



Research paper

(Received May 26, 2023

Accepted Aug. 15, 2023)

Assessment of the effect of the tailings dam on the quality of surface and underground water in Takht-e-Gonbad copper mining area

Seyed Morteza Moosavirad^{1*}, Mahboob Saffari¹, Mohamad Javad Hassani²

¹ *Department of Environment, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran*

² *Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran*

Abstract

Materials in tailings dams that contain major ions and heavy metals lead to the release of toxic metals and acid production with the presence of oxygen, which has a high potential for pollution and has an adverse effect on the quality of surface and underground waters. In this research, the effect of tailings dam on zinc on the changes of manganese, molybdenum and arsenic in surface and underground waters of Takht-e-Gonbad copper mining area has been studied. Number of 11 samples were taken from different parts of the tailings dam area, these studies were carried out on surface and underground water in two dry and wet seasons. The concentration of heavy metals such as manganese, molybdenum, and arsenic were investigated and the related graphs were drawn and interpreted using Arc GIS software. Then the monitoring of underground water pollution in the mining area was investigated. The concentration of manganese in the drainage of the sedimentation dam, tailings dam water No. 3, and mine pit water is slightly higher than the environmental standard. The highest amount of molybdenum is found in the dry season and in mine peat. The concentration of arsenic in the wet season in all samples is below the standard limit, and in the dry season, this amount is more than the drinking standard of Iran. Based on the instructions of the Environmental Protection Organization and according to the existing conditions, it is suggested to dig 17 observation wells with a maximum depth of 50 meters as 1st grade monitoring wells around the tailings dam of Takht-e-Gonbad copper mine.

Keywords: Tailings dam, Underground water, Heavy metals, Takht-e-Gonbad copper mine.

*Corresponding Author: Seyed Morteza Moosavirad

Email: s.m.moosavirad@kgut.ac.ir

Phone:09131425140

Doi:10.48306/jumeec.2023.399005.1007



مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۴ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۶/۸

بررسی تاثیر سد باطله بر روی میزان منگنز، مولیبدن و آرسنیک در آب‌های سطحی و زیرزمینی محدوده معدنی مس تخت گنبد

سید مرتضی موسوی راد^{۱*}، محبوب صفاری^۱، محمد جواد حسینی^۲

۱- دانشیار، گروه محیط زیست، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۲- استادیار، گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

چکیده

مواد موجود در سدهای باطله که حاوی یون‌های اصلی و فلزات سنگین از جمله منگنز، مولیبدن و آرسنیک هستند با حضور اکسیژن منجر به آزادسازی این فلزات و تولید اسید شده که دارای پتانسیل بالای آلودگی بوده و بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی اثر نامطلوبی دارند. در این تحقیق تاثیر سد باطله بر روی تغییرات منگنز، مولیبدن و آرسنیک در آب‌های سطحی و زیرزمینی محدوده معدنی مس تخت گنبد پرداخته شده است. تعداد ۱۱ نمونه از قسمت‌های مختلف محدوده سد باطله برداشت شد، این مطالعات در دو فصل خشک و تر بر روی آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام گرفت. میزان غلظت فلزات سنگین از قبیل منگنز، مولیبدن و آرسنیک بررسی و با استفاده از نرم افزار Arc GIS نمودارهای مربوطه رسم و تفسیر گردید. سپس پایش آلودگی آب‌های زیرزمینی در محدوده معدنی مورد بررسی قرار گرفت. غلظت منگنز در زهکش سد رسوبگیر، آب سد باطله شماره ۳ و آب پیت معدن مقدار ناچیزی از حد مجاز محیط زیست بیشتر است. بیشترین میزان مولیبدن در فصل خشک و در پیت معدن نمایان شده است. میزان غلظت آرسنیک در فصل تر در تمامی نمونه‌ها زیر حد مجاز و در فصل خشک این میزان بیشتر از حد مجاز شرب ایران شده است. بر اساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست و با توجه به شرایط موجود پیشنهاد می‌شود تعداد ۱۷ چاه مشاهده‌ای به عمق حداکثر ۵۰ متر بعنوان چاه پایش درجه ۱ در اطراف سد باطله معدن مس تخت گنبد حفر گردد.

کلمات کلیدی: پایش سد باطله، کیفیت آب‌های زیرزمینی، شناسایی آلاینده، تخت گنبد

۱- مقدمه

عملیات معدنکاری، آسیاب همراه با خردایش، تغلیظ مواد معدنی و دفع باطله، منابع آشکار آلودگی در محیط زیست محسوب می شوند [۱]. پسماندهای معدنی منبع غنی از فلزات بالقوه سمی و شبه فلزات برای محیط های سطح زمین محسوب می شوند [۲]. اکسیداسیون کانه های سولفیدی، به ویژه آنهایی که سرشار از پیریت در سطح زمین هستند، غلظت بالایی از فلزات را بصورت اسید سولفوریک (یون های هیدروژن) و یون های سولفات وارد آب های تغذیه شده از زهاب های اسیدی معدن می کنند [۳-۵]. تولید زهاب اسیدی و انتشار آب حاوی غلظت بالای فلزات محلول از پسماندهای معادن یک مشکل زیست محیطی در مقیاس جهانی است [۶]. آب های اسیدی می توانند عامل آلودگی و کاهش کیفی آب های زیرزمینی، نهرها، رودخانه ها و حوضه های کامل رودخانه ها باشند [۷]. سدهای باطله به منظور انباشت و رسوب دادن مواد باطله و پساب حاصل از کارخانجات کنسانتره مواد معدنی و همچنین در اکثر موارد با برگشت مجدد آب به کارخانه و هم زمان با استخراج احداث می شوند. از طرفی به علت فعل و انفعالات خاص شیمیایی که بر روی کانه استخراجی صورت می گیرد، عموماً دارای پتانسیل بالای آلودگی بوده و بر کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی اثر نامطلوبی دارند [۷]. از جهتی، پساب های کارخانه فرآوری، عناصر سمی زیادی را با خود به داخل سد باطله حمل می کنند و در صورتی که سدهای باطله پایداری لازم را در طراحی نداشته باشند باعث نفوذ عناصر سمی به داخل آبهای زیرزمینی می شوند [۸]. تولید زیاد باطله بصورت رسوبات پیچیده و ناهمگن با تولید تقریباً ۵ تا ۷ میلیارد تن در سال در سرتاسر جهان به عنوان یکی از مهمترین خطرات ذاتی زیست محیطی در نظر گرفته شده است [۹، ۱۰].

از چالش های اصلی معدنکاری در سال های اخیر همانطور که در بالا نیز اشاره شد حجم باطله های زیاد تولید شده در مرحله استخراج و فرآوری است که به منظور مدیریت، جمع آوری و نگهداری مواد باطله، سدهای باطله در کنار نواحی معدنی ساخته می شوند. به دلیل ماهیت مواد باطله ذخیره شده در مخزن سد، هرگونه نشست یا شکست سدهای باطله باعث پیامدهای زیست محیطی ناگواری خواهد شد که بروز این پیامدها تا مدت مدیدی ناهنجاری های زیادی را در منطقه به دنبال دارد. یکی از دغدغه های امروزی سدهای باطله آلودگی و کنترل آن است. مقررات و قوانین سخت گیرانه تر در مورد دفع باطله ها، صنعت معدن را ملزم می کند که نقش برجسته تری در کنترل دفع مقدار زیادی از باطله های معدنی ایفا کند. با این حال، اجرای موفقیت آمیز یک سیستم دفع باطله، مستلزم مطالعات و منابع مالی گسترده است [۱۱].

با توجه به مطالعاتی که Van der Ent و Edraki بر روی معدن مس ماموت واقع در Sabah (مالزی) در جزیره بورنئو، (تنها معدن مس-طلا فعال در این کشور) انجام گرفته است. این معدن در طول فعالیت خود (۱۹۷۵-۱۹۹۹)، ۲،۴۷ میلیون تن کنسانتره حاوی تقریباً ۶۰۰۰۰۰ تن مس، ۴۵ تن طلا و ۲۹۴ تن نقره تولید کرد و حدود ۲۵۰ تن روباره و سنگ های باطله و بیش از ۱۵۰ میلیون تن باطله تولید کرده است. سایت معدن مس ماموت به دلیل وجود حجم زیادی از باطله های مواد معدنی سولفیدی، بارندگی بسیار زیاد و حجم زیاد آب آلوده، چالش هایی را برای احیای محیط زیست بوجود آورده است. بطوریکه مراحل احیا و تصفیه بسیار پرهزینه شده است، به عنوان مثال، مقادیر بسیار زیادی آهک برای خنثی کردن زهاب اسیدی معدن مورد نیاز است. سایت معدن مس ماموت چندین ویژگی ژئوشیمیایی غیرمعمول به دلیل وقوع همزمان سنگ های پورفیری سولفید اسیدی و کانی های سرپانتینیت قلیایی و ویژگی های بیولوژیکی منحصر به فرد به دلیل تنوع گیاهی بسیار بالا در محیط اطراف خود ایجاد کرده است [۱۲].

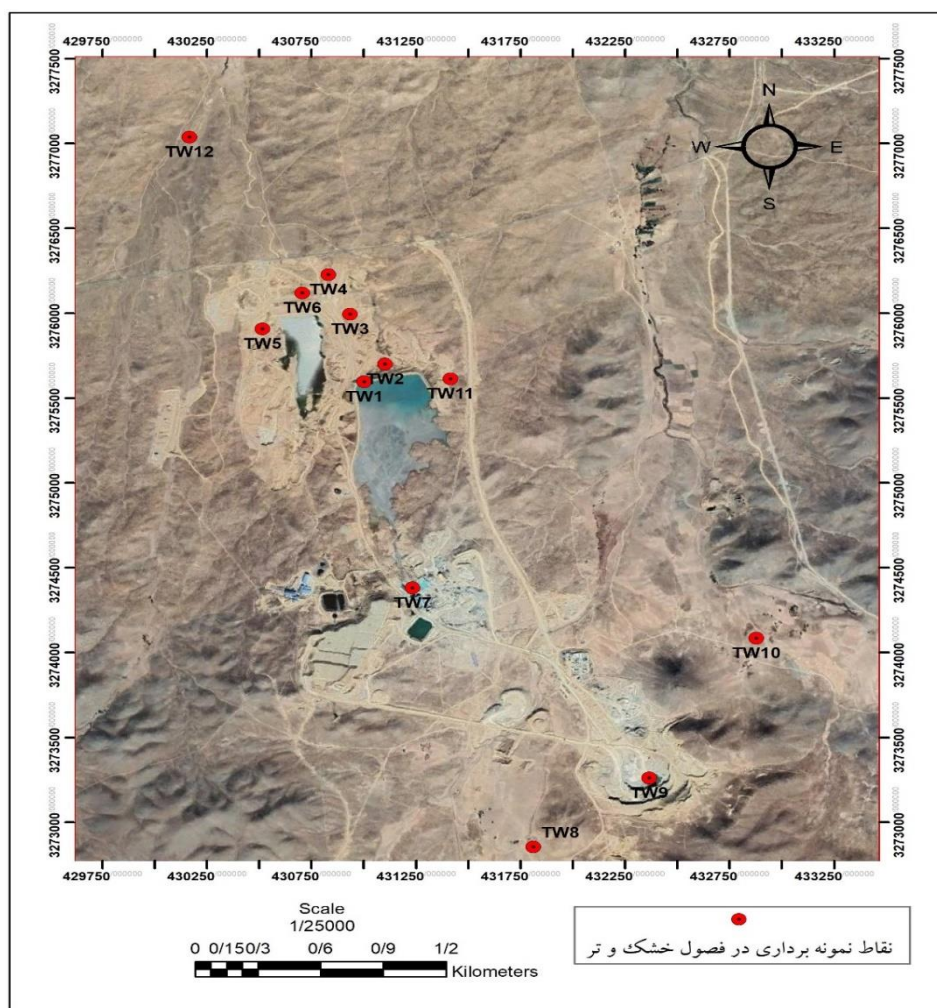
خطر بهداشتی ناشی از منگنز در آبهای آشامیدنی بسیار بعید است، اثرات نامطلوب آن عمدتاً مربوط به مشکلات زیباشناسی نظیر طعم، بو، کدورت و رنگ است [۱۴]. در کانسار مس تخت گنبد، کانی اصلی مس در بخش هیپوزن، کالکوپیریت است که در قسمت اکسیدی به انواع کربنات مس از جمله مالاکیت تبدیل شده است. تنها کانی مولیبدن، یعنی مولیبدنیت در تقریباً ۷۰ درصد کانسارها یافت می شود. کانی بورنیت در پاراژنز کانهزایی مشاهده نشد که می تواند نشان دهنده پایین بودن دمای سیستم کانهزایی باشد. مقدار مولیبدن در این کانسار در حد اقتصادی و قابل بازیابی است و بیشتر به صورت دانه های ریز کانی مولیبدنیت، غالباً در همراهی با رگه های کوارتزی و مگنتیت مشاهده می شود [۱۶]. فعالیت های انسانی از جمله اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی می تواند سبب افزایش غلظت آرسنیک در یک منطقه گردد بگونه ای که میزان بالای آن در میان افرادی وجود دارد که در اطراف محیط های استخراجی و کارخانه ذوب قرار گرفته اند [۱۷]. آرسنیک معمولاً با کانی های سولفیدی همراه است و حتی مقدار کم آن سبب آلودگی محیط زیست

می شود [۱۹،۱۸]. کشور ایران به دلیل فرارگیری روی کمربند جهانی مس و به ویژه اهمیت نوار آتشفشانی ارومیه-دختر که از ارومیه تا جنوب باختر سیرجان کشیده شده است، خواستگاه مناسبی را در زمینه مطالعه روی کانسارهای مس پورفیری در منطقه تخت گنبد را فراهم کرده است. در این راستا با توجه به اینکه پیریت و کالکوپیریت از کانی های مهم سولفیدی در معدن مس تخت گنبد محسوب می شوند که در کانسارهای مس پورفیری وجود دارند می توانند به عنوان یکی از عوامل آلودگی آرسنیک در منطقه باشند [۲۰]. برای تعیین کیفیت آب سطحی و زیرزمینی در اطراف سد باطله، اولین مرحله مشخص نمودن نقاط نمونه برداری، جهت تعیین میزان عناصر موجود در این آب ها می باشد، بنابر این نمونه های آب از بخش های مختلف محدوده سد باطله معدن مس تخت گنبد برداشت شد به منظور بررسی تاثیر سدهای باطله بر روی منابع آبی در بالادست و پایین دست محدوده با استفاده از نرم افزار Arc GIS نمودارهای مربوطه رسم و نحوه توزیع عناصر منگنز، مولیبدن و آرسنیک تفسیر و پایش آلودگی آب های زیرزمینی در محدوده معدنی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده معدنی مس تخت گنبد سیرجان در ۹۵ کیلومتری شرق سیرجان، ۵۸ کیلومتری شمال شرقی بلورد در مختصات ۰۴۳۲۲۷۰ و ۳۲۷۳۲۷۲ (سیستم مختصات UTM) واقع گردیده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه های نمونه برداری آب در محدوده سد باطله مس تخت گنبد

عملیات معدنکاری در این محدوده سابقه چندان زیادی نداشته و از سال ۱۳۹۲ در فایل های موجود در اسناد سازمان نظام مهندسی معدن استان کرمان دارای مسئول فنی بوده و در حال بهره برداری می باشد. عملیات معدنکاری در این محدوده معدنی نیز از نوع روباز بوده و از یک پیت در جنوب شرقی محدوده در حال انجام است. این محدوده معدنی در اقلیمی کوهستانی واقع گردیده و آب و هوایی کوهستانی و معتدل دارد. متوسط میزان بارندگی در این محدوده معدنی بالغ بر ۲۹۰ میلیمتر در سال می باشد. نوسان درجه حرارت در زمستان ۷- تا ۱۹ درجه و در تابستان ۱۸ تا ۳۸ درجه می باشد. این محدوده در کلاس اقلیمی نیمه خشک میانه تا خفیف قرار داشته، تعداد روزهای یخبندان در آن در سال ۵۳ روز ثبت گردیده و میزان رطوبت نسبی متوسط ۴۳٪ می باشد. در این محدوده معدنی جهت ذخیره سازی و مهار آب های مجتمع فراوری دو سد باطله احداث گردیده است. سد اول که بزرگتر نیز هست در شمال محدوده با مساحت دریاچه ای بالغ بر ۲۴۰۹۶۰ متر مربع احداث گردیده و سد دوم در شمال سد اول با مساحت دریاچه ۱۱۰۰۰۰ متر مربع احداث گردیده است. همچنین بر اساس مشاهدات ماهواره ای و میدانی در محدوده مجتمع فراوری تعداد سه استخر بزرگ جهت ذخیره زهاب ناشی از فراوری یا لیچینگ احداث گردیده است که با توجه به استفاده از پوشش عایق در کف این استخرها بنظر نمی رسد که آلودگی خاصی را باعث گردند. مساحت حوضه آبریز تحت تاثیر معدن تخت گنبد بالغ بر ۶۰ کیلومتر مربع بوده و نزدیکترین آبخوان به این محدوده آبخوان بردسیر می باشد. آب مورد نیاز برای شرب و فراوری کاملاً زیر زمینی بوده و از طریق چاه تامین می گردد. به منظور ارزیابی کیفی منابع آبی محدوده سد باطله معدن مس تخت گنبد تعداد ۱۱ نمونه آب در دو فصل تر و خشک برداشت گردید. نمونه نزدیک دمپ باطله (TW ۱۱) به دلیل شرایط اقلیمی تنها در فصل تر برداشت شد و نمونه قنات پایین دست (TW ۱۲) هم به دلیل شرایط اقلیمی تنها در فصل خشک برداشت گردید (جدول ۱). نمونه های برداشت شده در آزمایشگاه برای مشخص شدن غلظت کاتیون ها و آنیون های اصلی تجزیه شدند. این نمونه ها جهت آنالیز به آزمایشگاه معتمد محیط زیست منتقل گردید. به منظور بررسی تاثیر سدهای باطله بر روی منابع آبی در بالادست و پایین دست محدوده با استفاده از نرم افزار Arc GIS نمودارهای مربوطه رسم و تفسیر گردید.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی و محل برداشت نمونه های آب در محدوده سد باطله معدن تخت گنبد

شماره نمونه	X	Y	توضیحات
۱ TW	۴۳۱۰۰۳	۳۲۷۵۵۹۳	سد رسوبگیر
۲ TW	۴۳۱۱۰۲	۳۲۷۵۶۹۷	آب زهکش پایین سد رسوبگیر
۳ TW	۴۳۰۹۳۶	۳۲۷۵۹۹۱	سد آبگیر ۲
۴ TW	۴۳۰۸۳۱	۳۲۷۶۲۲۵	آب زهکش سد باطله ۲
۵ TW	۴۳۰۵۱۶	۳۲۷۵۹۰۶	آب سد باطله ۳
۶ TW	۴۳۰۷۰۶	۳۲۷۶۱۱۶	آب پایین دست سد باطله ۳
۷ TW	۴۳۱۳۳۴	۳۲۷۴۱۴۸	آب خام سید حسین
۸ TW	۴۳۱۸۱۱	۳۲۷۲۸۵۲	مظهر قنات حسین آباد
۹ TW	۴۳۲۳۶۶	۳۲۷۳۲۵۹	آب پیت
۱۰ TW	۴۳۲۸۷۸	۳۲۷۴۰۸۲	آب چشمه
۱۱ TW	۴۳۱۴۱۶	۳۲۷۵۶۱۱	نزدیک دمپ باطله
۱۲ TW	۴۳۰۱۶۶	۳۲۷۷۰۳۶	قنات پایین دست

پارامترهای کیفی اعم از کاتیون ها و آنیون های اصلی و ۵۴ عنصر از جمله فلزات سنگین در محدوده سد باطله معدن مس چهارگنبد با استانداردهای آب کشاورزی و آب شرب EPA، WHO و محیط زیست ایران [۱۳]، در دو فصل تر و خشک اندازه گیری شده و پارامترهایی که دارای مقادیر بالاتر از حد مجاز و با اهمیت بوده اند در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. همچنین شکل ۲ تصاویر مراحل نمونه برداری، تغییرات اقلیم و کاهش سطح آب در فصل خشک نسبت به فصل تر را به وضوح نشان می دهد.

فصل تر



فصل خشک



شکل ۲ - تصاویر تغییرات اقلیم و کاهش سطح آب در معدن مس تخت گنبد در دو فصل تر و خشک

جدول ۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده نمونه آب‌های محدوده سد باطله با استانداردهای آب شرب (WHO, EPA) و محیط‌زیست ایران) و کشاورزی در فصل تر (زمستان ۱۳۹۸)

استاندارد آب کشاورزی ایران	مقادیر استاندارد آب شرب			نزدیک دمپ باطله (۱۱)	آب چشمه (۱۰)	آب پیت (۹)	مظهر قنات حسین آباد (۸)	آب خام سید حسین (۷)	آب پایین دست سد باطله ۳ (۶)	آب سد باطله ۳ (۵)	آب زهکش سد آبگیر ۲ (۳)		آب زهکش پایین سد رسوبگیر (۲)	سد رسوبگیر (۱)	واحد	پارامتر اندازه‌گیری شده
	ایران	WHO	EPA								سد باطله ۲ (۴)	سد آبگیر ۲ (۳)				
۸/۴	۹	۸/۵	۸/۵	۸/۲	۸/۶	۷/۴	۷/۹	۸/۴	۷/۸	۷/۹	۸/۲	۹/۱	۸/۱	۹/۲		pH
۲۲۵۰				۷۰۳	۴۲۵	۸۷۰	۵۴۰	۵۱۰	۵۳۶	۶۷۱	۶۸۳	۷۰۵	۸۵۰	۶۷۸	μS/Cm	EC
۲۰۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰	۳۵۰	۲۱۲	۴۳۵	۳۵۱	۲۵۶	۲۶۷	۳۳۵	۳۴۲	۳۵۲	۴۲۴	۳۴۰	ppm	TDS
-	۴۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۸۰	۲/۵	۱۶۳	۱۰/۵	۴۱/۵	۷۷/۵	۱۷۰	۸۲	۱۷۵	۱۸۲	۱۶۵	ppm	SO ₄
۳۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۳	۱۴	۲۲	۱۴	۱۳	۱۳	۱۹	۴۶	۳۱	۳۸	۲۷	ppm	Cl(-)
۳۰	۵۰	۵۰	۱۰	۱۴/۲	۰/۲	۴/۹	۱۰/۱	۳/۷	۱۰/۵	۱/۲	۱۰/۹	۰/۶	۰/۱	۱	ppm	NO ₃ (-)
۹	-	-	-	۰/۶۸	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۵	۱/۰۵	۰/۸۶	۱/۰۱	meq/l	SAR
۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۲	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۹	ppm	Al
۱۰۰	۱۰	۱۰	۱۰	۴/۱۹	۴/۴۱	۳/۱	<۰.۰۱	۳/۳۲	۱/۲۵	۱/۱۴	۰/۱۶	۲/۹۹	۲/۳۴	۶/۶۹	ppb	As
-	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۶۳/۴	۳۷/۱	۹۱	۴۹/۷	۴۷/۹	۵۱/۳	۵۶/۵	۷۴/۶	۶۳/۳	۷۹/۹	۶۳/۴	ppm	Ca
۱۰	۳	۳	۳	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	۱/۰۹	<۱	<۱	<۱	<۱	ppb	Cd
-	۰/۳	۰/۳	۰/۳	<۰.۰۱	۰/۱۴	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰/۰۴	<۰.۰۱	<۰.۰۱	<۰.۰۱	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۷	ppm	Fe
۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۱/۴۲	<۰.۰۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۱/۴	<۰.۰۱	۰/۰۱	۰/۸	۰/۰۹	ppm	Mn
۱۰	۷۰	۷۰	۵۰	۲/۷۵	۲/۸۹	۵۵/۰۸	۲/۱	۶/۰۵	۳/۴۲	۷/۵۱	۳/۴۳	۴۱/۱	۲۷/۹۶	۴۴/۳۸	ppb	Mo
-	۲۰۰	۵۰	۲۰	۲۳/۳۲	۲۰/۶۹	۲۷/۰۵	۲۳/۰۸	۲۱/۹۹	۱۹/۹۲	۲۴/۹۵	۱۷/۱۸	۳۳/۵۲	۳۲/۲	۳۰/۴۷	ppm	Na
	۱۵	۳۰	۳۰	۲/۲	<۱	<۱	<۱	<۱	۱/۴۲	<۱	۱/۴۱	<۱	۱/۰۷	<۱	ppb	U
	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱/۳۴	۱/۹۶	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	ppb	V
۱۰۰	-	-	-	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	ppb	Cr
۲۰۰	-	-	-	۲۰	۳/۴	۹۰	۲/۳۸	۸/۴۵	۳/۳۳	۱۱	۳/۲۵	۸	۶/۵۳	۳/۹۸	ppb	Cu
۲۰	-	-	-	۰/۷۹	۳/۲	۱/۳۸	<۰.۱	<۰.۱	۰/۱۸	۱/۹۹	۱/۷۹	۳/۵۸	۰/۹۸	۲/۱۹	ppm	Se

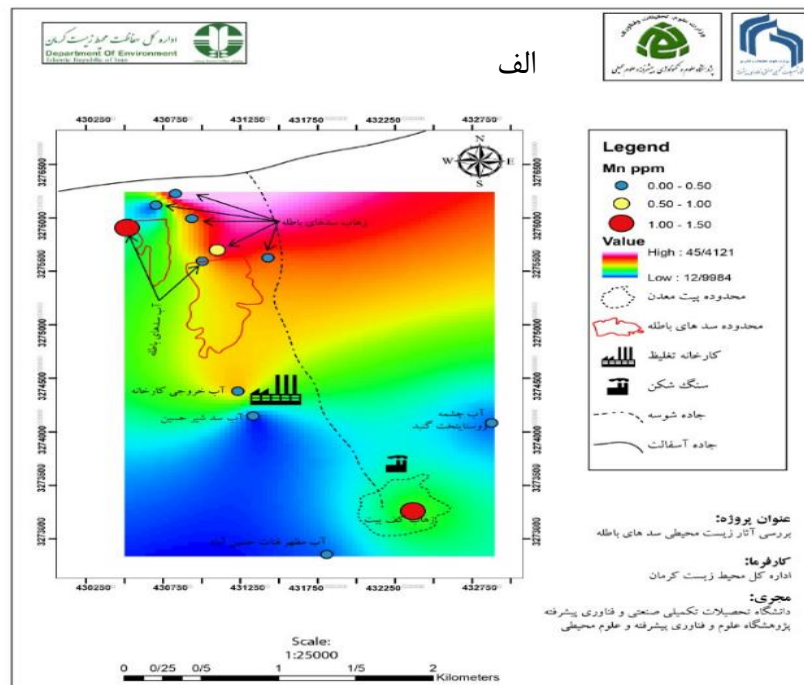
جدول ۳- پارامترهای اندازه گیری شده نمونه آب های محدوده سد باطله با استانداردهای آب شرب (WHO، EPA) و کشاورزی ایران) (تابستان ۱۳۹۹)

استاندارد آب کشاورزی ایران	مقادیر استاندارد آب شرب			قنات پایین دست (۱۲)	آب چشمه (۱۰)	آب پیت (۹)	مظهر قنات حسین آباد (۸)	آب خام سید حسین (۷)	آب پایین دست سد باطله (۶)	آب سد باطله (۵)	آب زهکش سد باطله (۴)	سد آبگیر (۳)	آب زهکش پایین سد رسوبگیر (۲)	سد رسوبگیر (۱)	واحد	پارامتر اندازه گیری شده
	ایران	WHO	EPA													
۸/۴	۹	۸/۵	۸/۵	۸/۲	۸/۴	۱۱/۵	۸/۱	۸/۳	۷/۹	۸/۶	۷/۹	۱۱/۸	۸/۱	۱۰/۶		pH
۲۲۵۰	-	-	-	۴۱۵	۵۴۵	۱۲۸۳	۵۱۸	۵۲۸	۷۳۵	۷۶۳	۸۲۵	۱۴۰۹	۷۶۹	۸۶۵	μS/Cm	EC
۲۰۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰	۲۰۸	۲۷۳	۶۴۵	۲۶۳	۲۶۴	۳۷۶	۳۸۳	۴۰۷	۷۰۷	۳۸۴	۴۳۲	ppm	TDS
-	۴۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۳/۵	۲/۵	۱۶۳	۱۰/۵	۴۱/۵	۷۷/۵	۱۴۹/۱	۱۵۶	۱۷۷	۷۸/۸	۱۰۸	ppm	SO ₄
۳۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۱۷/۴ ۶	۴۳/۶۴	۲۶/۲	۲۶/۲	۳۲/۸۶	۳۴/۹۱	۴۳/۶۴	۴۳/۶۴	۲۶/۱۸	۵۲/۳۷	۴۳/۶۴	ppm	Cl(-)
۳۰	۵۰	۵۰	۱۰	۱/۴۷	۶/۰۴	۴۷/۵	۵/۰۸	۲/۰۱	۱/۱۶	۱/۲۵	۰/۳۷	۲/۲۸	۰/۸۶	۱/۶۵	ppm	NO ₃ (-)
۲۳۰	-	-	-	۲۲۸	۳۰۲	۲۵۴	۳۰۰	۲۵۶	۲۰۶	۸۵	۱۲۲	۱۲۲	۱۵۶	۱۵	ppm	HCO ₃ (-1)
۹	-	-	-	۰/۵۷	۱/۴۸	۰/۶۸	۰/۷۴	۰/۸۵	۱/۱۴	۱/۱۲	۰/۸۹	۱/۱۳	۱/۰۵	۱/۴۷	meq/l	SAR
۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۰۲	۰/۰۸	ppm	Al
۱۰۰	۱۰	۱۰	۱۰	۲۷/۲ ۳	۳۳/۰۴	۹/۰۲	۴/۲۵	۱۴/۸۹	۳/۸۹	۶/۶۴	۱/۳	۳/۶۲	۱/۶۳	۲/۶۲	ppb	As
-	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۹۹/۴	۵۹/۴	۲۳۴/۹	۶۸/۹	۶۴	۱۰۴/۸	۱۱۱/۲	۱۱۹	۱۷۹/۵	۱۰۲/۹	۱۳۲/۴	ppm	Ca
۱۰	۳	۳	۳	<۱	<۱	۳/۱۵	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	۱/۴۲	<۱	<۱	ppb	Cd
-	۰/۳	۰/۳	۰/۳	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	ppm	Fe
۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۰۵	<۰۰۰۱	۰/۰۱	۳	۰/۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	۰/۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	۰/۰۱	<۰۰۰۱	ppm	Mn
۱۰	۷۰	۷۰	۵۰	<۱	۳/۲	۱۹۶/۲ ۸	۳/۸۲	۷/۹۱	۱۳/۴۷	۹۰/۱۴	۱۲/۶۶	۱۶۱/۷۵	۵۴/۶۸	۱۲۰/۳	ppb	Mo
-	۲۰۰	۵۰	۲۰	۱۴۳/ ۲	۴۹/۶	۴۲/۸	۲۶/۴	۳۰/۱	۴۷/۴	۴۵/۹	۳۹/۶	۵۴/۹	۴۴/۸	۶۲/۶	ppm	Na
	۱۵	۳۰	۳۰	<۱	۲/۵۲	۲/۶۱	<۱	۱/۰۳	۱/۹۳	<۱	۱/۵۲	<۱	<۱	<۱	ppb	U
	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	<۱	۱۲/۹۱	<۱	<۱	<۱	<۱	۴/۲	۱/۲۲	۷/۲۹	۱/۱۴	۴/۷۲	ppb	V
۱۰۰	-	-	-	۱۷/۰ ۲	۲۱/۴۶	۱۷/۹۷	۲۳/۳۹	۲۱/۱۴	۱۵/۳	۱/۰۷	۱۳/۸۲	۴/۱۷	۹/۹۸	۱/۹۵	ppb	Cr
۲۰۰	-	-	-	۱۲/۴ ۴	۴/۴۳	۱۲۵/۳ ۶	<۱	۹/۱۲	۱۵	۱۶/۳۶	۱۵/۳	۱۸/۶۲	۱۰/۱۸	۱۴/۸۵	ppb	Cu
۲۰	-	-	-	<۱	<۱	۲/۴۴	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	ppm	Se

۳- نتایج و بحث

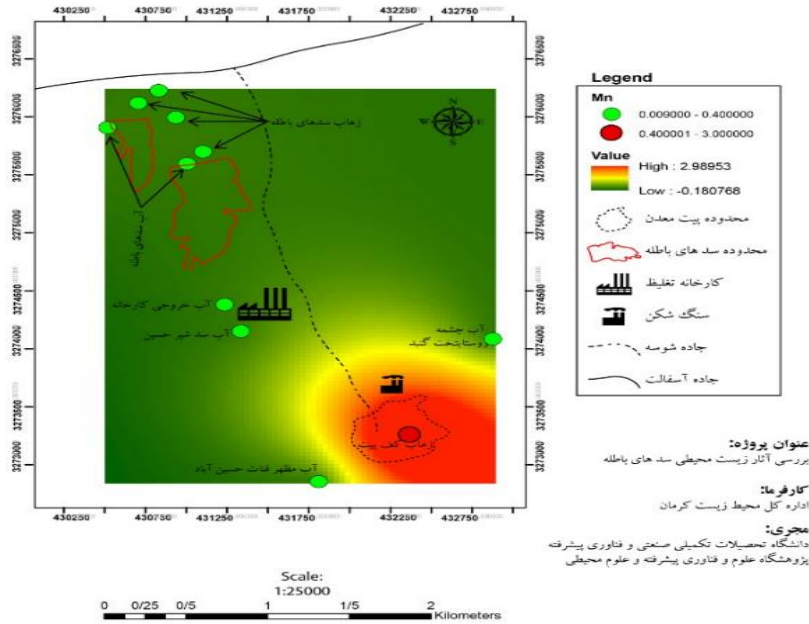
۳-۱- منگنز

در منطقه مورد مطالعه مقدار منگنز کمی از مقدار استاندارد محیط زیست آن در زهکش سد رسوبگیر (TW۲) ، آب سد باطله ۳ (TW۵) و آب پیت (TW۹) بیشتر شده است (جدول ۲ و ۳). با توجه به شکل ۳ می توان توزیع منگنز در منطقه را مشاهده کرد. بیشترین میزان منگنز در کف پیت معدن (TW۹) (۱,۴۲ ppm و ۳ ppm) در هر دو فصل تر و خشک دیده شده است که دلیل آن اکسیداسیون تماس سنگ با آب و متعاقب آن آزادسازی منگنز در آب می باشد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود، غلظت منگنز در فصل تر اطراف سد باطله زیاد است ولی این آلودگی در مناطق دورتر تغییری نداشته است. که دلیل آن می توان حرکت آب به سمت پایین دست و نفوذ از بین لایه های خاک که متعاقب آن منگنز رسوب کرده و از میزان آن کاسته شده است. از طرفی میزان منگنز در فصل خشک در اطراف سد باطله کاهش داشته است و به طور کلی منگنز در آلودگی پایین دست منطقه نقش ناچیزی ایفا کرده است. یکی از کارهای انجام شده در این زمینه توسط Pontar و همکاران بر روی رودخانه kalix در شمال سوئد بر روی تغییرات موقتی آهن و منگنز محلول و معلق انجام شده است و به این نتیجه رسیده اند که تغییر فاز آهن و منگنز از حالت معلق به محلول و همچنین از حالت محلول به رسوب در فصول مختلف سال اتفاق می افتد و درجه حرارت و pH و میزان آهن و منگنز معلق می تواند تاثیر زیادی بر میزان رسوب آهن و منگنز داشته باشد [۱۵].





ب.



شکل ۳- توزیع منگنز در محدوده سد باطله در فصل تر (الف) و خشک (ب) بر اساس استاندارد شرب و کشاورزی IR

۳-۲- مولیبدن

در این تحقیق میزان مولیبدن در فصل تر در تمامی نقاط نمونه برداری از میزان استاندارد شرب ایران (۱۰ ppb) پایین تر است. در حالیکه در فصل خشک بیشترین میزان مولیبدن در پیت معدن (TW۹) می باشد (شکل ۴). این آلودگی منجر به افزایش مولیبدن بیش از حد مجاز شرب در سد رسوبگیر (TW۱) و سد آبگیر ۲ (TW۳) و آب سد باطله ۳ (TW۵) شده است که دلیل آن می تواند حضور مولیبدن به عنوان یک عنصر ثانویه در این معدن باشد. از طرفی با فاصله گرفتن از معدن میزان مولیبدن در قنات های پایین دست به کمتر از حد مجاز رسیده است.

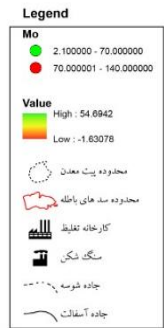
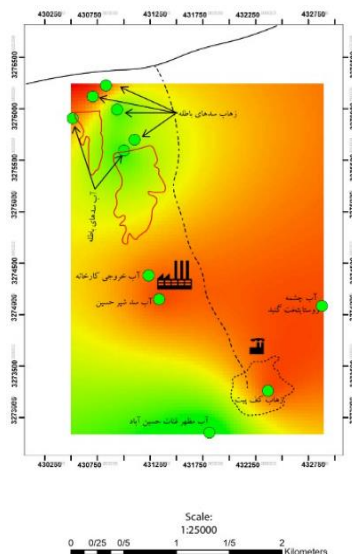
در فصل خشک میزان مولیبدن به طرز قابل توجهی زیاد شده است ولی این روند افزایشی روی غلظت این عنصر در آب قنات پایین دست (TW۱۲) و آب چشمه (TW۱۰) تاثیر چندانی نداشته است که دلیل آن می تواند کم شدن سطح آب داخل سد باطله باشد (شکل ۴).



ب



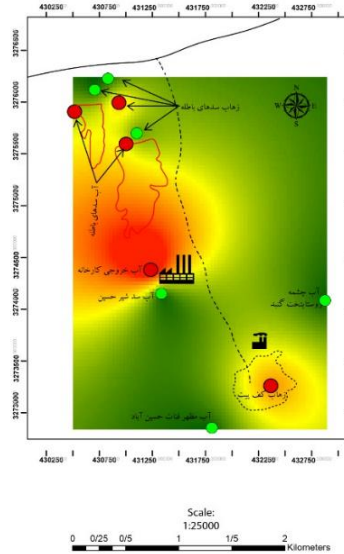
الف



عنوان پروژه:
بررسی آلودگی محیط سد های باطله

کارفرما:
اداره کل محیط زیست کرمان

مجری:
دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته
پژوهشگاه علوم و فناوری پیشرفته و علوم محیطی



عنوان پروژه:
بررسی آلودگی محیط سد های باطله

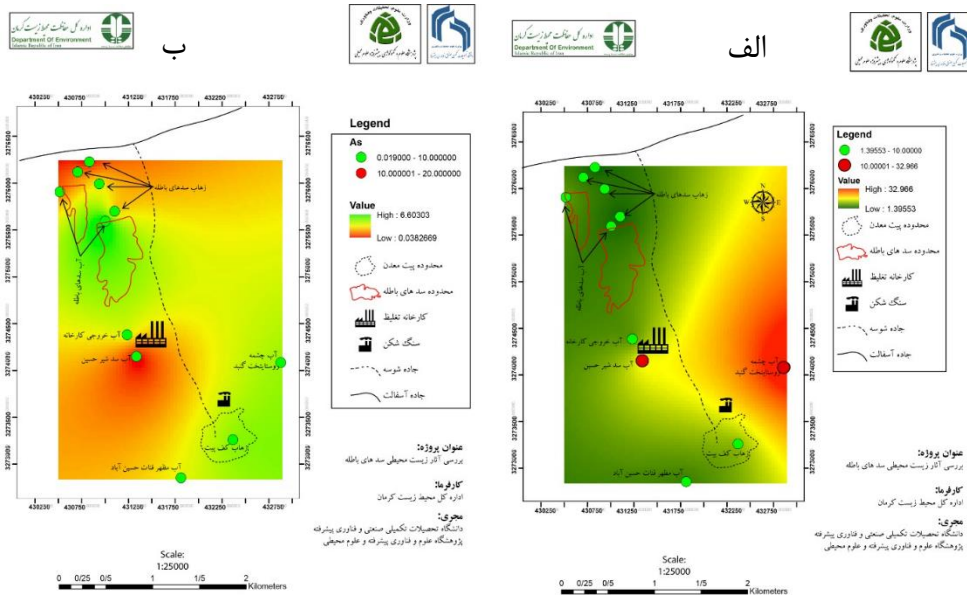
کارفرما:
اداره کل محیط زیست کرمان

مجری:
دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته
پژوهشگاه علوم و فناوری پیشرفته و علوم محیطی

شکل ۴- توزیع مولیبدن در محدوده سد باطله در فصل تر(الف) و خشک (ب) بر اساس استاندارد شرب IR

۳-۳- آرسنیک

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می شود میزان غلظت آرسنیک در فصل تر در تمامی نمونه ها زیر حد مجاز شرب ایران (۱۰ ppb) می باشد. در حالیکه در فصل خشک میزان آرسنیک در آب چشمه (TW۱۰) (۳۳/۰۴ ppb) و آب خام سید حسین (TW۷) (۱۴/۸۹ppb) و آب قنات پایین دست (TW۱۲) (۲۷/۲۳ppb) بیش تر از حد مجاز شرب ایران شده است. از آنجاییکه در سایر نمونه های سد باطله میزان آرسنیک زیر حد مجاز بوده است. لذا به نظر می رسد این افزایش آرسنیک در چاه های اطراف به سدهای باطله ارتباط چندانی نداشته باشد. کاربرد آفت کش ها و حشره کش ها و دیگر نهادهای کشاورزی در منطقه می تواند عامل ورود آرسنیک به منابع آب باشد (۲۰). همچنین کم شدن میزان بارندگی نیز از دیگر عواملی است که می تواند باعث افزایش غلظت فلزات سنگین بخصوص آرسنیک در منطقه باشد (شکل ۵). همچنین در استاندارد محیط زیست، جیوه در آب های آشامیدنی ۱۰ ppb می باشد که در تمامی آنالیزهای آزمایشگاهی بصورت $1\text{ ppb} >$ مشاهده شده است. با توجه به آنالیزهای انجام شده، میزان جیوه در فصل تر و خشک زیر حد مجاز شرب و کشاورزی می باشد.



شکل ۵- توزیع آرسنیک در محدوده سد باطله در فصل تر (الف) و خشک (ب) بر اساس استاندارد شرب IR

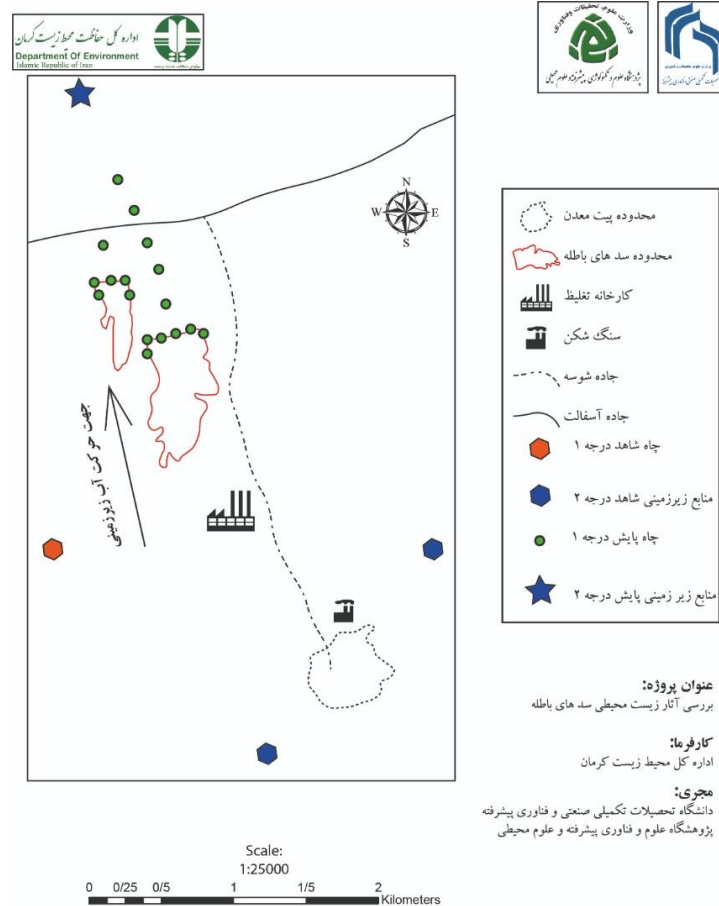
۴-۳- پایش سد باطله

کلیه فعالیت‌های معدنی که همانند سد یا مخزن باطله شرایط نشت و انتشار باطله داشته و دارای پتانسیل آلودگی آبهای زیرزمینی باشند نیز باید مورد پایش قرار گیرند. صرف نظر از اینکه محل سد باطله در چه موقعیتی نسبت به وضعیت آب‌های زیرزمینی محل قرار داشته باشد، کل مخزن یا سد باطله باید مورد پایش قرار گیرد تا در صورت بروز هرگونه نشت و انتشار آلودگی، بتوان نسبت به جلوگیری و کنترل و مهار آن اقدام نمود. این دستورالعمل برای پایش آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی سد باطله صنعتی و معدنی مس تحت گنبد پیش‌بینی شده است. دامنه و کاربرد این دستورالعمل بر اساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست که توسط معاونت محیط زیست انسانی (دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک) تهیه شده، آماده گردیده است.

بر اساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست و با توجه به شرایط موجود پیشنهاد می‌شود تعداد ۱۷ چاه مشاهده ای به عمق حداکثر ۵۰ متر بعنوان چاه پایش درجه ۱ در اطراف سد باطله معدن مس تحت گنبد حفر گردد (شکل ۶). با در نظر گرفتن جهت حرکت آب‌های زیرزمینی در محدوده تخت گنبد از سمت جنوب به سمت بالا دست منطقه (شمال) و همچنین به منظور شناسایی و جلوگیری از نشت و انتشار آلودگی، چاه‌های پایش پیش‌بینی می‌گردد. یک چاه شاهد به منظور تفکیک آلودگی‌های واحدهای مجاور و بالادست از سد باطله تخت گنبد، مورد پایش قرار می‌گیرد تا آلودگی‌های فعالیت‌های دیگر پس از مقایسه و تطبیق نتایج پایش با سد باطله قابل تفکیک و تمیز از همدیگر باشد. چاه شاهد بنا به درخواست مسئول سد باطله در بالادست جهت چیره شدن جریان آب‌های زیرزمینی گزینش و حفر می‌شود.

فاصله چاه‌های پایش از همدیگر سعی شد بگونه ای جانمایی شود که بیشتر از ۳۰ متر نباشد و تمام محیط پیرامون سد باطله را پوشش دهد. این چاه‌ها بایستی هر سه ماه مورد بررسی چاه پیمایی قرار گیرد. منظور از چاه پیمایی در اینجا بررسی دقیق دیواره چاه پایش است تا چنانچه نشت پساب و هرگونه رطوبت در داخل چاه رخ داده است، ثبت گردد. ثبت گزارش‌های دوره‌های انتشار رطوبت و شواهد نشت و تراوش (بیش از دو دوره رویت علائم نشت) به منزله انتشار آلودگی بوده و در صورت نیاز میتوان نمونه‌هایی از خاک یا مصالح دیواره چاه در نقطه یا عمقی که علائم و شواهد نشت وجود دارد، برای انجام آزمایش‌های لازم برداشت شود. برای انجام آزمایش نمونه خاک آغشته به آلودگی‌های محتمل، همان پارامترها و متغیرهایی که برای آب مورد آزمایش قرار می‌گیرند،

آزمایش می شود. از آنجاییکه مظهر قنات حسین آباد و آب چشمه در پایین دست سد باطله قرار دارند بعنوان چاه پایش درجه دو انتخاب گردیدند.



شکل ۶- نحوه توزیع چاه های پایش در محدوده سد باطله معدن مس تخت گنبد

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی تاثیر سد باطله بر روی کیفیت آب های سطحی و زیرزمینی محدوده معدنی مس تخت گنبد پرداخته شده است. در پارامترهای اندازه گیری شده در منطقه تخت گنبد با استانداردهای آب شرب EPA، WHO و محیط زیست ایران در فصل تر و خشک نشان داد که بیشترین میزان منگنز در کف پیت معدن (۱,۴۲ ppm و ۳ ppm) در هر دو فصل دیده شده است که دلیل آن اکسیداسیون تماس سنگ با آب و متعاقب آن آزادسازی منگنز در آب می باشد. میزان مولیبدن در فصل تر در تمامی نقاط نمونه برداری از میزان استاندارد شرب ایران (۱۰ ppb) پایین تر است. در فصل خشک میزان مولیبدن به طرز قابل توجهی زیاد شده است ولی این روند افزایشی روی غلظت این عنصر در آب قنات پایین دست و آب چشمه تاثیر چندانی نداشته است که دلیل آن می تواند کم شدن سطح آب داخل سد باطله باشد. میزان غلظت آرسنیک در فصل تر در تمامی نمونه ها زیر حد مجاز شرب ایران (۱۰ ppb) می باشد. در حالیکه در فصل خشک میزان آرسنیک در آب چشمه (۳۳/۰۴ ppb) و آب خام سیدحسین (۱۴/۸۹ ppb) و آب قنات پایین دست (۲۷/۲۳ ppb) بیش تر

از حد مجاز شرب ایران شده است. از آنجاییکه در سایر نمونه های سد باطله میزان آرسنیک زیر حد مجاز بوده است. لذا به نظر می رسد این افزایش آرسنیک در چاه های اطراف به سدهای باطله ارتباط چندانی نداشته باشد.

۵- تشکر و قدردانی

نویسندگان این پژوهش، از سازمان حفاظت محیط زیست استان کرمان، به دلیل حمایت های مالی این پژوهش در قالب طرح پژوهشی شماره ۴۳/۷۰۴۳-۴۳-۱۱۰ نهایت قدردانی و تشکر را دارد.

۶- منابع

1. Adriano DC. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals: Springer; 2001. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21510-5>
2. Hudson-Edwards K, Edwards S. Mineralogical controls on storage of As, Cu, Pb and Zn at the abandoned Mathiatis massive sulphide mine, Cyprus. *Mineralogical Magazine*. 2005;69(5):695-706. <https://doi.org/10.1180/0026461056950281>
3. Fuge R, Pearce FM, Pearce NJ, Perkins WT. Geochemistry of Cd in the secondary environment near abandoned metalliferous mines, Wales. *Applied geochemistry*. 1993;8:29-35. [https://doi.org/10.1016/s0883-2927\(09\)80006-1](https://doi.org/10.1016/s0883-2927(09)80006-1)
4. Lawson RT. Aqueous oxidation of pyrite by molecular oxygen. *Chemical reviews*. 1982;82(5):461-97. <https://doi.org/10.1021/cr00051a001>
5. Nordstrom DK, Alpers CN, Ptacek CJ, Blowes DW. Negative pH and extremely acidic mine waters from Iron Mountain, California. *Environmental Science & Technology*. 2000;34(2):254-58. <https://doi.org/10.1021/es990646v>
6. Jambor J, Weisener C. The geochemistry of acid mine drainage. *Environmental geochemistry*. 2005;9:149.
7. Nieto J, Sarmiento A, Olías M, Cánovas C, Ayora C, editors. Acid mine drainage pollution in the Tinto and Odiel rivers, SW Spain. 12th Symposium on Water-Rock Interaction (Kunming, China). Abs; 2007. [DOI: 10.1016/j.envint.2006.11.010](https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.11.010)
8. Shayestehfar M, Nasab SK, Mohammadalizadeh H. Mineralogy, petrology, and chemistry studies to evaluate oxide copper ores for heap leaching in Sarcheshmeh copper mine, Kerman, Iran. *Journal of hazardous materials*. 2008;154(1-3): 602-12. [DOI: 10.1016/j.jhazmat.2007.10.100](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.10.100)
9. Lottermoser B. Mine wastes: characterization, treatment and environmental impacts. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 2003. [DOI: 10.1007/978-3-642-12419-8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12419-8)
10. Mudd G, Boger D. The ever growing case for paste and thickened tailings—towards more sustainable mine waste management. *J. Aust. Inst. Min. Metall*. 2013;2:56-59.

11. Azizli KM, Yau TC, Birrel J. Design of the Lohan tailings dam, Mamut copper mining Sdn. Bhd., Malaysia. Minerals engineering. 1995;8(6):705-12. [https://doi.org/10.1016/0892-6875\(95\)00031-K](https://doi.org/10.1016/0892-6875(95)00031-K)
12. van der Ent A, Edraki M. Environmental geochemistry of the abandoned Mamut copper mine (Sabah) Malaysia. Environmental geochemistry and health. 2018;40(1):189-207. <https://doi.org/10.1007/s10653-016-9892-3>
13. Rice EW, Baird RB, Eaton AD, Clesceri LS. Standard methods for the examination of water and wastewater: American public health association Washington, DC; 2012.
14. Kohl PM, Medlar SJ. Occurrence of manganese in drinking water and manganese control: American Water Works Association; 2006.
15. Pontér C, Ingri J, Burman J-O, Boström K. Temporal variations in dissolved and suspended iron and manganese in the Kalix River, northern Sweden. Chemical geology. 1990;81(1-2):121-31. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(90\)90042-6](https://doi.org/10.1016/0009-2541(90)90042-6)
16. Hosseini MR, Ghaderi M, Alirezai S, Sun W. Geological characteristics and geochronology of the Takht-e-Gonbad copper deposit, SE Iran: a variant of porphyry type deposits. Ore Geology Reviews. 2017;86:440-58. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.03.003>
17. Nriagu J, Bhattacharya P, Mukherjee A, Bundschuh J, Zevenhoven R, Loeppert R. Arsenic in soil and groundwater: an overview. Trace Metals and other Contaminants in the Environment. 2007;9:3-60. [https://doi.org/10.1016/S1875-1121\(06\)09001-8](https://doi.org/10.1016/S1875-1121(06)09001-8)
18. Antunes I, Albuquerque M. Using indicator kriging for the evaluation of arsenic potential contamination in an abandoned mining area (Portugal). Science of the Total Environment. 2013;442:545-52. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.010>
19. Pais I, Jones Jr JB. The handbook of trace elements: Crc Press; 1997.
20. Khadem Min, Golchin A. Risk Assessment of Contamination of the Country's Soil and Water Resources with Arsenic. Iranian Journal of Soil and Water Research. 2019; 50(7); 1595-1617 (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJSWR.2019.274404.668103>