



بررسی مقادیر فلزات سنگین در خاک باطله‌های معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی

آرزو عزیزاده^۱، جمشید قربانی^{۲*}، جواد معتمدی^۳، قربان وهاب‌زاده^۴، نادر مظاهری^۵، رضا ناصح^۶، عصمت اسمعیل‌زاده^۷

۱- دانشجوی دوره دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، j.ghorbani@sanru.ac.ir

۳- دانشیار موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

۴- دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۵- مدیر واحد محیط زیست، مجتمع مس آذربایجان.

۶- واحد تحقیق و توسعه شرکت ملی صنایع مس ایران.

۷- رئیس بخش تحقیقات آب و محیط زیست، واحد تحقیق و توسعه شرکت ملی صنایع مس ایران.

چکیده

در این تحقیق به منظور بررسی مقادیر فلزات سنگین خاک در باطله‌های معدن مس سونگون، سه ناحیه مختلف در محدوده معدن برای برداشت نمونه خاک انتخاب شد. مقادیر عناصر، آهن، منگنز، مس، نیکل، روی، آرسنیک، سرب، کبالت و مولیبدن در نمونه‌های برداشت شده از سه ناحیه باطله معدن، مرز بین باطله و دامنه شاهد و همچنین دامنه شاهد اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان داد که مقادیر فلز مس در قسمت مرز باطله بالاتر از مقدار این عنصر در خود باطله‌ها بود به طوری که مقدار مس در مرز باطله برابر با ۸۰/۲۵ (پی‌پی‌ام) و در باطله‌ها برابر با ۷۶/۴ (پی‌پی‌ام) بود. در رابطه با عناصر آهن، منگنز و کبالت نیز قسمت مرز دارای مقادیر بالاتری نسبت به دامپ باطله بود. در رابطه با عناصر نیکل، روی، آرسنیک، سرب و مولیبدن گرادیان آلودگی از باطله‌ها به مرز و دامنه شاهد بود. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت بایستی در برنامه‌های اصلاح و احیای تخریب‌های ناشی از معدن کاری به باطله‌های معدن و اثرات زیست محیطی آن توجه ویژه داشت و در اقدام اولیه کنترل تحرک و حلالیت عناصر فلزی را مدنظر داشت زیرا دامنه شاهد مجاور دامپ باطله نیز دارای مقادیر عناصر فلزی بالاتر از حد طبیعی بود.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، دامپ باطله، مرز باطله، دامنه شاهد، احیای معدن



معدن کاری و تصفیه سنگ‌های معدنی یکی از عوامل آلاینده محیط به عناصر فلزی و شبه فلزی به حساب می‌آید. خاک‌های مناطق معدن کاری شده عموماً به علت پایین بودن ماده آلی خاک قابلیت بیشتری برای آلوده شدن به عناصر فلزی و شبه فلزی را دارند همچنان که به علت دارا بودن رس‌های با فعالیت پایین (همچون کائولینیت) و اکسیدهای فعال آهن (هماتیت) تحرک و نفوذپذیری عناصر فلزی نیز در این خاک‌ها بیشتر است (Ettler, 2016). سلامت خاک یکی از فاکتورهای وابسته به سلامت انسان است و فلزات سنگین و عناصر میکرو اساسی‌ترین موضوعات مورد توجه در رابطه با خاک‌های مناطق معدن کاری شده به حساب می‌آیند که دلیل آن نیز پایداری و قابلیت انباشتگی این عناصر در سیستم‌های زیستی است (Abraham et al., 2017). مناطق معدن کاری شده در همه جای جهان دو اثر عمده جنبی بر محیط اطراف دارند که عبارتند از: زه آبهای معدن که حاصل اکسید شدن سولفیدهای موجود در سنگ‌های معدنی است و افزایش حلالیت عناصر فلزی به علت اسیدی شدن خاک‌های مناطق معدنی (Asensio et al., 2013). همچنین تولید باطله‌های سنگی در فعالیت‌های معدن کاری امری اجتناب ناپذیر است و انباشت این باطله‌ها نیز یکی دیگر از عواملی است که سیمای ظاهری چشم انداز و همچنین مقادیر عناصر فلزی و شبه فلزی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Freitas et al., 2004).

باطله‌های معدنی دارای مقادیر متعددی از انواع عناصر فلزی هستند که به صورت توده‌های روباز انباشته می‌شوند و به همین علت پتانسیل بالایی برای واکنش با آب و اکسیژن محیط داشته و بسته به ماهیت و ترکیب ژئوشیمیایی باطله‌ها می‌توانند در ترکیب با آب و اکسیژن محیط حل یا اکسید شوند و در نتیجه به محیط انتقال یافته و به عنوان عامل ایجاد کننده آلودگی خاک مطرح شوند (Lottemoser, 2007). فلزات و شبه فلزات حلال در خاک بر اساس غلظت به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند دسته اول عناصری مانند سرب و آرسنیک هستند که به مقادیر کمتر از $0/1$ میلی گرم در لیتر قابلیت حل شدن دارند و دسته دوم عناصری مانند مس و روی را شامل می‌شود که دارای حلالیت بیشتری هستند. همچنین عناصری مانند مس و روی قابلیت تحرک زیادی نیز در خاک داشته و علاوه بسته به اسیدی شدن خاک حلالیت آنها نیز افزایش می‌یابد (Garcia-Carmona et al., 2017). مس به عنوان یک ریزمغذی مهم برای بسیاری از فرآیندهای مهم متابولیک و تشکیل دهنده اصلی آنزیم‌ها در گیاهان و میکروارگانیسم‌ها در شرایط طبیعی و بسته به ترکیب شیمیایی ماده مادری در بیشتر خاک‌ها دارای غلظتی برابر با $25-40$ میلی گرم در کیلوگرم است و در غلظت‌های بالاتر از این مقدار به عنوان عنصری آلاینده مطرح می‌باشد، مقدار طبیعی مولیدن نیز در خاک $0/9$ تا $1/8$ (میلی گرم در کیلوگرم) است. دامنه طبیعی منگنز 350 تا 550 (میلی گرم در کیلوگرم)، آهن 25000 (میلی گرم در کیلوگرم)، کبالت 10 تا



هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران

۱۸-۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

۱۲ (میلی گرم در کیلوگرم)، نیکل ۲۰ (میلی گرم در کیلوگرم)، روی ۷۰ (میلی گرم در کیلوگرم)، آرسنیک حدود ۶/۸۳ (میلی گرم در کیلوگرم) و سرب ۱۰ (میلی گرم در کیلوگرم) است (Kabata-Pendias, 2001).

ایران به لحاظ برخورداری از ذخایر مس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در حال حاضر ذخایر مس پورفیری (ذخایر مس با گستردگی زیاد و عیار کم) در کمربند ارومیه- دختر وجود دارد (علوی و همکاران، ۱۳۹۳). کانسار مس پورفیری سونگون در استان آذربایجان شرقی، در ۱۲۰ کیلومتری شمال شرق تبریز و ۲۵ کیلومتری شمال ورزقان در ناحیه‌ی کوهستانی ارسباران واقع شده و معدن آن توسط رودخانه‌های سونگون چای و پخیر چای محاصره شده است. از این رو تحقیق حاضر به بررسی مقادیر عناصر فلزی در منطقه سونگون می‌پردازد و ضمن مقایسه مقادیر عناصر فلزی در دامپ باطله، دامنه شاهد مجاور دامپ باطله و همچنین مرز بین دامنه شاهد و باطله گرادیان مقادیر عناصر فلزی و شبه فلزی این سه منطقه را تعیین می‌نماید تا نتایج حاصل برای مدیریت خاک این مناطق و همچنین فرآیندهای اصلاح و بهبود منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در محدوده معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی صورت گرفته است. در محدوده معدن سه ناحیه جهت نمونه‌برداری به منظور بررسی غلظت عناصر فلزی و شبه فلزی و مقایسه میزان آلودگی در منطقه انتخاب شدند.

ناحیه اول؛ دامپ باطله، ناحیه دوم؛ دامنه شاهد مجاور دامپ باطله و ناحیه سوم؛ مرز بین دامنه شاهد و دامپ باطله.

در هر منطقه با ۵ تکرار از پرفیل خاک سطحی (۰-۱۵ سانتی متر) نمونه برداری انجام شد. هر تکرار نیز شامل سه نمونه مختلف بود که با فواصل نیم متر از هم برداشت شده و با هم مخلوط شدند نمونه‌های خاک برداشت شده در دمای اتاق هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. در مجموع ۱۵ نمونه خاک برای بررسی و مقایسه میانگین عناصر مس، روی، سرب، آرسنیک، کروم و نیکل به شرکت زراهما جهت انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی مربوط ارسال شد.

مقادیر عناصر آهن، منگنز، مس، مولیبدن، نیکل، کبالت، روی، سرب و آرسنیک اندازه‌گیری شده و در نرم افزار SPSS آنالیزهای آماری صورت گرفت. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد و مقایسه میانگین هر یک از عناصر در نواحی مختلف با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.



هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران

۱۸-۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

نتایج

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار ($P < 0.01$) در رابطه با مقادیر عناصر کبالت، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب و روی در سه ناحیه مورد بررسی است (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس مقادیر مختلف عناصر فلزی و شبه فلزی مورد بررسی در سه ناحیه مختلف معدن سونگون

منابع تغییر	میانگین مربعات	مجموع مربعات	F	Sig
As	۲۶/۷۹	۸۰/۳۹	۱/۸۲۷	۰/۱۸۳ ^{ns}
Co	۱۳/۹۳۳	۴۱/۸۰۰	۸/۴۴۴	۰/۰۰۱ ^{**}
Cu	۳۸۵۳/۳۸۶	۱۱۵۶۰/۱۵۹	۱۴/۰۴۸	۰/۰۰۰ ^{**}
Fe	۳/۵۳۳	۱/۷۸۳	۱۹/۸۱۷	۰/۰۰۰ ^{**}
Mn	۸۸۶۳۵/۰۸۶	۲۶۵۹۰۵/۲۵۹	۱۸/۷۷۷	۰/۰۰۰ ^{**}
Mo	۳۵/۹۱۸	۱۰۷/۷۵۴	۸/۱۰۷	۰/۰۰۲ ^{**}
Ni	۵۶۳/۶۷۸	۱۶۹۱/۰۳۴	۴/۸۴۷	۰/۰۱۴ [*]
Pb	۳۲۵/۸۶۷	۱۰۵۸/۶۰۰	۲۸/۰۶۱	۰/۰۰۰ ^{**}
Zn	۱۸۹/۱۷۸	۵۶۷/۵۳۴	۶/۳۷۶	۰/۰۰۵ ^{**}

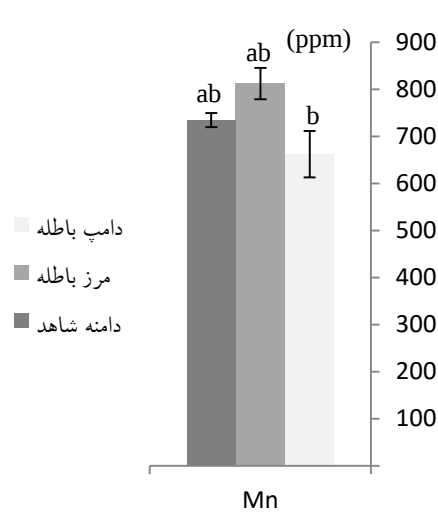
مقادیر sig کمتر از ۰/۰۱ (***) بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد و مقادیر sig کمتر از ۰/۰۵ (*) بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ns بیانگر عدم وجود اختلاف آماری معنی دار است.

در رابطه با فلز Fe بیشترین مقدار این عنصر در ناحیه مزر بین باطله و دامنه شاهد اندازه گیری شد و به ترتیب میزان فلز آهن در دامنه شاهد و باطله ها کمتر بود (شکل ۱). همچنین در رابطه با عنصر Mn نیز کمترین مقدار در دامپ باطله ارزیابی شد و سه ناحیه از نظر مقدار فلز منگنز اختلاف آماری معنی دار نداشت (شکل ۲).

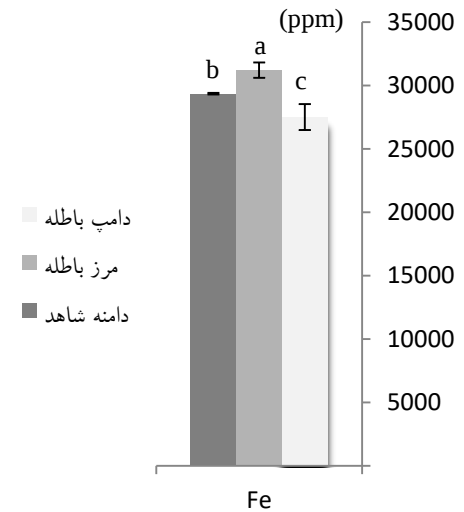


هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران

۱۸-۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

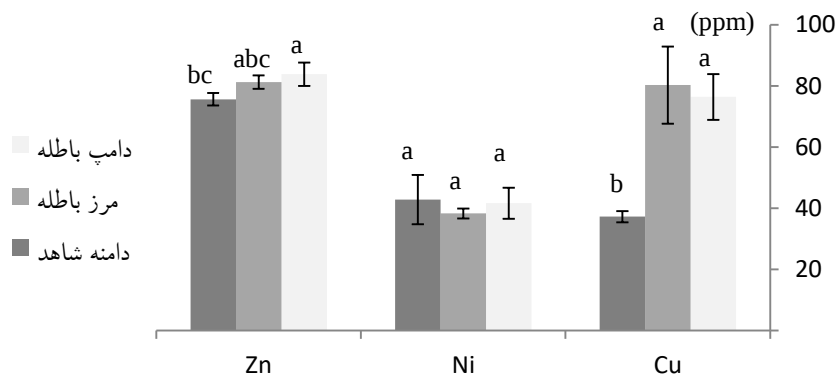


شکل ۲- مقادیر Mn در خاک نواحی مورد بررسی



شکل ۱- مقادیر Fe در خاک نواحی مورد بررسی

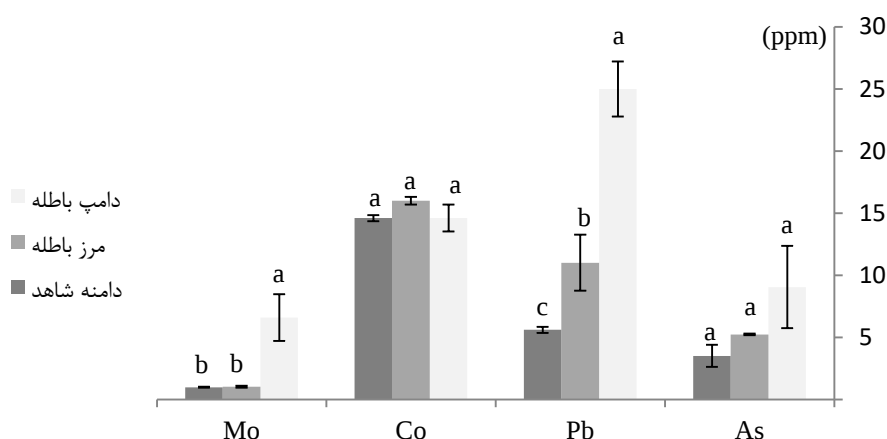
در رابطه با مقادیر Cu نتایج حاصل از مقایسه میانگین بیانگر وجود گرادیان آماری معنی دار بین دامپ باطله و مرز باطله با دامنه شاهد بود، در رابطه با عنصر Ni اختلاف آماری معنی دار بین نواحی مختلف مشاهده نشد و از نظر مقدار فلز Zn نیز دامپ باطله با دامنه شاهد اختلاف آماری معنی دار داشت اما مرز باطله از نظر مقادیر روی با دامپ باطله و دامنه شاهد اختلاف آماری معنی دار نداشت و دقیقاً دارای شرایط مرزی و بینابینی بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین مقادیر As، Pb، Co و Mo در خاک نواحی دامپ باطله، مرز بین دامپ باطله و دامنه شاهد و دامنه

شاهد

مقایسه میانگین عناصر آرسنیک و کبالت در خاک سه ناحیه دامپ باطله، مرز باطله با دامنه شاهد و دامنه شاهد آماری معنی دار نشان نداد ولیکن در رابطه با مقادیر Pb و Mo دامپ باطله با دو ناحیه دیگر اختلاف آماری معنی دار داشت (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین مقادیر Mo و Co، Pb، As در خاک نواحی دامپ باطله، مرز بین دامپ باطله و دامنه شاهد و دامنه

شاهد

ارزیابی کلی نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقادیر کلیه عناصر مورد بررسی در دامپ باطله بالاتر از مقادیر استاندارد گزارش شده در تحقیقات گذشته (Kabata-Pendias, 2001) و مقادیر این عناصر در خاک باطله‌ها به عنوان یک عامل محدود کننده در استقرار پوشش گیاهی مطرح است.

بحث

در رابطه با نواحی مرز باطله و دامنه شاهد نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها بیانگر وجود اختلاف آماری بین این دو از نظر مقادیر Fe، Cu و Pb است که نشان می‌دهند آهن مس و سرب داراری تحرک بیشتری بیشتری بوده و بایستی در برنامه‌های احیای چشم‌انداز باطله‌ها بر تثبیت و پالایش این سه عنصر فلزی تمرکز بیشتری داشت و گونه‌های گیاهی انتخاب شده برای ایجاد پوشش گیاهی بر روی باطله‌ها بایستی توانایی مقاومت در برابر مقادیر بالای این عناصر را داشته و بتوانند در انباشت Cu، Fe و Pb و گیاه‌پالایی دامپ باطله موثر واقع شوند. در مناطق مرزی حضور پوشش گیاهی با تاثیر بر رفتار ژئوشیمیایی مس از طریق افزایش انحلال کربنات‌ها ظرفیت بافری خاک را در مقابل اکسیداسیون سولفیدها افزایش داده و با کاهش اسیدیته، مقادیر مس قابل تبادل و مس کمپلکس با مواد آلی را افزایش می‌دهد (Perlati et al., 2015) و لذا در ایجاد پوشش گیاهی بر روی باطله باید



توجه داشت که حتماً از گونه‌های انباشت‌گر مس استفاده شود و فقط به ایجاد ظاهری پوشش گیاهی در چشم انداز اکتفا نشود. نوع آلودگی خاک در اطراف معادن مس عمدتاً به ترکیب کانسنگ و سنگ‌های همراه بستگی دارد و در مطالعات متعددی که در رابطه با معادن مس انجام شده است غلظت بالای (۱/۰ درصد یا بیشتر) فلزاتی مانند مس، روی، سرب، کبالت، نیکل و آرسنیک در خاک و تمرکز عناصر Cu, Zn, Pb, Co, Ni و As در خاک باطله‌های معدن و نواحی اطراف معدن Canchaque در آمریکای لاتین نیز گزارش شده است (Bech, et al., 1997). در رابطه با باطله‌ها و پسماندهای معادن مس پورفیری آرسنیک نیز به عنوان یک آلاینده غیرآلی اهمیت ویژه‌ای دارد لیکن در تحقیق حاضر این عنصر از نظر مقدار اختلاف معنی‌دار در سه ناحیه مورد بررسی نداشت (Honngaloune, 2015).

(Narhi et al., 2012) با بررسی متغیرهای شیمیایی خاک و ترکیب گونه‌های گیاهی در مناطق تحت تاثیر باطله‌ها و پسماندهای معدنی آهن و مس در کشور فنلاند گزارش کردند که مقادیر قابل توجه کلسیم، منیزیم و فسفر و همچنین غلظت‌های بالای عناصری همچون آرسنیک، کبالت، مس، گوگرد و روی در مناطق تحت تاثیر پسماندهای معدن مشاهده شد. نتایج حاصل بیانگر مقادیر به نسبت بالای عناصر مورد بررسی در هر سه ناحیه بود در این رابطه (Jochimsen 2001) اظهار داشته است که آلودگی فلزی ناشی از باطله‌های معدنی منحصراً محدود به مکان انباشت باطله‌ها نمی‌شود و این عناصر فلزی از طریق زه‌آب معدن و فرسایش آبی و بادی بر محیط اطراف نیز تاثیرگذار است و باید تثبیت باطله‌ها و کنترل فرسایش آبی و بادی از طریق ایجاد پوشش گیاهی در اولویت برنامه‌های اصلاح مناطق معدن کاری شده قرار گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مادی و معنوی شرکت ملی صنایع مس ایران انجام شده است. لذا نویسندگان مقاله بدین وسیله از شرکت ملی صنایع مس ایران و واحد تحقیق و توسعه شرکت ملی صنایع مس ایران تشکر می‌نمایند.

منابع

شاهی، ع.، آفتابی، ع.، اسمعیل زاده، ع.، مظاهری، ن.، ۱۳۹۱، ارزیابی اثرات زیست محیطی فلزات سنگین در سنگ‌های باطله‌ی معدن سونگون، سی و یکمین همایش علوم زمین، تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.



علوی، ا.، اکبری، ا.، عطایی، م.، کیادلیری، ه.، ۱۳۹۰. مقایسه روش‌های TOPSIS فازی و AHP فازی را برای انتخاب و کاشت گونه‌های گیاهی بومی (مطالعه موردی: منطقه معدنی مس سرچشمه). مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، سال ۲، شماره ۳، صفحه ۴۵-۵۶.

Abraham, M.R., Susan, T.B., 2017. Chemosphere water contamination with heavy metals and trace elements from Kilembe copper mine and tailing sites in Western Uganda; implications for domestic water quality. Chemosphere, 169: 281–287.

Bech, J., Poschenrieder, Ch., Llugany, M., Barcelo, P.T., Tobias, F.J., Barranzuela, J.L., Vasquez, E.R., 1997. Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru. The Science of Total Environment, 203: 83–91.

Ettler, V., Mihaljevi, M., Bohdan, K., Majer, V., Sebek, O., 2011. Tracing the spatial distribution and mobility of metal / metalloid contaminants in Oxisols in the vicinity of the Nkana copper smelter , Copperbelt province, Zambia. Geoderma, 164: 73–84.

Freitas, H., Prasad, M.N.V., Pratas, J., 2004. Plant community tolerant to trace elements growing on the degraded Sao Domingos mine in the south east of Portugal: soils of environmental implications. Environment International, 30: 65–72.

Garz, F.J.M., Peinado, F.J.M., 2017. Evaluation of remediation techniques in soils affected by residual contamination with heavy metals and arsenic. Journal of Environmental Management, 191: 228–236.

Houngaloune, S., Hiroyoshi, N., Ito, M., 2015. Stability of As (V) sorbed schwertmannite under porphyry copper mine conditions. Minerals Engineering, 74: 51–59.



- Jochimsen, M.E., 2001. Vegetation development and species assemblages in a long-term reclamation project on mine spoil. *Ecological Engineering*, 17: 187–198.
- Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2001.
- Närhi, P., Liisa, M., Sutinen, M., and Sutinen, R., 2012. Effect of tailings on wetland vegetation in Rautuvara, a former iron – copper mining area in northern finland. *Journal of Geochemical Exploration*, 116-117: ۶۰-۶۵.
- Perlatti, F., Ferreira, T.O., Romero, R.E., Costa, M.C.G., Otero, X.L., 2015. Copper accumulation and changes in soil physical – chemical properties promoted by native plants in an abandoned mine site in northeastern Brazil: implications for restoration of mine sites. *Ecological Engineering*, 82: 103–111.



Investigation of Heavy Metals in Waste dumps soil of Sungun Copper Mine in East Azerbaijan

Arezu Alizadeh¹, Jamshid Ghorbani^{2*}, Javad Motamedi³, Ghorban Vahabzadeh⁴, Nader Mazaheri⁵, Reza Naseh⁶, Esmat Esmailzadeh⁷

¹Ph.D Student in Rangeland Science, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Alizade.ar@gmail.com

^{2*}Associate Professor, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. j.ghorbani@sanru.ac.ir

³Associate Professor, Research Institute of Forest and Rangelands

⁴Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

⁵ National Iranian Copper Industries Company

⁶ National Iranian Copper Industries Company

⁷ National Iranian Copper Industries Company

Abstract

In this was conducted to study the amount of heavy metals in the Sungun copper mine waste dumps. Three different areas were selected in the mined area for soil sampling. The amounts of iron, manganese, copper, nickel, zinc, arsenic, lead, cobalt and molybdenum were measured in soil samples that were taken from three areas of waste dump, the boundary between waste and control range, as well as the control range. The results showed that the amount of copper in the tailings border was higher than the amount of this element in the waste dump itself, so that the amount of copper at the boundary of waste was 80.25 (ppm) and in the waste dump was 76.4 (ppm). In the case of iron, manganese and cobalt, the boundary section had higher values than tailings. About the nickel, zinc, arsenic, lead and molybdenum, the gradient of the pollution was from the waste dump to the boundary and the control range. In general, it should be noted that in the programs for the reclamation and restoration of mine-induced damage special attention should be paid to mine waste dump and its environmental effects, and in the initial action, the control of the mobility and solubility of the metal elements should be considered, because metal concentration in samples of the adjacent area next to the waste dump also was higher than normal.

Keywords: heavy metals, waste dump, waste dump boundary, control range, mine restoration



هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران

۱۸-۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷