L}$) دو حوضه ارتفاعات سرشتک

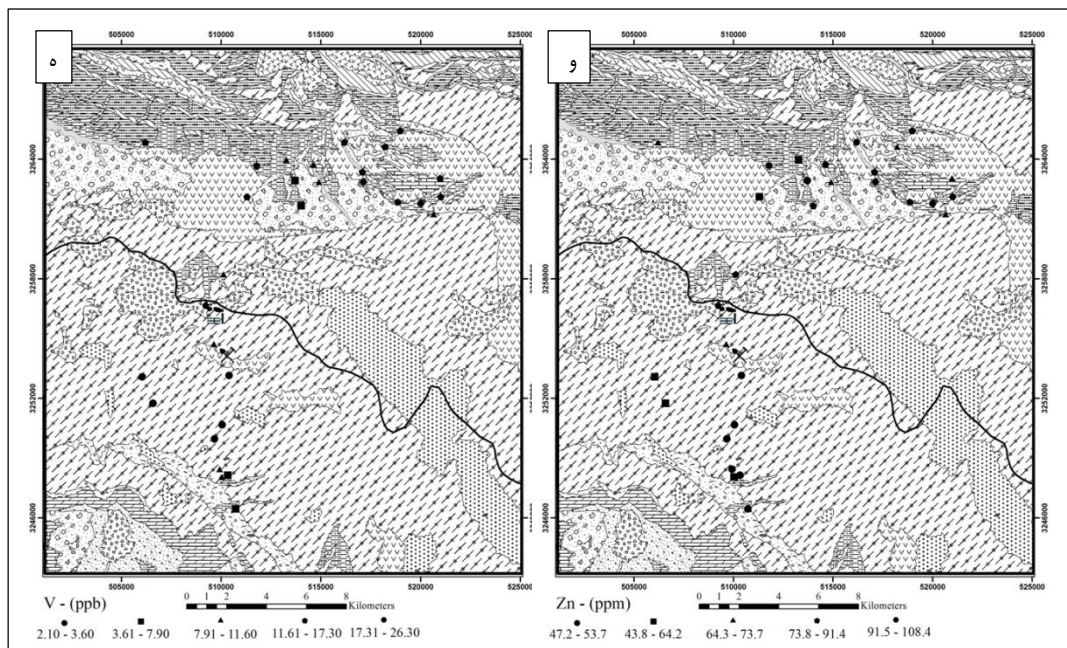
		Al	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Ca	K
		میانگین	۰/۱۱	۷/۱۵	۲۳/۰۷	۶/۹۹	۷/۹۷	۰/۳۵	۷۹۵۱۸
انحراف معیار	۰/۰۸	۳/۴۹	۱۸/۹۶	۱/۸۷	۳/۲	۰/۲۳	۲۱۵۶۵	۶۵۸	
کمترین مقدار	۰/۰۱	۴/۶	۴	۴/۴	۶/۶	۰/۰۳	۴۸۷۹۹	۸۱۰	
بیشترین مقدار	۰/۲۳	۱۷/۲	۵۸/۸	۱۰/۵	۱۷/۶	۰/۸۱	۱۲۷۶۰۰	۲۹۱۰	
فاکتور غنی شدگی نسبت به WHO	۰	۰/۷۱	۰/۳۳	-	۰/۰۴	-	-	-	
فاکتور غنی شدگی نسبت به U.S EPA		۰/۱۴	۰/۰۱	۱/۴	۰/۰۱	۰	-	-	
حوضه ۲	میانگین	۰/۱۹	۶/۸۷	۱۵/۵۹	۱۰/۳۸	۷/۱۴	۰/۶۷	۶۸۷۹۰	۲۳۴۸
	انحراف معیار	۰/۱۴	۱/۴۲	۱۶/۱۶	۳/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۳	۱۳۰۰۳	۹۶۴
	کمترین مقدار	۰/۰۱	۴/۳	۲/۷	۵/۷	۶/۵	۰/۰۷	۵۰۸۰۰	۱۰۱۰
	بیشترین مقدار	۰/۵۸	۹/۸	۵۲/۷	۱۹/۶	۸/۱	۱/۵۴	۱۰۲۵۰۰	۴۸۰۰
	فاکتور غنی شدگی نسبت به WHO	۰	۰/۶۹	۰/۰۲	-	۰/۰۴	-	-	-
	فاکتور غنی شدگی نسبت به U.S EPA	-	۰/۱۴	۰/۰۱	۲/۰۸	۰/۰۱	۰	-	-
		Mg	Na	P	Sn	U	Zn	V	Be
حوضه ۱	میانگین	۱۴۲۳۴	۱۶۷۷۸	۱۲۱۵۳	۱/۰۴	۹/۱۱	۵۷/۸۳	۶/۵۴	۱/۲۳۶
	انحراف معیار	۴۸۸۱	۸۳۴۳	۹۶۴۸	۰/۳	۷/۰۷	۱۰/۸۵	۳/۹۷	۰/۰۷
	کمترین مقدار	۷۵۸۰	۱۱۵۴۰	۱۸۴۰	۰/۷	۱/۵	۴۷/۲	۲/۱	۱/۲
	بیشترین مقدار	۲۵۰۱۰	۴۱۱۰۰	۳۲۸۷۰	۱/۷	۲۴	۸۵	۱۴/۵	۱/۴
	فاکتور غنی شدگی نسبت به WHO	-	۰/۰۸	-	-	۰/۶۱	۰/۱۹	-	-
	فاکتور غنی شدگی نسبت به U.S EPA	-	-	-	-	-	۰/۰۱	-	۰/۳۱
حوضه ۲	میانگین	۱۳۳۰۳	۳۰۶۸۴	۲۸۲۱۲	۱/۱۴۲	۲۲/۹۱	۸۰/۸۴	۱۳/۲۳	۱/۳۷
	انحراف معیار	۳۳۹۴	۲۴۷۸۹	۱۳۱۵۰	۰/۴۶۷	۱۱/۲۵	۱۶/۲۶	۴/۶۴	۰/۱۱
	کمترین مقدار	۷۸۳۰	۱۵۰۳۰	۷۱۴۰	۰/۷	۵/۵	۵۳/۷	۵/۲	۱/۲
	بیشترین مقدار	۲۰۴۲۰	۱۲۱۳۰۰	۶۳۲۹۰	۲/۵	۵۴/۸	۱۰۸/۴	۲۶/۳	۱/۶
	فاکتور غنی شدگی نسبت به WHO	-	۰/۱۵	-	-	۱/۵۳	۰/۲۷	-	-
	فاکتور غنی شدگی نسبت به U.S EPA	-	-	-	-	-	۰/۰۲	-	۰/۳۴



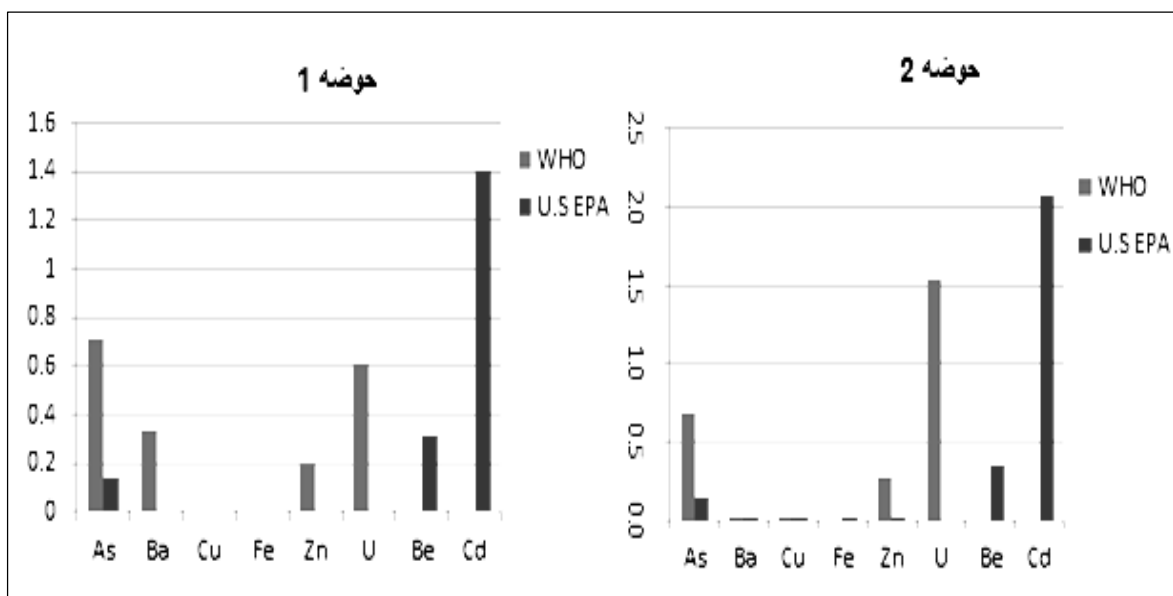
شکل ۴- نقشه پراکنندگی غلظت عناصر سنگین در نمونه های آب زیرزمینی. (الف) کادمیوم (ب) اورانیوم (ج) قلع (د) آرسنیک

جدول ۳ - تقسیم بندی مقادیر شدت غنی شدگی بر حسب میزان آلودگی (Reimann & Caritat, 2005)

مقدار فاکتور غنی شدگی (EF)	درجه آلودگی
< ۲	غنی شدگی ناچیز
۲ - ۵	غنی شدگی ملایم
۵ - ۲۰	غنی شدگی قابل توجه
۲۰ - ۴۰	غنی شدگی بالا
> ۴۰	غنی شدگی به شدت بالا



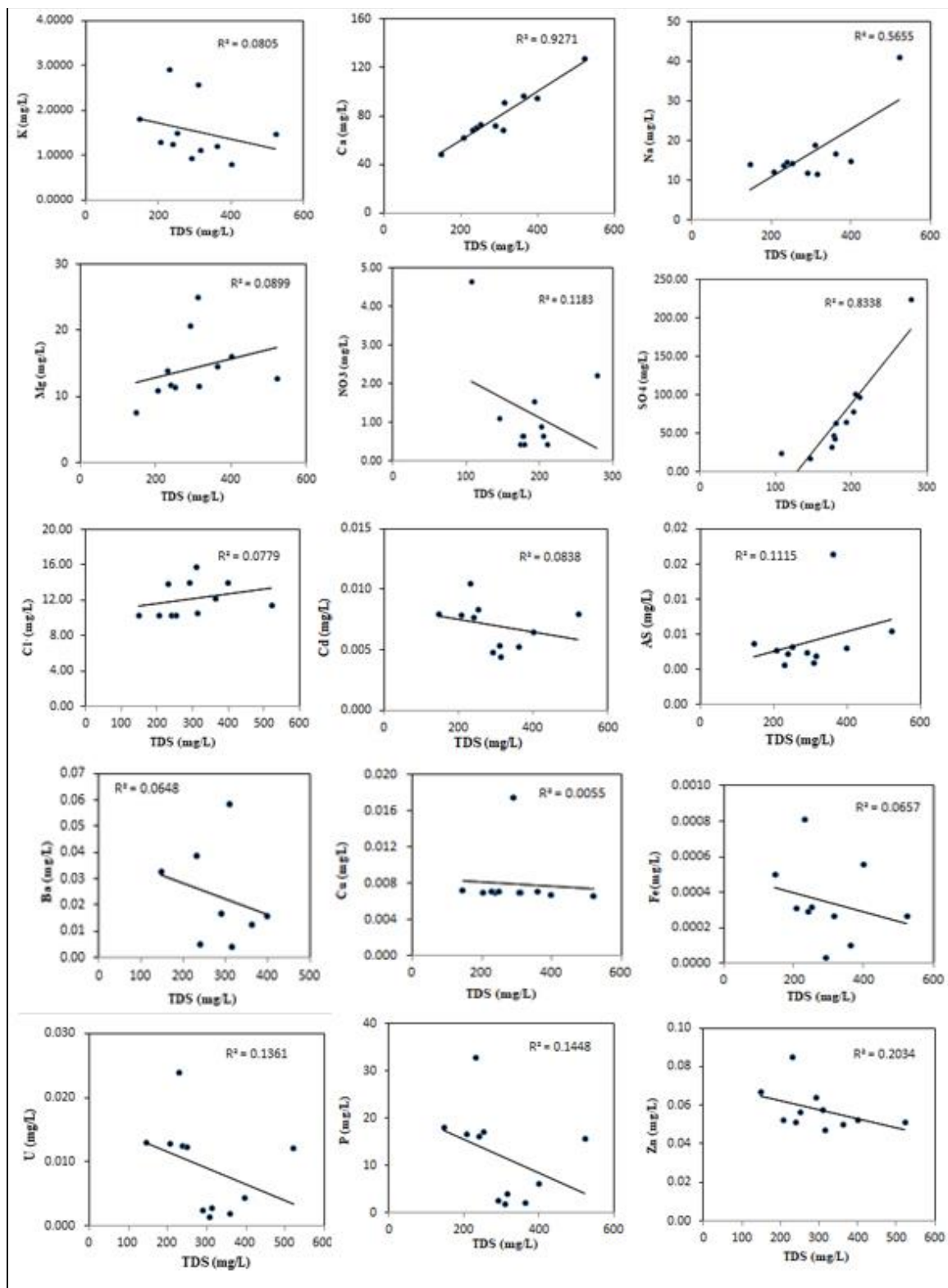
شکل ۵- ادامه نقشه پراکنده غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های آب زیرزمینی. (ه) وانادیوم (و) روی



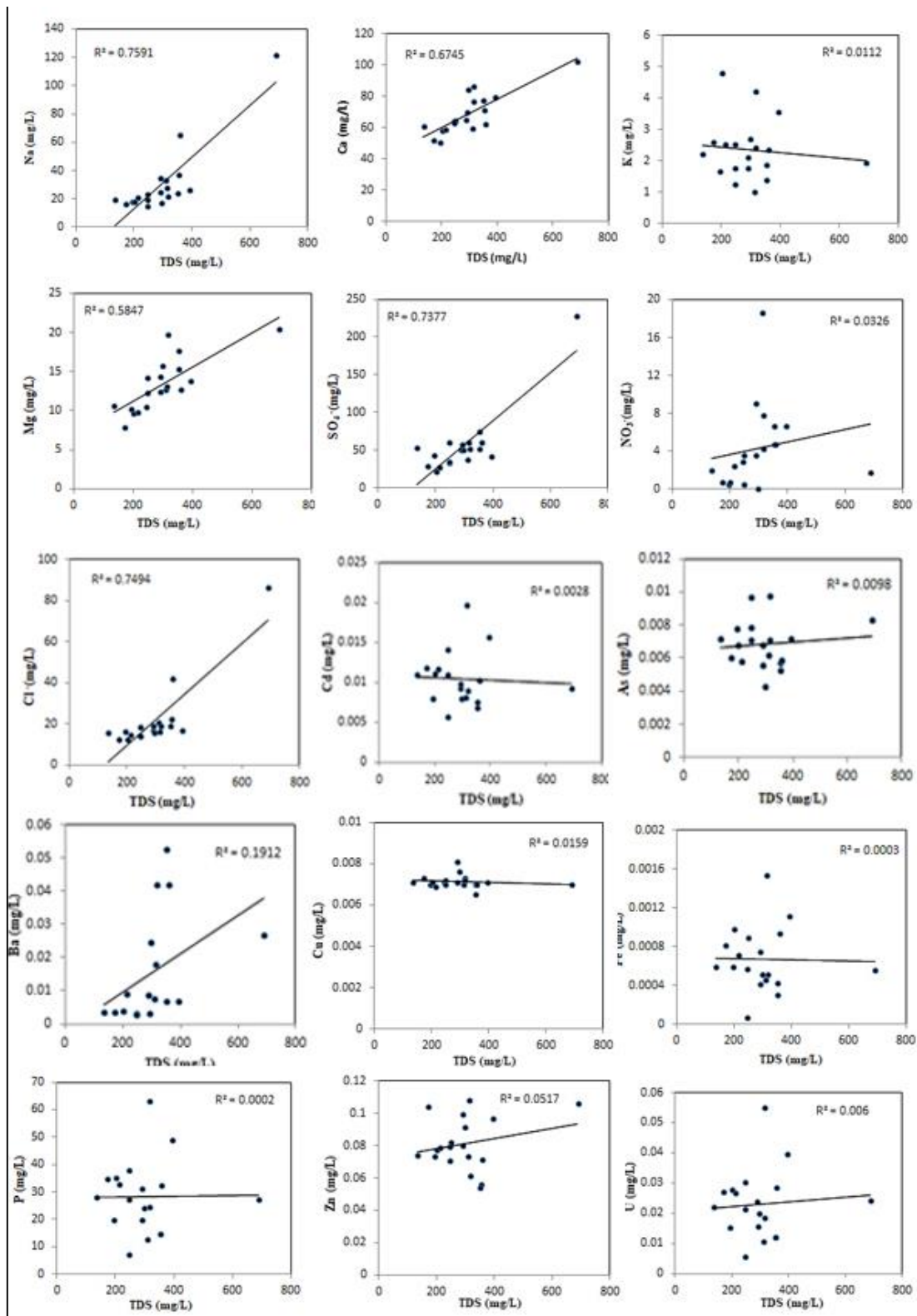
شکل ۶- نمودار غنی شدگی عناصر سنگین نسبت به استانداردهای جهانی آب آشامیدنی

عناصر سنگین آنالیز شده شامل As, Fe, Cu, Ba, Sn ، Zn, V و Be به جز کادمیوم و اورانیوم در مقایسه با مقدار متوسط جهانی عناصر، استانداردهای آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی (WHO) و آب آشامیدنی آمریکا در حد مجاز و حتی در بعضی عناصر بسیار پایین تر از آن‌هاست. عناصر کادمیوم و اورانیوم در حوضه (۲) به مقدار ناچیزی از خود غنی شدگی نشان می‌دهد.

بررسی آب‌های زیرزمینی منطقه شمال سرشتک که تامین کننده آب آشامیدنی روستاهای این محدوده می‌باشد، از طریق برداشت ۳۰ نمونه و آنالیز کاتیون‌های K, Na, Al ، $Ca, Fe, Mg, P, Cu, Zn, Cr, Co, Sn, Ba, V$ و آنیون‌های $Sr, Cl^-, HCO_3^-, NO_3^-, SO_4^{2-}$ صورت گرفت و نتایج نشان داد که میزان آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب به جز عنصر کلسیم و همچنین مقدار تمام



شکل ۷- نمودار همبستگی بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها با مقادیر TDS در نمونه‌های آب زیرزمینی در حوضه (۱)



شکل ۸- نمودار همبستگی بین کاتیونها و آنیونها با مقادیر TDS در نمونه‌های آب زیرزمینی در حوضه (۲)

- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، (۱۳۵۰)، "نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ راین و ساردوییه".

- سازمان زمین شناسی کشور، (۱۳۸۹)، "ژئوشیمی زیست محیطی سنگ، خاک، آب و گیاه در محدوده ورقه ۵۰۰۰۰: ۱: کرمان با نگرشی بر زمین شناسی پزشکی".

- شرکت مهندسی مشاور زرناب ایران، (۱۳۹۳)، "گزارش زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ معدن مس درآلو".

- عالیقدر، م.؛ حضرتی، ص. و قنبری، م.، (۱۳۸۶)، "اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در منابع آب آشامیدنی شهر اردبیل در سال ۸۴-۸۵" دهمین همایش ملی محیط زیست، همدان.

- ملکوتیان، م. و خاشی، ز.، (۱۳۹۳)، "بررسی غلظت فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب و مس در منابع آب آشامیدنی روستاهای جنوب شرقی دشت رفسنجان"، بهداشت در عرصه دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، شماره ۱، ص ۱-۹.

- ملکوتیان، م. و محمدی سنجد کوه، س.، (۱۳۹۳)، "بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت سیرجان از نظر آلودگی به فلزات سنگین"، فصلنامه علمی دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، شماره ۲، ص ۳۲-۴۰.

- ولی نژاد، ف.؛ حسنی، ا.م. و صیادی، م.، (۱۳۹۵)، "بررسی میزان فلزات سنگین (کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، روی) در منابع آب زیرزمینی شهرستان اسلامشهر و تهیه نقشه پراکنش آن در محیط GIS"، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۱۸، ص ۱۸۹-۱۹۸.

- یوسفزاده، م.، (۱۳۹۲)، "ژئوشیمی محیط زیستی عناصر سنگین کانسار مس درآلو کرمان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۸۵ ص.

- Atapour, H., (2012), "Geochemical baseline of major anions and heavy metals in groundwaters and drinking waters around the urban areas of Kerman city, southeastern Iran", Environ Earth Sci. 67, pp 2063-2076.

- Azoulay, A., Garzon, P. & Eisenberg, M.J., (2001), "Comparison of the mineral content of tap water and bottled waters", journal of general internal medicine 16, pp 168-175.

- Garzon, P. and Eisenberg, M.J., (1998), "Variation in the mineral content of commercially available bottled waters", implications for health and disease 105, pp125-130.

- Jahanshahi, R., Zare, M., (2015), "Assessment of heavy metals pollution in groundwater of Golgohar

غنی شدگی عنصر کادمیوم در این حوضه می تواند ناشی از رفت و آمد وسایل نقلیه و تاثیر سایش لاستیک ها روی سطح جاده باشد. غنی شدگی ناچیز اورانیوم نیز می تواند به علت انباشته شدن این عنصر در ماسه سنگ های این حوضه که احتمالا از سنگ های ریولیتی منطقه منشاء گرفته اند، باشد. همچنین در حوضه (۱) یون های کلسیم، سدیم و سولفات همبستگی بالایی با مقدار TDS از خود نشان می دهد که البته این همبستگی در حوضه (۲) کمتر است بر خلاف منیزیم که در حوضه (۲) همبستگی بالاتری با مقدار TDS نسبت به حوضه (۱) دارد. مقدار TDS در هر دو حوضه نسبت به استانداردهای جهانی (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر) در حد مجاز و بسیار پایین تر (۶۰ درصد) اندازه گیری شد. در حال حاضر با توجه به اینکه معدن مس درآلو در ابتدای فعالیت معدنی خود قرار دارد و هنوز کارخانه ذوب مس در منطقه شروع به فعالیت نکرده است، آب زیرزمینی این حوضه و حوضه مجاور آن از کیفیت بسیار مطلوبی برخوردار می باشند و فعالیت های معدن کاری در حال حاضر تاثیر نامطلوبی بر کیفیت سفره های آب زیرزمینی منطقه نداشته است. این مطالعه می تواند به عنوان مبنایی برای مطالعات کیفی و کمی سفره های آب زیرزمینی و آب آشامیدنی منطقه معدنی مس درآلو در آینده باشد.

نتیجه گیری

- مقدار عناصر سنگین As, Ba, Cu, Fe, Sn, Zn, V و Be بر اساس استاندارد های جهانی WHO و U.S EPA در حد مجاز و ناچیز می باشد. اورانیوم ۱/۵ برابر نسبت به استاندارد جهانی WHO و کادمیوم ۲ برابر نسبت به استاندارد U.S EPA در حوضه شماره (۲) از خود غنی شدگی نشان می دهند که فعالیت های معدن کاری در حال حاضر تاثیر نامطلوبی بر کیفیت سفره های آب زیرزمینی حوضه دارای کانسار معدنی (شماره ۱) و حوضه مجاور آن که دارای سکنه می باشد (شماره ۲) نداشته است.

منابع

- حسن زاده، ر.؛ عباس نژاد، ا. و حمزه، م.ع.، (۱۳۸۹)، "ارزیابی آلودگی آب های زیرزمینی محدوده شهر کرمان"، مجله محیط شناسی، شماره ۵۶، ص ۱۰۱-۱۱۰.

- دهقانی، م. و عباس نژاد، ا.، (۱۳۸۹)، "آلودگی سفره های آب زیرزمینی دشت انار به نترات، سرب، آرسنیک و کادمیوم"، مجله محیط شناسی، شماره ۵۶، ص ۸۷-۱۰۰.

iron ore mine area, Iran”, Environ Earth Sci 74, pp 505-520.

-**MohanKuMar, K., Hariharan, V., Pra Sada rao, N., (2016)**, “Heavy Metal Contamination in Groundwater around Industrial Estate vs Residential Areas in Coimbatore, India”, Journal of Clinical and Diagnostic Research 10, pp5-7.

Okegye. JI., Gajere, JN., (2015), “Assessment of Heavy Metal Contamination in Surface and Ground Water Resources around Udege Mbeki Mining District, North-Central Nigeria”, Geology & Geophysics 4, pp1-7.

Reimann, C., de Caritat, P., (2005), “Distinguishing between natural and anthropogenic sources for elements in the environment: regional geochemical surveys versus enrichment factors”, Science of the total environment 337, pp 91-107.

Guidelines for drinking water quality, (2017), World Health Organization (WHO), 4th edition, pp 541.

Zolnaj, S., Dimitrijevic, M. N., Cvetic, S., Dimitrijevic, M.D., (1973), Geological map of Iran, 1:100000 series, sheet 7448-Sarduiyeh, institue for geological and mining exploration and investigation of nuclear and other minerals raw materials (Belgerad, Yugoslavia).

Zhang, X., Yang, H., Cui, Z., (2017), “Migration and speciation of heavy metal in Salinized mine tailings affected by iron mining”, Water Science & Technology.

Investigation of anions and heavy metals in surface and ground water quality in villages around Darallu copper mine

fereshte.hasanzadeh^{1*} & Mahmoud shamsaddini²

1,2-PhD student in Mining Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman

Abstract

The study area consists of two basins; the first basin consists of copper ore deposit, which mining operations are in the early stages. The second basin is located in the north of the mine, and two basins are separated by Sartashtak mountain. Sampling was carried out at 30 points and was analyzed using the ICP-MS method. The concentration of anions, cations and some of the heavy metals (As, Ba, Cd, Cu, Fe, Sn, U, Zn, V, B) in ground water in both basins are measured. These values were compared to the World Health Organization (WHO) and the United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). The concentration of all of heavy metals was very low except for cadmium and uranium, which showed little enrichment. The average concentration of cadmium and uranium in basin 1 was 6.99 and 9.1 $\mu\text{g} / \text{l}$, and in basin 2 was 10.38 and 22.91 $\mu\text{g} / \text{l}$, respectively. Cadmium and uranium were classified in minimal to moderate enrichment. Therefore, it is concluded that there are no water pollution sources in two basins, and now, mineral deposits and mining operations do not affect the quality of groundwater in the region, and drinking water in neighboring villages has a good quality.

Keywords: heavy metals, ground waters, Dralu copper mine, Sartashtak mountain.