

## ارزیابی مقایسه ای تاثیرگذاری معادن زغال سنگ طزره و تخت بر کیفیت و توزیع غلظت عناصر B و Br در منابع آبی منطقه

جعفر سرقینی  
ایران دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب  
Jsargheini@yahoo.com

بهناز دهرآزما  
ایران دانشگاه صنعتی شاهرود  
Behnaz\_Dahrazma@shahroodut.ac.ir

مهدی خرقانی\*  
ایران دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب  
Kharghani.m@gmail.com

مرتضی رحیمی  
ایران دانشگاه صنعتی شاهرود  
Morteza\_rahimi20@yahoo.com

### چکیده

در این تحقیق، تاثیرگذاری معدنکاری زغالسنگ در معادن طزره و تخت بر کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه مورد مقایسه قرار گرفته است. همچنین با توجه به حضور این دو معدن در سازند شمشک و موقعیت زمین شناسی تقریباً مشابه دو معدن، کیفیت آب زیرزمینی در ۱۰ سال آینده برای معدن تخت برآورد شده است. از منابع آب زیرزمینی در دو معدن نمونه برداری صورت گرفته و نمونه ها جهت تعیین غلظت B و Br، آنیونها و کاتیونها، pH و EC آنالیز گردیدند. در هر دو مجموعه بیشترین غلظت مربوط به یون سولفات می باشد، که در زهاب خروجی معدن تخت  $292.8 \text{ mg/L}$  و در معدن طزره  $1600 \text{ mg/L}$  و در زهاب حاصل از شستشوی باطله ها در معدن تخت،  $936 \text{ mg/L}$  اندازه گیری شد. غلظت سولفات و سدیم  $2.3/2.7$  برابر حد مجاز در آب پایین دست معدن طزره می باشد. همچنین معدنکاری باعث افزایش  $3/41$  و  $2/36$  برابری غلظت B و Br در معدن تخت و افزایش  $1/9$  و  $2/47$  برابری غلظت B و Br در معدن طزره در آب پایین دست، گردیده است. با توجه به فعالیت محدود معدنکاری در معدن تخت (۵ سال)، آلودگی در آب پایین دست معدنکاری مشاهده نشد. بر اساس تشابه ساختاری معادن تخت و طزره (سازند شمشک) افزایش  $14, 11, 6$  برابری در مقادیر EC، سدیم و سولفات آب زیرزمینی پایین دست مجموعه معدنی تخت در ۱۰ سال آینده برآورد می شود.

### Abstract

In this research, the effects of coal mining on the groundwater in Tazareh and Takht mines were compared. Also, since both mines are located in the Shemshak formation with similar geological characteristics, the groundwater quality in Takht Mine in the next ten years was predicted. Groundwater samples were taken from both mines in order to determine the concentration of B and Br, anions, and cations, pH and EC. In both mines, the concentrations of sulfate were the highest among the ions, which measured at  $292.8 \text{ mg/L}$  in Takht and  $1600 \text{ mg/L}$  in Tazareh tunnels effluents and  $936 \text{ mg/L}$  in drainage from tailing in Takht Mine. In Tazareh, the concentrations of sulfate and sodium in downstream were 2.3 and 2.7 times more than the standard value. Also, mining augmented the concentration of B and Br, 2.3 and 2.7 times in Takht Mine and 1.9 and 2.47 times in Tazareh Mine in downstream. Since the mining activity in Takht has began recently (5 years ago), no pollution was detected in the downstream groundwater. Due to similar formation (Shemshak formation) in Takht and Tazareh mines, augmentation of EC, sodium and sulfate concentration by 6, 11, and 14 times respectively are expected in Takht Mine in the next 10 years.

Key Words: Mining- Coal- Pollution- Sulfate- Boron- Bromine- Tazareh- Takht

کلمات کلیدی: معدنکاری- زغالسنگ- آلودگی- سولفات- بور- برم- طزره- تخت

## مقدمه

زغال سنگ ماده ای نا همگن و با ترکیبی پیچیده بوده که بسیاری از عناصر و ترکیبات را در زمان رسوبگذاری و یا در هنگام دیاژنز در خود جای داده است. یکی از مشکلات حاصل از معدنکاری، زهاب های اسیدی معادن می باشد، که اثرات منفی و زیان باری بر روی کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی دارد. بسیاری از معادن از جمله معادن زغال سنگ، شامل کانی های سولفید آهن به ویژه پیریت می باشند. اکسید شدن این کانی ها توسط اکسیژن آب و خصوصاً حضور باکتری های خاص از جمله عوامل تولید زهاب اسیدی می باشد (Atkins & Pooley, 1982, Singer & Stumm, 1970, Norton, 1992, Williams, 1975). زهاب های اسیدی در معادن زمانی تولید می شوند که کانی های سولفیدی در سطح زمین مشاهده شوند (Atkins & Pooley, 1982, Toit et al., 1998). زهاب های اسیدی با خصوصیات مانندی غلظت بالای آهن، سولفات و pH کم مشخص می شوند (Williams, 1975, Toit et al., 1998, Gray, N.F., 1998). تنوع در ترکیب زغال سنگ و پیچیده بودن شرایط تشکیل آن، باعث تمرکز عناصر بسیاری از قبیل عناصر سبک (Li, Be و ...)، عناصر غیر فلزی (Se, As, Bi و ...)، فلزات سنگین (Cu, B, Br, Fe, Na و ...) و عناصر نادر خاکی (La, Ce, Eu و ...) شده است که هر کدام می توانند در حین عملیات استخراج، آماده سازی، شستشو و فرآوری، حمل و نقل و احتراق (عموماً در نیروگاه ها) از مواد در برگیرنده خود جدا شده و با ورود به محیط، تولید آلودگی نمایند (Swaine Goodarzi, 1995, Finkelman et al., 2002, Yiwei et al., 2007). پساب های اسیدی تولید شده در حین استخراج، به همراه آزادسازی فلزات سنگین موجود در زغال سنگ و باطله های همراه با آن که باعث آلودگی منابع آبی شده و تهدیدی برای ارگانیزم های موجود در منطقه می باشند، جزء بزرگترین مشکلات زیست محیطی معدنکاری زغال محسوب می شوند (Bisthoven et al., 2006). این پساب ها که (عموماً اسیدی) غنی از فلزات سنگین می باشند، علاوه بر اینکه در حین استخراج زغال تشکیل می شوند، می توانند در اثر استخراج سایر کانسارهای حاوی سولفیدهای فلزی از قبیل پیریت ( $FeS_2$ ) و یا انحلال سولفیدها و یونهای فلزی از سنگ میزبان تولید شوند (Tabaksbat, 2007). زهاب اسیدی تولید شده با ورود به آب و یا خاک یک منطقه می تواند مشکلاتی را ایجاد نماید که نمونه هایی از آن شامل: کاهش pH آب و به دنبال آن افزایش قابلیت حلالیت، خوردگی و خوردگی آن؛ افزایش درصد یون های فلزی، به ویژه فلزات سنگین؛ افزایش TSS و TDS آب؛ تغییر اکوسیستم موجود در آب؛ آلودگی آب های زیرزمینی؛ آلودگی خاک های منطقه؛ آلودگی گیاهان موجود در منطقه (Mishra, 2007). رضایی (۱۳۸۰) می باشد. پیریت و مارکازیت عمده ترین کانی های سولفیدی آهن موجود در زغال می باشند و به همراه پیرویت دارای بالاترین نرخ اکسیداسیون بوده و بیشترین نقش را در تولید زهاب اسیدی در معادن زغال دارا می باشند (2000, Butler et al., 1981). بر اساس مطالعاتی که بر روی ارتباط ژئوشیمیایی عناصر موجود در زغال سنگ با ترکیبات، اجزا و بخش های مختلف موجود در آن صورت گرفته، مشخص شده است که عناصری از قبیل Pb, Th, Se, Cr, Mo, V, Sb, P و Be رابطه مثبت و مستقیمی با محصول خاکستر زغال سنگ ها دارند. عناصر Fe, Ni, As, Hg, Co و Fe عموماً در ارتباط با پیریت و مارکازیت بوده و Br نیز عموماً همراه با مواد ارگانیک مشاهده می گردد (Song et al., 2007). عناصر Al, Ca و S نیز به ترتیب در ارتباط با کانی های رسی، کانی های کربناته و کانی های سولفیدی (از قبیل پیریت و مارکازیت) می باشند (Querel et al., 1996, a, 1997, b). در صورتیکه کارخانجات فرآوری زغال سنگ نیز در کنار معادن زغال سنگ قرار گیرند، زهاب هایی بسیار آلوده تر و خطرناک تر ایجاد می نمایند (Komnitsas & Modis, 2006). به طوری که pH این محل ها به حدود ۳ و غلظت عناصری از قبیل  $Ca, Al, Fe, Pb, Zn, Br$  و نیز در آنها به شدت افزایش می یابد (Laus et al., 2007). بطور کلی محققین بر این باورند که افزایش غلظت سولفات، در منابع آبی از جمله تأثیرات سوء زیست محیطی حاصل از

معدنکاری زغال محسوب می گردند (Butler et al., Bisthoven et al., 2006). Mishra et al., 2007). با توجه به اثرات سوء معدنکاری زغال سنگ این تحقیق بر آن است که به بررسی مقایسه ای میان دو معدن طزره و تخت از معادن تحت پوشش شرکت زغال سنگ البرز شرقی بپردازد. در این تحقیق با اندازه گیری pH و غلظت آنیون ها و کاتیون های مهم در آبهای زیرزمینی و بررسی تغییرات غلظت عناصر  $Br$  و  $B$ ، تأثیرات معدنکاری دو مجموعه معدنی بر کیفیت آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به حضور دو معدن در سازند یکسان (سازند شمشک) آلودگی های ایجاد شده در ۱۰ سال آینده در قیاس با معدن طزره، برای مجموعه معدنی تخت پیش بینی گردیده است.

## مناطق مورد مطالعه

معدن زغال سنگ طزره بخش مرکزی این مجموعه معدنی که تحت نام تونل مادر شناخته می شود، منطقه مورد بررسی می باشد. این منطقه در ۷۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان شاهرود و ۴۵ کیلومتری شمال شرق شهرستان دامغان بین طول های  $54,18',48''$  و  $54,30',45''$  شرقی و عرض های  $36,22',30''$  و  $36,25',50''$  شمالی به مساحت  $68/45 km^2$  واقع شده است. نقطه مرکزی مجموعه تونل مادر با گمانه اکتشافی که در طول جغرافیایی  $54,25',30''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $36,25',00''$  شمالی حفر شده است، مشخص می باشد. موقعیت منطقه و راه های دسترسی به آن در شکل شماره ۱ آورده شده است



شکل شماره ۱: موقعیت مجموعه معدنی طزره و راههای دسترسی به آن (سایت گیتاشناسی، نقشه راه های معدن طزره، ۱۳۸۶)

منطقه مورد بررسی بخشی از حوضه آبریزی است که توسط سازندهای الیکا، شمشک، دلیچای و لار احاطه شده است. میزان بارندگی در این حوضه از ۳۰۰ mm در سال تجاوز نمی کند ولی یکی از پر بارترین نقاط استان سمنان محسوب می شود (گزارش طرح اکتشاف، ۱۳۸۷). استخراج زغال سنگ در منطقه به صورت تونلی و زیرزمینی صورت می گیرد. استخراج زغال سنگ از ۳۰ سال پیش در این معدن آغاز گردیده است. به طور متوسط روزانه ۲۰۰ تن زغال سنگ از این معدن استخراج می شود. این معدن تحت پوشش شرکت زغال سنگ البرز شرقی می باشد (اکتشافات تفصیلی پشکلات، ۱۳۵۹)

معدن زغال سنگ تخت: این معدن تحت پوشش شرکت زغال سنگ البرز شرقی در فاصله ۱۲ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مینودشت در استان گلستان واقع

شماره نمونه	محل نمونه برداری	مشخصات محل نمونه برداری	PH	EC ( $\mu S / cm$ )
۱	زهاب خروجی تونل مادر در منطقه معدنی طزره	تونل	۷/۶۱	۳۵۶۰
۲	آب بالا دست معدن طزره	چاه درمرز کوهستان دشت ابرفتی	۷/۷۴	۷۷۵
۳	آب مقابل دمپ باطله هادر معدن طزره	چاه مقابل باطله های معدنی ( پشت درمانگاه)	۷/۳۵	۱۶۵۲
۴	آب پایین دست معدن طزره	چشمه سرخان	۶/۷۹	۳۳۴۰
۵	زهاب خروجی تونل استخراجی معدن تخت	تونل	۸/۴۱	۱۴۵۱
۶	آب بالا دست منطقه معدنی تخت	چشمه	۷/۳۳	۲۱۹
۷	زهاب حاصل از شستشوی باطله های معدنی تخت	دبوی باطله ها	۸/۱۲	۲۶۲۰
۸	آب پایین دست معدن تخت	آب زیرزمینی	۷/۵۸	۷۲۶

جدول شماره ۱: مشخصات محل های نمونه برداری و مقادیر pH و EC در نمونه ها

معدن مورد مطالعه	معدن طزره	معدن تخت
درصد رطوبت لایه	۰/۶	۱/۸-۱/۲
درصد خاکستر	۲۵	۴۴/۷-۱۱/۲
درصد گوگرد	۲/۴-۰/۵	۱/۳۲-۰/۵۶

جدول شماره ۲: مقایسه کیفیت زغال های معدن زغال سنگ طزره و تخت (گزارش پایان اکتشاف، ۱۳۸۸).

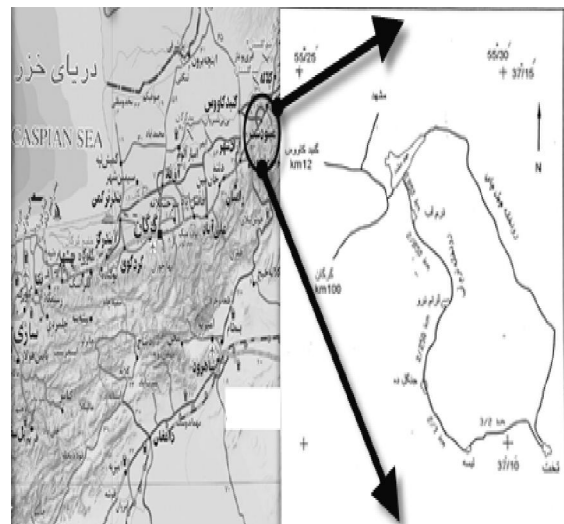
### بحث و بررسی:

قبل از شروع فعالیت های معدنکاری، نرخ اکسیداسیون کانی های سولفیدی از هوازدگی طبیعی تبعیت می کند. با انجام عملیات معدنکاری و شروع استخراج مواد باطله های معدنی، به دلیل بالا رفتن سطح تماس کانی های سولفیدی با آب و اکسیژن، سرعت واکنش های اکسیداسیونی افزایش می یابد. در نتیجه حجم زهاب ایجاد شده افزایش و pH آن کاهش می یابد. بسیاری از عناصر و ترکیباتی که در pH های خنثی تا قلیایی توانایی حل شدن در آب را ندارند، همزمان با کاهش pH محیط در آب زیرزمینی و یا سطحی منطقه حل شده و مشکلات گسترده زیست محیطی را ایجاد می نماید. در این تحقیق pH زهاب های خروجی در هر دو معدن قلیایی است و زهاب خروجی تونل، زهاب های خنثی یا الکالی (NAMD) می باشد (جدول شماره ۱). مقدار EC در زهاب خروجی تونل استخراجی و آب مقابل دمپ باطله های معدن طزره به ترتیب ۲/۴۵ و ۰/۶۳ برابر معدن تخت مشاهده می شود. با توجه به اینکه مقدار EC در آب زیرزمینی پایین دست معدن طزره ۴/۶ برابر معدن تخت می باشد، بنابراین کیفیت آب های زیرزمینی منطقه طزره از معدن تخت پایین تر می باشد.

نتایج نشان می دهند که در نمونه آب بالادست معدن طزره و تخت بیشترین مقادیر غلظت مربوط به یونهای  $Na^+$ ،  $HCO_3^-$  و  $SO_4^{2-}$  می باشد. به طور کلی غلظت آنیون ها و کاتیون ها در آب بالادست معدن طزره بیش از تخت می باشد. بیشترین اختلاف در مورد یون های سولفات و سدیم مشاهده می شود (شکل شماره ۳).

در مورد زهاب های خروجی تونل استخراجی در معدن طزره یون  $SO_4^{2-}$  بیشترین و یون  $Ca^{2+}$  و بی کربنات کمترین مقدار را به خود اختصاص داده اند در معدن تخت کمترین مقدار یون  $Cl^-$  است و بیشترین مقادیر در یونهای  $SO_4^{2-}$  و  $Na^+$  مشاهده می شود که این مطلب تاثیر زهاب خروجی تونل در افزایش غلظت سولفات و سدیم در اثر معدنکاری را نمایان می سازد (شکل شماره ۴). در معدن طزره بیشترین آلودگی در حال حاضر در زهاب خروجی تونل استخراجی است که یون های

شده است. منطقه تخت از شمال به دره چهل جای، از جنوب به دره ساسنگ، از شرق به ارتفاعات حاجی لر و از غرب به روستای لیسه، محمد زمان خان، امام عبداللؤلوم، سراپو و ازدادن محدود می گردد. طول جغرافیایی منطقه بین  $55^{\circ}22'30''$  تا  $55^{\circ}27'40''$  شرقی و عرض جغرافیایی آن بین  $37^{\circ}02'10''$  تا  $37^{\circ}10'35''$  شمالی می باشد (شکل شماره ۲). در راستای ایجاد راه دسترسی به سایت، دو جاده چهل جای و جنگل ده از مسیر روستای سوسرا در جنوب غربی منطقه زغال دار تخت احداث شده است. وجه تشابه نام آن از روستای تخت که در مجاورت آن قرار دارد می باشد. عملیات استخراجی از سال ۱۳۸۰ با حفر تونل های افقی باز کننده در بخش جنوبی منطقه اکتشافی آغاز گردیده است. اقلیم منطقه مورد مطالعه در سیستم آمبرژه نیمه مرطوب، گرم و معتدل قلمداد می گردد و بر اساس نقشه های کاربری اراضی عمده ترین بخش محدوده مطالعاتی از زمینهای زراعی و کشاورزی تشکیل می شود. پوشش گیاهی آن اغلب زیر کشت نباتات آبی به خصوص گندم و جو یا کشت غلات دیم است



شکل شماره ۲: موقعیت مجموعه معدنی تخت و راه های دسترسی (سایت گیتاشناسی، نقشه راه های معدن تخت، ۱۳۸۶).

منطقه دارای تابستانهای گرم و مرطوب و زمستان پر بارش می باشد. اکثر نزولات به صورت برف در ارتفاعات است. متوسط بارندگی سالیانه در منطقه تخت ۵۰۰-۴۵۰ می باشد. از نظر زمین شناسی در این منطقه سازند الیکا - شمشک - دلپچای ولار دیده می شود (گزارش طرح اکتشاف، ۱۳۸۷). استخراج زغال سنگ از سال ۱۳۸۳ در این معدن آغاز گردیده است. به طور متوسط سالانه ۳۰ هزار تن زغال در حال استخراج می باشد. از این معدن استخراج حدود ۱/۵ میلیون تن زغال سنگ طی ۱۵ سال برآورد شده است (گزارش پایان اکتشاف، ۱۳۸۸).

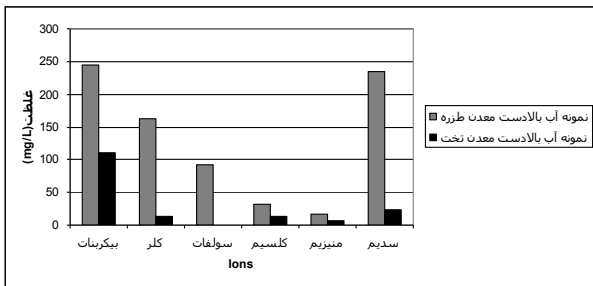
### نمونه برداری ها

جهت انجام تحقیق از زهاب خروجی تونل، زهاب شستشوی باطله های معدن تخت، آب زیرزمینی مقابل دمپ باطله ها در معدن طزره، آب بالادست و پایین دست معدنکاری در هر دو معدن طزره و تخت نمونه برداری انجام شد. پارامترهای فیزیکوشیمیایی نظیر pH، EC و غلظت آنیون ها و کاتیون ها در آزمایشگاه علم و فناوری استان سمنان اندازه گیری گردید (جدول شماره ۱).

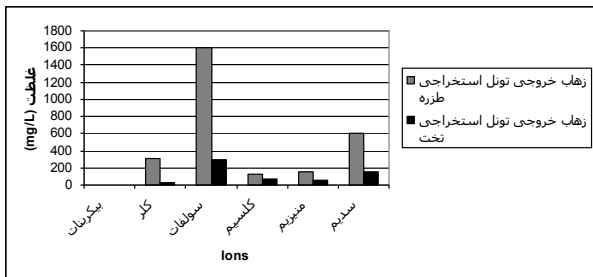
در نمونه های برداشت شده غلظت عناصر  $Br$  و  $B$  پس از آماده سازی، توسط آزمایشگاه Acme کانادا با استفاده از هضم اسیدی با محلول AquaRegia و روش ICP-MS اندازه گیری گردیدند. جدول شماره ۲ برخی از خصوصیات زغال ها در معادن تخت و طزره را مشخص می سازد.

فلاسلاب خروجی به محیط ( استاندارد جمهوری اسلامی ایران،  $400 \text{ mg/l}$ ) میتوان به آلودگی شدید آن پی برد (استاندارد خروجی فلاسلاب ها، ۱۳۷۳). با توجه به اینکه آب چشمه سرخان که دارای مصارف کشاورزی می باشد، توسط دام های منطقه جهت شرب و حتی گاها به منظور شرب انسان نیز مورد استفاده قرار می گیرد از حساسیت بیشتری برخوردار می باشد که باید تدابیری کاربردی جهت جلوگیری از گسترش آلودگی آن اتخاذ گردد.

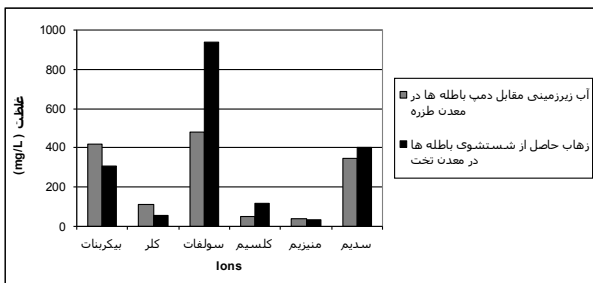
رسوب سازند شمشک دارای خصوصیات تقریباً یکسانی در مناطق مورد مطالعه طزره و تخت دارد و شامل ماسه سنگ های خاکستری، آرژیل لایه های زغالی، گراویت های ضخیم لایه و همچنین لایه های نازکی از تون اشتاین و لنزهای زغالی و لایه های زغالی می باشد. ضخامت لایه های فوق در این دو ناحیه به حدود  $2000$  متر می رسد که به طور هم شیب بر روی لایه های نازک آهکی زرد رنگ و رمیکولار الیکا (تریاس میانی) قرار دارند. در معدن تخت می توان شیب متوسط لایه ها را بین  $25 - 35$  درجه و وضعیت تکتونیکی آرام منطقه را نیز نسبت به معدن طزره با شرایط مشابه مد نظر قرار داد (گزارش طرح اکتشاف معدن تخت، ۱۳۸۷).



شکل ۳: مقایسه کیفیت آب در منابع آبی بالادست مجموعه معدنی طزره و تخت ( نمونه های شماره ۲ و ۶)



شکل ۴: مقایسه کیفیت زهاب های خروجی تونل در مجموعه معدنی طزره و تخت ( نمونه های شماره ۱ و ۵)



شکل ۵: مقایسه کیفیت زهاب های حاصل از شستشوی باطله در مجموعه معدنی طزره و تخت (نمونه های شماره ۳ و ۷)

سولفات و سدیم به ترتیب  $3$  و  $4$  برابر حد مجاز استاندارد (یون سولفات  $400$  میلی گرم در لیتر و یون سدیم  $200$  میلی گرم در لیتر) می باشد (استاندارد خروجی فلاسلاب ها، ۱۳۷۳). در مورد مجموعه معدنی تخت با توجه به شکل شماره ۵ همین روند افزایشی به خصوص در مورد یون سولفات مشاهده می شود. بنابراین بیشترین تاثیر حاصل از منابع آلاینده حاصل از معدنکاری زغال سنگ در هر دو منطقه مورد بررسی که شامل زهاب های خروجی تونل های استخراجی و زهاب های حاصل از شستشوی باطله های معدنی می باشند، بر کیفیت آب منطقه از طریق افزایش یونهای سولفات و سدیم بوده است.

چشمه سرخان که نمونه آب زیرزمینی برداشت شده در پایین دست منطقه معدنکاری و دمپ باطله در معدن طزره می باشد، افزایش قابل ملاحظه در مقایسه با آب بالادست در کلیه آنیون ها و کاتیون های در آن مشاهده شده است. افزایش یونهای کلر، سولفات، سدیم، کلسیم، منیزیم و بی کربنات نسبت به آب بالادست معدنکاری به ترتیب  $1.13/45.96/4.21/1.35/2.16$  نشان دهنده ی تاثیر بسیار شدید معدنکاری در افزایش این یونها می باشد (شکل ۳ و شکل ۶). نتایج نشان می دهد با توجه به فاصله چاه پایین دست ( $7.5$  کیلومتر) نسبت به محل معدنکاری و همچنین قدمت کم معدنکاری در معدن تخت در حال حاضر معدنکاری باعث افزایش آلودگی در آب های پایین دست نشده است (شکل شماره ۶).

زهاب خروجی از تونل استخراجی به دلیل انحلال عناصر (زیر سطح ایستایی) موجود در واحد های رسوبی و شستشوی باطله ها، عمدتاً حاوی غلظت بالایی از عناصر یون ها بوده و در صورتی که این غلظت ها بالاتر از حد مجاز تخلیه پساب ها به محیط باشند جز منابع آلاینده طبیعت محسوب می شوند. با توجه به غلظت آنیون ها و کاتیون ها در زهاب خروجی تونل مادر در منطقه معدنی طزره و غلظت بالای زهاب حاصل از شستشوی باطله ها در منطقه معدنی تخت، میتوان این دو را به عنوان علت اصلی افزایش غلظت در آب پایین دست مناطق مورد مطالعه نام برد.

جهت تعیین تاثیرات معدنکاری بر غلظت عناصر در مناطق مورد مطالعه، دو عنصر B و Br مورد آنالیز و بررسی قرار گرفتند. افزایش  $1/9$  برابری غلظت B در معدن طزره و  $3/41$  برابری در معدن تخت، در آب زیرزمینی پایین دست مناطق مورد بررسی نسبت به آب زیرزمینی بالادست، نشان از تغییر غلظت B، در اثر معدنکاری در این مناطق دارد. در بررسی عنصر B غلظت آن در مقابل دمپ باطله ها در معدن طزره  $207 \text{ PPb}$ ، نشان داده شد که بیشترین غلظت در نمونه های مورد بررسی را نشان داد (شکل شماره ۷). در بررسی صورت گرفته از معدن تخت زهاب حاصل از شستشوی باطله ها مقدار  $217 \text{ PPb}$  را نشان داد که این مقدار بیشترین غلظت در نمونه های مورد بررسی در معدن تخت، می باشد.

در معدن طزره غلظت عنصر Br در آب زیرزمینی پایین دست  $476 \text{ PPb}$  مشاهده شده که نشان دهنده افزایش غلظت در منابع آب زیرزمینی پایین دست، نسبت به بالادست در معدن طزره می باشد. در بررسی تغییرات عنصر Br، افزایش  $2/47$  برابری در معدن طزره و  $2/36$  برابری در معدن تخت نیز این تغییرات را مشخص نمود. بیشترین غلظت Br در معدن تخت در زهاب حاصل از شستشوی باطله ها می باشد که تاثیر زهاب های خروجی از معادن در تغییرات غلظت عناصر در منابع آب را مشخص می سازد (شکل شماره ۸).

در شکل شماره ۹ تغییرات بسیار شدید کیفیت آب را بین دو سال  $1377$  و  $1387$  در پایین دست منطقه معدنکاری طزره به وضوح می توان مشاهده کرد. در واقع با گذشت زمان، تاثیرات سوء معدنکاری در محیط محسوس تر شده است. گذشت ۱۰ سال از فعالیت معدنکاری (سال  $1377$  تا  $1387$ ) افزایش قابل ملاحظه ای در غلظت کلیه آنیون ها و کاتیون های منابع آب زیرزمینی را باعث شده است (نتایج سال  $1377$  برگرفته از اداره آب منطقه ای دامغان). افزایش  $12/38$  برابری در مورد یون کلر،  $14/24$  برابری در مورد یون سولفات، و افزایش  $11/43$ ،  $4/5$ ،  $4/71$ ،  $3/02$  برابری یونهای سدیم، کلسیم، منیزیم و بی کربنات نشان دهنده تاثیر بسیار شدید معدنکاری در افزایش این یون ها در منابع آب زیرزمینی پایین دست معدنکاری در منطقه معدنی طزره در طی ۱۰ سال می باشد. با مقایسه میزان یون سولفات در آب چشمه ( $840 \text{ mg/l}$ ) با حد اکثر مجاز این یون در آب شرب ( $400 \text{ mg/l}$ ) (WHO - 250) (استاندارد خروجی فلاسلاب ها، ۱۳۷۳) و حد اکثر مجاز این یون در

باتوجه به اینکه در مورد عناصر  $Br$  و  $B$  مورد بررسی در این تحقیق، در سال ۱۳۷۷ آنالیزی از معدن طزره در دست نیست، مقایسه غلظت عناصر در حال حاضر با ۱۰ سال گذشته امکان پذیر نمی باشد. بولی می توان برآورد نمود که باتوجه به افزایش غلظت آنیون ها و کاتیون هادر منطقه طزره در طی ۱۰ سال واز طرفی افزایش مقدار  $EC$ ، مقادیر عناصر  $Br$  و  $B$  در طی ۱۰ سال گذشته، ودر آینده نیز در هر دو معدن تخت و طزره این روند صعودی ادامه خواهد داشت.

### نتیجه گیری

فعالیت معدنکاری در مجموعه معدنی زغالسنگ طزره باعث کاهش کیفیت آب های زیر زمینی پایین دست منطقه شده است. زهاب خروجی تونل و زهاب حاصل از شستشوی باطله ها را می توان از منابع اصلی آلاینده دانست. بیشترین تغییرات یونها در چشمه پایین دست مربوط به یون های سولفات و سدیم میباشد که طی دوره ۱۰ ساله (۱۳۷۷-۱۳۸۷) به ترتیب افزایش ۱۴ و ۱۱ برابری را نشان میدهند. در مورد معدن تخت بیشترین آلودگی در حال حاضر در زهاب شستشوی باطله های خروجی در معدن است که یون های سولفات و سدیم به ترتیب ۲/۳ و ۲ برابر حد مجاز استاندارد است. معدنکاری، باعث افزایش غلظت عنصر  $B$  در معدن تخت از  $PPb 39$  به  $PPb 133$  و در معدن طزره از  $PPb 86$  به  $PPb 164$  در آب پایین دست شده است. همچنین در مورد روند تغییرات غلظت  $Br$  باعث افزایش غلظت از  $PPb 192$  به  $PPb 476$  در معدن طزره و  $PPb 47$  به  $PPb 111$  در معدن تخت شده است. با توجه به فاصله نسبتا زیاد چاه پایین دست (۷/۵ کیلومتر) نسبت به محل معدن تخت و قدمت کم معدنکاری در حال حاضر معدنکاری باعث افزایش آلودگی در آن نشده است. با توجه به میزان بارش، دمای منطقه و موقعیت های مشابه ساختاری معدن تخت با معدن طزره می توان انتظار داشت در ۱۰ سال آینده آب زیرزمینی پایین دست معدن تخت دچار آلودگی شدید سولفات و سدیم شود. شایان ذکر است که معدنکاری زغالسنگ و زهاب های ناشی از آن علاوه بر ایجاد آلودگی هایی که ذکر گردید، باعث گسترش و آزادسازی بسیاری از فلزات سنگین دیگر میشود که نیاز به تحقیق و مطالعه بیشتر در این زمینه را آشکار می سازد.

### منابع:

استاندارد خروجی فاضلاب ها، ۱۳۷۳، استاندارد جمهوری اسلامی ایران.

اکتشافات تفصیلی منطقه پشکلات، ۱۳۵۹، بخش اکتشافات شرکت زغالسنگ البرز شرقی.

رضایی، ب، ۱۳۸۰، تکنولوژی زغال شویی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

گزارش طرح اکتشاف و تجهیز معدن زغال سنگ مینودشت-۱۳۸۷-مهندسین مشاور ارزیاب محیط نوین.

گزارش پایان اکتشاف معدن زغال سنگ تخت، ۱۳۸۸، دفتر تخت شرکت البرز شرقی.

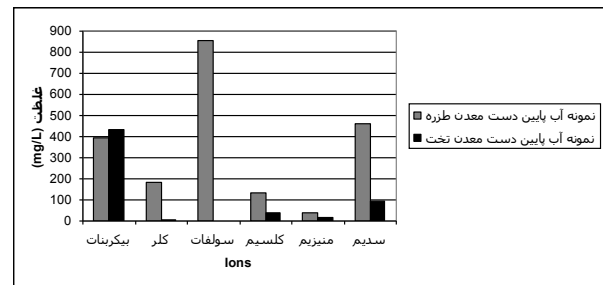
نقشه راههای معدن طزره، ۱۳۸۶، بخش زمین شناسی شرکت زغالسنگ البرز شرقی.

نقشه راههای معدن تخت، ۱۳۸۶، بخش زمین شناسی شرکت زغالسنگ البرز شرقی.

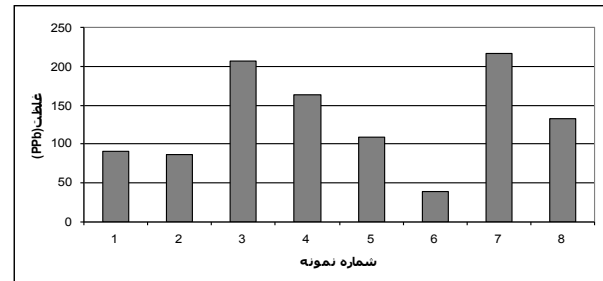
Atkins, A.S., and Pooley, F.D. (1982). The effects of bio-mechanisms on acidic mine drainage in coal minig. International Journal of Mine Water, No.1, 31-41.

Alan, D. 1981. Sulfur in coal. Earth and mineral science., V 51, NO 2, 13-21.

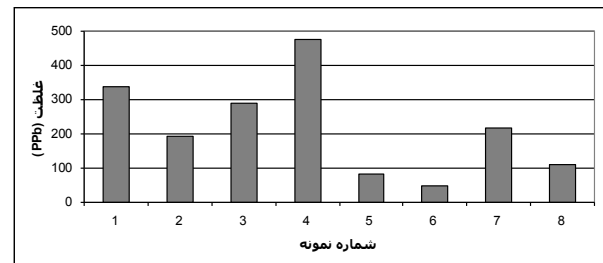
Bisthoven, L.J., Gerhardt, A., Cuhr, K., Soares, A. M.V. M., 2006. Behavioral changes and acute toxicity to the freshwater



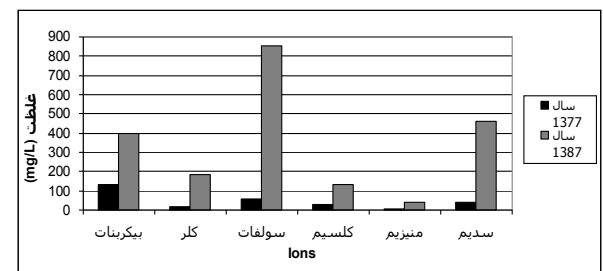
شکل ۶: مقایسه کیفیت آب در مناطق پایین دست در مجموعه معدنی طزره و تخت ( نمونه های شماره ۴ و ۸ )



شکل ۷: تغییرات غلظت B در نمونه های برداشت شده از معدن طزره و تخت



شکل ۸: تغییرات غلظت Br در نمونه های برداشت شده از معدن طزره و تخت



شکل ۹: مقایسه کیفیت آب در مناطق پایین دست در مجموعه معدنی طزره بین سال های ۱۳۷۷-۱۳۸۷

با توجه به اینکه زمان زیادی از استخراج معدن تخت ( سال ۱۳۸۳ ) نمی گذرد و با عنایت به شرایط تقریبا یکسان دو منطقه مورد مطالعه می توان بر اساس تغییرات ایجاد شده در کیفیت آبهای زیرزمینی در طی فعالیت ۱۰ ساله معدن طزره و فرض بر مشابهت بسیار در شرایط زمین شناسی و سازندهای دو منطقه تخت و طزره، برآیند تقریبی از میزان آلودگی در ۱۰ سال آینده در منابع زیرزمینی پایین دست مجموعه معدنی تخت را نمود. براساس نتایج بدست آمده می توان افزایش ۱۴ برابری برای سولفات، افزایش ۱۱ برابری برای سدیم و ۶ برابری برای  $EC$  و کاهش ۱/۵ برابری برای  $pH$  آب در آبهای زیرزمینی معدن تخت را پیش بینی نمود. بنابراین می توان آلودگی سولفات در منابع آب پایین دست در معدن تخت در آینده ای نه چندان دور را امری قطعی دانست.

- Swaine, D.J., Goodarzi, F., 1995. Environmental Aspects of Trace Elements in Coal. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1-2.
- Song, D., Qin, Y., Zhang, J., Wang, W., Zheng, C., 2007. Concentration and distribution of trace elements in some coals from Northern China. International Journal of Coal Geology 69,179-191.
- Singer, P.C. and Stumm, W. (1970). Acidic mine drainage: the rate determining step. Science, 167, 1121-1123.
- Tabaksblat, L.S., 2002. Specific features in the formation of the mine water microelement composition during ore mining. Water Resources, 29, 333-345.
- Toit, I., Jansen, H. and Johnstone, A. (1998). Assessing groundwater quality trends after mine closure—the South Africa Situation. Symposium on Mine Water and Environmental Impacts, P.J. Norton and M. Veselic (Eds), Proceedings, Johannesburg, South Africa, 2, 359-365.
- Watten, B.J., Sibrell, P.L., Schwartz, M.F., 2005. Acid neutralization within limestone sand reactors receiving coal mine drainage. Environ. Pollut. 137, 295-304.
- Williams, R.E. (1975). Waste Production and disposal in mining, milling, and Metallurgical industries, Miller-Freeman Publishing Company, San Francisco, California, 489p.
- [www.gitashenasi.com](http://www.gitashenasi.com)
- [www.who.int](http://www.who.int) (World Health organization).
- Yiwei, C., Guijian, L., Yanming, G., Jianli, Y., Cuicui, Q., Lianfei, L., 2007. Release and enrichment of elements during coal pyrolysis of Yima coal, China. J. Anal. pyrolysis, 283-288.
- shrimp *Atyaephyra desmaresti* Miller (Decapoda: Natantia) from exposure to acid mine drainage. Ecotoxicology 15, 215-227.
- Butler, L. Grimes, S. Rickard, D. 2000. Pyrite formation in anoxic chemostatic Reaction system. j.Conf.Abs.5(2).274-245.
- Finkelman, R.B., Orem, W., Castranova, V., Tatu, C.A., Belkin, H.E., Zheng, B., Lerch, H.E., Maharaj, S.V., Bates, A.L., 2002. Health impacts of coal and coal use: possible solutions. International Journal of Coal Geology 50,425-443.
- Gray, N.F. (1998). Acid mine drainage composition and the implications for its impact on lotic systems. Water Resources, 32(7), 2122-2134.
- Komnitsas, K., Modis, K., 2006. Soil risk assessment of As and Zn contamination in a coal mining region using geostatistics. Science of the total environment 371.190-196.
- Laus, R., Geremias, R., Vasconcelos, H.L., Laranjeira, M.C.M., Favere, 2007. Reduction of acidity and removal of metal ions from coal mining effluent using chitosan microspheres. Journal of Hazardous Materials, 471-474.
- Mishra, V.K., Upadhyaya, A.R., Pandey, S.K., Tripathi, B.D. 2007. Heavy metal pollution induced due to coal mining effluent on surrounding aquatic ecosystem and its management through naturally occurring aquatic macrophytes. Bioresource Technology, 98, issue 12, 930-936.
- Norton, P.J. (1992). The control of acid mine drainage with Wetlands. Mine Water and the Environment, 11(3), PP.27-34.
- Querel, X., Whateley, M.K.G., Fernandez-Turiel, J.I., Tuncali, E., 1997. Geological controls on the mineralogy and geochemistry of the Beypazari lignite, central Anatolia, Turkey. International Journal of Coal Geology 33,255-271.