سال نهم، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۷۶-۷۱

# بررسی اثرات زیست‌محیطی عنصر آرسنیک در منابع آب و خاک منطقه معدنی زغال‌سنگ سنگرود لوشان

**فرزاد ستوهیان[۱و*]، محسن رنجبران[۲]، سعید شریفی[۳]**

۱. استادیار، گروه محیط‌زیست، صومعه سرا، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

۲. استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

۳. دانش آموخته کارشناسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۷

## چکیده

تاثیرات زیست‌محیطی از بهره‌برداری معدن زغال‌سنگ سنگرود با آزادسازی یکسری عناصر مضر و سمی از طریق فرآوری ماده معدنی و انباشت‌های باطله آن به داخل سیستم هیدرولوژیکی (آب‌های سطحی و زیرزمینی) و نیز خاک منطقه ناشی گردیده است. عوارض مزمن نظیر اولسراسیون پوست، تخریب مجاری بینی و نیز سرطان‌های خطرناک می‌تواند ناشی از مقدار بالای آرسنیک به ویژه در آب آشامیدنی این مناطق باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثرات زیست‌محیطی عنصر آرسنیک معدن زغال‌سنگ سنگرود لوشان که از جمله معادن فعال این استان است می‌باشد. نمونه‌برداری از ۶۰ تیپ و ۱۴ نمونه آبی در ۴ ایستگاه در منطقه معدنی صورت گرفت. نتایج آزمایشات بیانگر آن است که میزان عنصر آرسنیک در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده بیش از حد مجاز و استاندارد می‌باشد. در زغال‌های این ناحیه، مقدار گوگرد متوسط تا بالا بوده و عمدتاً از نوع پیریتی است. غلظت آرسنیک در خاکها بیشتر از سنگ‌ها است. بسیاری از ترکیبات آن در آب محلول بوده و به‌سادگی سبب آلودگی آب می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** آرسنیک، سنگرود، زغال‌سنگ، علوم‌محیطی، لوشان

## مقدمه

انسان با فعالیت‌های معدن‌کاری مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌های مختلف را به منابع آب و خاک وارد می‌نماید. آلودگی‌های زیست‌محیطی به خصوص آلودگی عناصر شیمیایی یکی از فاکتورهای اصلی در تخریب محیط‌زیست محسوب می‌شود (Kabasta Pendias and Pendias 1979).

آرسنیک یکی از عناصر تشکیل دهنده بیش از ۲۰۰ نوع کانی می‌باشد. آرسنوپریت، اورپیمان، پیریت وکالکوپیریت از کانی‌ها اصلی هستند که این عنصر در آنها یافت می‌شود (Smedley and Kinniburgh، 2002). غلظت‌های بالای

* نویسنده مرتبط: farzad_sotohian@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

آرسنیک در فسفریت‌ها و گلسنگ‌ها (مادستون) وجود دارد. (غضبان،۱۳۸۱).

از نظـر مقدار آرسـنیک کانی‌ها سـولفیدی در رده اول هستند (Ahuja، 2008) مقدار آرسنیک در داخل سنگ‌های آذرین متفاوت می‌باشـد ولی میانگین آن mg/kg ۵ است. میزان آن در سـنگ‌های دگرگونی و رسـوبی بستگی به نوع سنگ منشـاء دارد. میانگین آرسنیک در سنگ‌های حدود mg/kg ۶ می‌باشد (Brian et al.، 2004) و در سنگ‌های رسوبی بین mg/kg ۵- ۱۰ است. خصوصا شیل‌ها و زغال‌ها مقدار زیادی آرسنک دارند.

در ارتباط با آلودگی آرسنیک در مناطق معدنی تحقیقات زیادی صورت گرفته که می‌توانیم به این موارد اشاره نماییم. قاسم‌زاده و ملک‌زاده (۱۳۹۰) اثرات زیست‌محیطی آرسنیک را در منطقه معدنی چشمه زرد بررسی نمودند و در بررسی‌های خود میزان آرسـنیک را در آب آشـامیدنی منطقه تا حدود ۲۳ برابر بیش از حد اسـتاندارد معرفی کردند. نقش کاربری اراضی بر غلظت آرسـنیک و نیـز وانادیم در منطقه مرکزی اصفهان توسط صدر و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت.

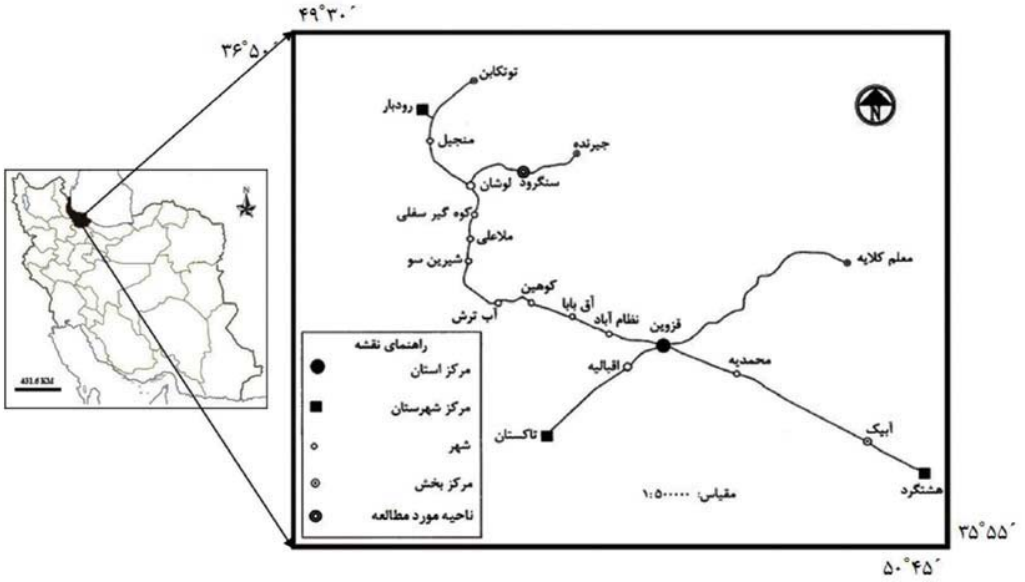
در بررسـی ژئوشـیمیایی زغال‌سـنگ پرورده طبس که توسـط رجبزاده و همـکاران (۱۳۸۷) صورت گرفت، آنها به میزان بالای آرسنیک در زغال‌های این ناحیه اشاره داشتند.

از دیگـر مطالعات می‌توان به بررسـی نقش مناطق معدنی شمال مشکین شهر بر میزان آلودگی خاک به عنصر آرسنیک توسط طلائی و پیروان (۱۳۸۶) اشاره نمود. میزان پراکندگی عنصر آرسنیک در خاک‌های جنوب غربی شهرستان مبارکه توسـط نوروزی و همکاران (۱۳۸۹) مورد بررسی قرارگرفت و از دیدگاه زیسـت‌محیطی غلظت آرسنیک در این منطقه در دامنه غلظت معمول (۰/۱ تا ۴۰ قسمت در میلیون) قرار دارد.

آنالیز تعداد ۶۰ نمونه خاک از ۴ ایسـتگاه برداشت شده از منطقه معدنی زغال‌سنگ سنگرود لوشان حاکی از مقادیر نسبتاً بالای آرسنیک در خاک بوده و رگه اصلی زغال‌سنگ واقع در بخش مرکزی معدن حداکثر میزان آرسنیک را نشان می‌دهد و نتایج تجزیه شیمیایی ۱۴ نمونه آب منطقه معدنی نشـان می‌دهد که نمونه آب‌های داخـل تونل دهانه اصلی معدن حداکثر میزان آرسنیک را دارا است.

## محدوده جغرافیایی

معدن سنگرود در استان گیلان در فاصله ۲۸ کیلومتری شهر لوشان و با طول جغرافیایی ′۴۱ °۴۹ و عرض جغرافیایی ′۳۹ °۳۶ در شـمال شـرقی شـهر لوشـان قـرار دارد و راه دسترسی به این معدن از طریق جاده خاکی میسر می‌گردد (شکل۱).




شکل۱. منطقه مورد مطالعه



www.SID.ir

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق با اســتفاده از منابع موجود و گزارشــات تهیه شــده از معدن زغال‌سنگ سنگرود لوشان و همچنین با اســتفاده از نقشه زمین‌شناســی ۱:۲۵۰۰۰۰ رشت- قزوین موقعیت دقیق معدن سنگرود استان گیلان شناسایی گردیده و طی چند مرحله بازدید میدانی و نیز نمونه‌برداری از خاک و آب در چهار ایستگاه نزدیک به منطقه معدنی (جدول ۱و۲) و همچنین آنالیز نمونه‌ها، میزان عنصر آرســنیک در خاک و آب مشــخص شده و با حد مجاز و اســتانداردها مقایسه گردیده است.

در نمونه‌بــرداری از خاک ســعی گردید تا حفر پروفیل تا عمق حدود ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متری صورت گرفته و از جمع‌آوری مواد هوازده سطحی و ریشه گیاهان جلوگیری شود. نمونه‌ها هنگام برداشت از الک درشت(۲۰ مش) عبور داده شده‌اند تا ذرات درشت دانه و قلوه‌ها در نمونه‌ها نباشند. وزن نمونه‌ها حدود ۶ تا ۷ کیلوگرم بوده‌اند. در آزمایشگاه نمونه‌ها از الک ۸۰ مش (تفکیک کننده ذرات کوچک‌تر از ماســه ریز) عبور داده شــده‌اند و ذرات عبــور کرده از الک بــرای نرمایش به آزمایشگاه تخصصی در رشت ارسال گردیدند.

نمونه‌هــای آب از آب آشــامیدنی تاسیســات معــدن زغال‌ســنگ و نواحی مجاور آن تهیه گردید. این نمونه‌ها در بطری‌های تمیز ۴۰ میلی‌لیتری که قبلا اسیدشــویی شــده بودنــد، جمع‌آوری شــدند و پس از برداشــت، ۲ تا ۳ قطره اســید نیتریک بــه آنها اضافه گردید تا از ته‌نشســت عناصر جلوگیری گردد. میزان pH آب هنگام برداشت اندازه‌گیری و یادداشت شد. نمونه‌های آب برای تجزیه عنصری با دستگاه ICP-MS به روش 2C به آزمایشگاه تخصصی محیط‌زیست ارسال شدند.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری از خاک منطقه معدنی زغال‌سنگ سنگرود

| ویژگی‌های نمونه | ایستگاه نمونه |
|---|---|
| رگه اصلی بخش مرکزی تونل معدن زغال‌سنگ | SS1 |
| آبراهه نزدیک به رگه کانی ســاز که از ارتفاعات جنوبی غربی منطقه کانســار زغال‌سنگ ریشه گرفته است. | SS2 |
| آبراهه‌های فرعی نزدیک منطقه معدنی. | SS3 |
| بخش شمالی معدن که شدیدا دگرسان شده و حاوی اکسیدهای آهن می‌باشد | SS4 |

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری از آب منطقه معدنی زغال‌سنگ سنگرود

| ویژگی‌های نمونه | ایستگاه نمونه |
|---|---|
| آب‌های داخل تونل دهانه اصلی معدن. | SW1 |
| زهاب منطقه معدنی که در بخش شمال غربی و در فاصله نسبتا دور از معدن قرار دارد. | SW2 |
| زهاب منطقه معدنی که در بخش جنوبی و نزدیک معدن قرار دارد. | SW3 |
| آبراهه‌های مجاور رگه کانی‌ساز اصلی | SW4 |

## نتایج و بحث

آرسنیک یک عنصر بسیار سمی و خطرناک است و یک دهم گرم تری اکسید آرسنیک موجب مرگ انسان می‌شود. میزان ســمی بودن آرسنیک به شکل شــیمیایی آن و یا به عبارت دیگر به درجه اکســایش و شــکل‌های آلی و غیرآلی آن بســتگی دارد. آرسنیک در شــرایط احیایی بسیار سمی و خطرناک‌تر از حالت‌های دیگراســت. آرسنیک در رسوبات دریایی احیایی تجمع حاصــل می‌کند و میزان غلظت آن تا حــدود ۳۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌رســد، درحالی‌که در زغال ممکن است این میزان به ۲۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم



Archive of SID

www.SID.ir

برسد (عباسپور، ۱۳۷۱).

تجزیه شیمیایی سنگ‌ها موجب انحلال و تحرک آرسنیک به‌صورت نمک‌های اسیدی می‌شود، تحت شرایط اکسیدکنندگی، ترکیبات آرسنیک پایدارترند، درحالی‌که در شرایط کاهش و احیا آرسنایت‌ها در محیط برتری دارند (Fowler and Goering، 1991).

غلظت آرسنیک در خاک‌ها بیشتر از سنگ‌ها است. کمترین میزان تمرکز آرسنیک در خاک‌های ماسه‌ای و خاک‌هایی است که از گرانیت‌ها منشاء گرفته اند. زیرا این خاک‌ها بدلیل دانه درشت بودن و شرایط زهکشی مناسب سبب خارج شدن آرسنیک از محیط می‌شوند درحالی‌که بیشترین میزان آرسنیک در خاک‌های با ماده آلی زیاد است (Lindsay،1979). آرسنیک ۳ ظرفیتی بسیار خطرناک‌تر و سمی‌تر از آرسنیک ۵ ظرفیتی است (Bhuiyana et al.، 2010). در جدول شماره ۳ تاثیرات زیست‌محیطی آرسنیک ذکر گردیده است.

جدول۳. تاثیرات زیست‌محیطی آرسنیک (شکوفه، ۱۳۸۲)

| نوع ماده معدنی | آرسنیک |
|---|---|
| آلودگی هوا | ماده‌ای سمی است و باعث آلودگی هوا می‌شود و میزان تراکم مجاز آن در هوا ۰/۲۵ میلی گرم در متر مکعب در هوا می‌باشد و بیشتر از این میزان ایجاد آلودگی می‌کند. |
| آلودگی آب | حداکثر میزان مجاز این ماده سمی جهت تخلیه در آب‌های سطحی و زیرزمینی ۰/۱ میلی گرم در لیتر می‌باشد و از این حد بیشتر تولید آلودگی می‌کند. آرسنیک توسط آب در گیاهان جذب شده و متراکم می‌شود و بتدریج مقدار آن بالا می‌رود و اگر تخلیه آن در آب خارج حد مجاز باشد باعث مسمومیت موجودات آبزی می‌شود. |
| آلودگی خاک | اگر حداکثر میزان مجاز برای آب و هوا رعایت نشود از طریق آب و هوا و خاک نیز می‌تواند آلوده شود. چون خاک ساکن است میزان این مواد آلوده کننده هر چقدر که ناچیز هم باشد به‌مرور در خاک متراکم شده و در نهایت موجب آلودگی خاک می‌شوند. |
| اثر بر فعالیت و سلامت انسان | آرسنیک ماده ای بسیار سمی و کشنده است و عوارض مزمن و اولسراسیون پوست و تخریب مجاری بینی را به همراه خواهد داشت. |

آرسنیک ۳ ظرفیتی قادر است که فعالیت اغلب آنزیم‌ها را از طریق واکنش با گروه سولفید مهار نماید، چنین واکنش‌هایی مسئول عملکرد سمی ترکیبات آرسنیک‌دار محسوب می‌شود. ترکیبات معدنی آرسنیک‌دار در بدن انسان قادرند به ترکیبات مونومتیل و دی متیل تبدیل شوند. هرچند که مکانیسم تغییر شکل زیستی آن بدرستی شناخته نشده است (رجب‌زاده و همکاران،۱۳۸۷؛ علامی، ۱۳۷۷).

امراضی که در اثر تماس با گرد و غبار در محل کار عارض می‌شوند بیشتر شامل امراض ریوی هستند. استنشاق گرد و غبار کانی‌ها صدمات فراوانی را به ریه‌ها و دستگاه تنفسی وارد می‌سازد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). گاهی این صدمات منجر به مرگ می‌شود. گرد و غبار حاصله در معادن زغال‌سنگ موجب بروز تنگی نفس و عوارض ریوی می‌شود، ریه افرادی که در این قبیل صنایع کار می‌کنند در مقابل بیماری‌های ریوی حساس‌تر است (ATSDR، 1992).

ذرات غبار کانی‌های که در هوای محل کار وجود دارند (به‌ویژه معادن زغال‌سنگ)، اگر بسیار ریز باشد در ریه‌ها باقی می‌ماند و بصورت بخشی از ریه در می‌آید. مطالعات نشان می‌دهد که ارسنیک معدنی بر مکانی سم بازسازی DNA اثر می‌گذارد (Jack et al.، 2003). داده‌های اپیدمیولوژی بیانگر این است که ایجاد سرطان دستگاه تنفسی با در تماس بودن افراد با آرسنیک غیرآلی در کارخانجات تهیه حشره‌کش‌های آرسنیک‌دار رابطه مستقیم دارد. همچنین تماس با آرسنیک معدنی می‌تواند سبب بروز سرطان پوست و ایجاد تومورهای بدخیم شود. دفع ترکیبات آرسنیک عموما از طریق ادرار صورت می‌گیرد. میزان ورودی آرسنیک به



Archive of SID

www.SID.ir

بدن انسان از طریق غذا بسیار بیشتر از آب آشامیدنی است (Duker، et al.، 1996). با این حال آرسنیک موجود در ماهی چون بصورت آلی است، کمتر سمی است. بنابراین آب آشامیدنی چنانچه دارای آرسنیک باشد. خطر بسیار جدی برای انسان محسوب می‌شود. (Chakraborty and Saha، 1987)

بسیاری از ترکیبات آرسنیک در آب محلول بوده و به سادگی سبب آلودگی آب می‌شوند. البته اطلاعات اندکی در مورد شکل یا حلالیت انواع مختلف ترکیبات آرسنیک در منابع آبی در دست است. در منابع آبی مقدار بسیار کمی آرسنیک، یعنی کمتر از ۱۰ میکروگرم در لیتر یافت می‌شود. (Chen et al.، 1985)

در شرایط خاص که آلودگی شدیدی در آب‌ها مشاهده می‌شود ممکن است مقدار آرسنیک به چندین میلی‌گرم در لیتر برسد. توصیه می‌شود هنگامی که مقدار آرسنیک موجود در آب بیش از ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر باشد، در اقدام اول بایستی ظرفیت و اشکال شیمیایی این عنصر تعیین گردد. غلظت‌های زیاد آن در آب آشامیدنی می‌تواند سبب سرطان پوست، ریه و دیگر بیماری‌ها شود.(Cebrian M.E.، et al.، 1983)

آرسنیک غیرآلی مهمترین شکل آرسنیک در آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، خاک و غذا است. آرسنیک در آب برخی از نقاط جهان نظیر آرژانتین، کانادا، چین، شیلی، بنگلادش، تایوان، اتریش، ژاپن، امریکا و نپال (Chen et al.، 1986) و (Jack et al.، 2003) و (Jain and Ali، 2000) و اخیرا ایران (Ghassemzadeh et al.، 2001)گزارش شده است. در کشور ما در مناطقی از خراسان و کردستان آلودگی منابع آب به آرسنیک مشاهده شده است (قاسم‌زاده و ملک‌زاده شفارودی، ۱۳۹۰). آلودگی آب آشامیدنی توسط آرسنیک جان میلیون‌ها نفر از مردم جهان را تهدید می‌کند. غلظت مجاز تعیین شده آرسنیک در آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی[1] ۱۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد.

## بررسی مقدار آرسنیک در نمونه‌های خاک معدن زغال‌سنگ سنگرود لوشان

تعداد ۶۰ نمونه خاک از ۴ ایستگاه برداشت شد که بیشترین مقدار آرسنیک در نمونه‌ها ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است که رگه اصلی بخش مرکزی تونل این میزان را نشان می‌دهد (جدول۳) و کمترین مقدار نیز ۱۰۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، مربوط به ابراهه فرعی نزدیک منطقه معدنی می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که مقدار عناصر در رسوبات آبراهه‌ها معمولا کمتر از خاک برجاست و مقادیر کم آن‌ها نیز می‌تواند نشانه آلودگی زیست‌محیطی در منطقه معدنی باشد. (شکل ۲)

جدول۳ . نتایج تجزیه نمونه‌های خاک معدن زغال‌سنگ در ۴ ایستگاه

| عنصر | As |
|---|---|
| واحد | mg/kg |
| تعداد ایستگاه | ۴ |
| تعداد نمونه | ۶۰ |
| میانگین | ۱۰۷ |
| حداقل | ۱۰۴ |
| حداکثر | ۱۱۰ |

شکل ۲. مقدار آرسنیک در نمونه‌های خاک منطقه معدنی زغال‌سنگ سنگرود در ۴ ایستگاه

## بررسی مقدار آرسنیک در نمونه‌های آب معدن زغال‌سنگ سنگرود لوشان

نمونه‌برداری از آب منطقه معدنی همراه با عناصر آرسنیک موجود در آب در جدول ۴ نشان داده شده است. در این تحقیق به منظور ارزیابی میزان آرسنیک در آب‌های منطقه معدنی سنگرود در محدوده‌ای به وسعت ۳۰ کیلومتر مربع در

1. WHO

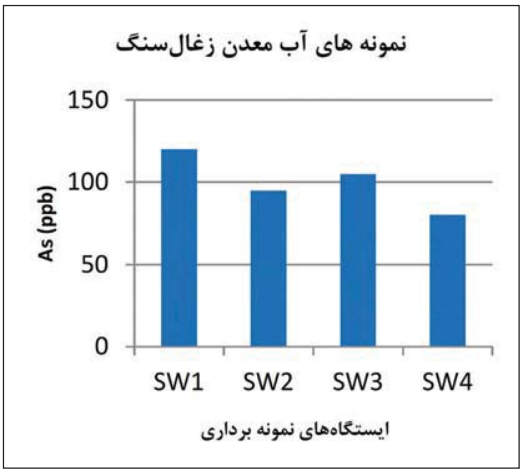


www.SID.ir

اطراف معدن پایش صورت گرفت. نمونه‌های آب داخل تونل اصلی و نیز زهاب‌های منطقه معدنی و آبراهه‌های مجاور آنالیز گردید و براساس داده‌های موجود پراکندگی آرسنیک در ایستگاه اول یعنی نمونه‌های آب داخل تونل اصلی معدن به میزان حداکثر ppm ۱۲۰را نشان داد که ۱۲ برابر بیش از حد استاندارد می‌باشد و بسیار خطرناک است و همچنین ایستگاه مربوط به آبراهه‌های مجاور منطقه معدنی به نسبت میزان آلودگی کمتری دارند و حداقل مقدار آرسنیک به میزان ppm ۸۰ اندازه‌گیری گردید. (شکل ۳) چشمه‌های نزدیک منطقه میزان آلودگی کمتری دارند و در حد مجاز می‌باشند. بنابه اخرین اعلام سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا حد استاندارد آرسنیک در آب آشامیدنی ۱۰ میلی‌گرم در تن (در اینجا یک لیتر معادل یک کیلوگرم در نظرگرفته می‌شود) می‌باشد (Chen and et al., 1988).

جدول۴. نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب منطقه معدنی زغال‌سنگ سنگرود در ۴ ایستگاه

| عنصر | As |
|---|---|
| واحد | ppm |
| تعداد ایستگاه | ۴ |
| میانگین | ۱۰۰ |
| حداقل | ۸۰ |
| حداکثر | ۱۲۰ |




شکل ۳. مقدار آرسنیک در نمونه‌های آب منطقه معدنی زغال‌سنگ سنگرود در ۴ ایستگاه

## نتیجه‌گیری

تاثیر فعالیت‌های معدنی بر تغلیظ عنصر آرسنیک در منابع آبی و خاکی منطقه با توجه به نمونه‌برداری‌های صورت گرفته به‌خوبی روشن شده است. ارزیابی زیست‌محیطی در منطقه معدنی وآبراهه‌های مجاورآن، آلودگی منطقه به آرسنیک را نشان می‌دهد. این موضوع بیانگر آن است که این عنصر به مقدار قابل توجهی و با تمرکز بیش از حد استاندارد در خاک‌ها و منابع آب سطحی و زیرزمینی حضور دارد و می‌تواند اکوسیستم ناحیه را کاملا تحت تاثیر قراردهد. در اغلب نمونه‌های خاک برداشت شده از منطقه میزان آرسنیک بیشتر از حد مجاز بود که بالاترین میزان این ماده ۱۱۰ میلی گرم در کیلوگرم است که رگه اصلی بخش مرکزی تونل این میزان را نشان می‌دهد و حداقل مقدار آرسنیک نیز ۱۰۴ میلی گرم در کیلوگرم، مربوط به ابراهه فرعی نزدیک منطقه معدنی می‌باشد.

ارزیابی ژئوشیمیایی و زیست‌محیطی آب‌های آشامیدنی در منطقه معدنی حاکی از آن است که در بعضی از موارد یعنی نمونه‌های آب داخل تونل اصلی معدن، میزان آرسنیک حتی تا ۱۲ برابر حد استاندارد نیز می‌رسد و همچنین ایستگاه مربوط به آبراهه‌های مجاور منطقه معدنی میزان آلودگی به نسبت کمتری دارند و حداقل مقدار آرسنیک به میزان ppm ۸۰ را نشان می‌دهند. چشمه‌های نزدیک منطقه معدنی خوشبختانه میزان آلودگی کمتری داشته و در حد مجاز می‌باشند.

## منابع


- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست، انتشارات نقش مهر. ۷۶۷.
- رجب‌زاده، م.، مظاهری، س. ا. و کریم پور، م. ح.، ۱۳۸۷. بررسی پراکندگی عنصر آرسنیک و اثرات زیست‌محیطی آن در منطقه معدنی زغال‌سنگ پرورده طبس. شانزدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران.
- شکوفه، ن.، ۱۳۸۲. محیط‌زیست در معادن. انتشارات سازمان حفاظت از محیط‌زیست. ۵۱۳ .
- صائب فر، و.، ۱۳۷۳. زمین‌شناسی و محیط‌زیست. فصلنامه علوم زمین، انتشارات سازمان زمین‌شناسی، ۱۴،۸۴ .




Archive of SID

www.SID.ir

- طلائی، ر. و پیروان، ح.، ۱۳۸۶. بررسی نقش مناطق معدنی شمال مشگین شهر بر میزان آلودگی خاکها به عنصر آرسنیک، دهمین کنگره علوم خاک ایران.
- عباسپور، م.، ۱۳۷۱. مهندسی محیطزیست. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۱۰۷ .
- علامی، ش.، ۱۳۷۷. پیشگیری از امراض ناشی از الودگی زیستمحیطی در معادن و صنایع. دومین همایش ایمنی، بهداشت و محیطزیست در معادن و صنایع معدنی.
- غضبان، ف.، ۱۳۸۱. زمینشناسی زیستمحیطی. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۶ .
- قاسمزاده، ف. و ملک زاده شفارودی، آ.، ۱۳۹۰. اثرهای زیستمحیطی آرسنیک در منطقه چشمه زرد جنوب غربی نیشابور استان خراسان رضوی، مجله بلورشناسی و کانیشناسی، ۳، از ۵۴۵ تا ۵۵۶.
- نوروزی، س.، اردستانی، م.، غضبان، ف. و خسروتهرانی، خ.، ۱۳۸۹. بررسی میزان پراکندگی عنصر آرسنیک در خاکهای جنوب غربی شهرستان مبارکه. علوم و تکنولوژی محیطزیست، دوره دوازدهم، شماره چهار، ۲۱ تا ۲۸.

- Ahuja, F., 2008. Arsenic Contamination of Groundwater. John Wiley, 382.
- ATSDR, 1992. Arsenic for toxic substances and disease registry, toxicological profile for arsenic, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Tp-92102, 88.
- Bhuiyana, M. A.H., Parvez, L., Islam, M.A., Dampare, S. B. and Suzukia, S., 2010. Heavy metal pollution of coal mine- affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh. Journal of Hazardous Materials, 173, 384-392.
- Brian, j., Jose, A., Robert, B., 2004. Essentials of medical geology impacts of the Natural environment on Public health Elsevier Academic Press Publications, 826.
- Cebrian M.E., Albores, A., Aquilar, M. and Blakely, E., 1983. Chronic arsenic poisoning in the north of Mexico. Human Toxicology, 2, 121- 133.
- Chakraborty, A.K. and Saha, K.C., 1987. Arsenical dermatosis form tubwell water in west Bengal. Indian Journal of Medical Research, 85, 326-334.
- Chen, C.J., Chuang, Y.C., Lin, T.M. and Wu, H.Y., 1985. Malignant neoplasms among residents of a Blackfoot disease- endemic area in Taiwan: High artesian well water and cancer. Cancer Research, 45, 5895- 5899.
- Chen C.J., Chuang, Y.C., You, S.L., Lin, T.M. and Wu, H.Y., 1986. A retrospective study on malignant neoplasms of bladder, lung and liver in Blackfoot disease endemic area in Taiwan. British Journal of Cancer, 53, 399-405.
- Chen, C.J., Wu, M.M., Lee, S.S., Wang, J.D., Cheng, S.H. and Wu, H.Y., 1988. Atherogenicity and carcinogenicity of high arsenic artesian well water: Multiple risk factors and related malignant neaplasms of Blackfoot disease. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology 8, 452- 460.
- Duker, A.A., Carranza, E.J. and Hale, M., 1996. Arsenic geochemistry and health. Environment International, 31, 5, 631-64.
- Fowler, B.A. and Goering, P.L., 1991. Antimony. In: Merian, E. (Ed.), Metals and their Compounds in the Environment, VCH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge. 26.
- Ghassemzadeh, F., Arbab-Zavar, M.H. and McLennon, G., 2001. Arsenic and antimony in drinking water in Khohsorkh area, northeast Iran, possible risks for the public health. Journal of Applied Sciences, 6, 13, 2705-2714.
- Jack, C.N., Wang, J. and Shraim, A.A., 2003. Global health problem caused by arsenic from natural sources. Chemosphere, 52, 9, 1353-1359.
- Jain, C.K. and Ali I., 2000. Arsenic: Occurrence toxicity and speciation techniques. Journal of Water Research (Oxford), 34, 17, 4304-4312.
- Kabata Pendias, A. and Pendias., H. 1979.



Archive of SID

www.SID.ir

- Smedley, P.L. and Kinniburgh, D.G., 2002.A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry, 17, 517-568.

Trace elements in the biological environment. (1st ed.), wyd, Geologiczne, INC, Warsaw.

- Lindsay, W.L., 1979. Chemical equilibrium in soils. John Wiley and Sons, New York, 449.

Archive of SID



www.SID.ir