مجلة الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

المجلد السادس
العدد الثاني

٢٠٠٧م (١٤٢٨هـ)

الناشر

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

جامعة الملك سعود - كلية علوم الأغذية والزراعـــــة

ص.ب ٢٤٦٠ - الرياض ١١٤٥١ - المملكة العربية السعودية

تقويم مدى تلوث ترب المناطق المحيطة بمنجم مهد الذهب

عبد الله بن سليمان الفراج* و محمد بن إبراهيم الوابل**

قسم علوم التربة ، كلية علوم الأغذية والزراعة ، جامعة الملك سعود

ص. ب.: ٢٤٦٠ ، الرياض – ١١٤٥١، المملكة العربية السعودية

البريد الالكتروني: *E-mail: sfarraj@ksu.edu.sa , **E-mail: malwabel@ksu.edu.sa

الملخص: لبدء نشاط تعدين الذهب في أكثر من موقع في المملكة، كانت الحاجة ماسة لدراسة مستويات التلوث في المناطق المتوقع تلوثها. اختير منجم مهد الذهب لأنه الأقدم. وهدفت الدراسة إلى تقويم مدى تلوث الترب المحيطة بمنجم مهد الذهب بالعناصر الثقيلة (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Ti, V, Zn, Hg) مع تطبيق بعض المعايير العلمية والإحصائية لتحديد مدى تلوثها. لذا جمع وحلل ١٣٩ عينة تربة تمثل ٥٥ موقعاً توزعت لتشمل المنطقة المحيطة بالمنجم. أظهر التحليل تلوث منطقة الدراسة بدرجة معنوية بنسبة ٩٩% بعنصر أو أكثر اعتماداً على معامل الإثراء (EF)، بينما كانت العينات الملوثة بدرجة كبيرة و بدرجة كبيرة جداً ٤٦ و ٣٣% على التوالي. وقد تركز التلوث في المواقع القريبة من مدافن ناتج طحن الصخور. وظهر أثر الجبال كحاجز طبيعي في التقليل من أثر التلوث. كما ظهر واضحاً انخفاض درجة مستوى التلوث مع زيادة العمق. حيث كان معامل الإثراء EF > ٤٠ في ٤١% من العينات السطحية (٠–١٥سم)، أما في العينات التحت سطحية (١٥–٣٠سم) و (>٣٠سم) فكان ٢٧ و ٢٣% على التوالي. تفاوت التلوث بالعناصر الثقيلة كما يلي: Cd> Hg> Pb> Zn> Cu>As> Mo> Be. تؤكد جميع النتائج تأثير التعدين على تلوث الترب المحيطة بالمنجم. وقد وصل التلوث إلى درجة الخطورة في كثير من المواقع وخاصة قرب المنجم غرباً، ولم تخل جميع المواقع من التلوث بصورة ما. مما يحتم ضرورة عمل تقييم بيئي متكامل للمشروع " Environmental Impact Assessment" لتقليل الآثار السلبية للتلوث بالعناصر الثقيلة.

المقدمة

يعتبر التلوث بالعناصر الثقيلة من المشكلات الملاحظة في الأنظمة البيئية القريبة من المناطق التي يزداد فيها النشاط الإنساني مثل عمليات التنقيب في المناجم وصناعات المعادن والعمليات الزراعية والتخلص من النفايات. فتتعرض البيئة في تلك المناطق للتلوث بكميات متفاوتة من العناصر الثقيلة، والتي تمثل خطراً كبيراً على النبات والإنسان والحيوان والبيئة بشكل عام. ولبدء نشاط تعدين الذهب في أكثر من موقع في المملكة، ووجود خطة للتوسع في ذلك في السنوات القليلة القادمة، ونظراً لعدم وجود معطيات رقمية توضح مدى التلوث الناجم عن ذلك يتبين مدى الحاجة الماسة لدراسة مستويات التلوث في المناطق المتوقع تلوثها، مع دراسة خصائص التربة الكيميائية والمعدنية والفيزيائية لما له من أثر كبير على سلوك الملوثات في التربة. وقد اختيرت منطقة مهد الذهب لأنها هي الأقدم

مقارنة بمنجم الصخيبيرات بالقصيم وغيره من مواقع التعدين.

يعتبر تلوث التربة بالعناصر الثقيلة من أخطر أنواع التلوث، وتُعرَّف بأنها ذات كثافة ≤ ٦جم سم$^{-٣}$ (Alloway, 1990). لذا فقد وجد اهتماماً خاصاً وكبيراً في الآونة الأخيرة على مستوى العالم، وعلى الأخص في المناطق التي يكثر فيها النشاط الإنساني الصناعي أو الزراعي، لتأثيره السلبي على الحياة بسبب طبيعتها غير القابلة للتحلل ونصف العمر الطويل لها مما يعيق إزالتها من جسم الإنسان. ويكثر تراكم العناصر الثقيلة على سطح التربة في مناطق التعدين والنشاط الصناعي (Samsoe-Petersen et al., 2002; and Baker, 1990) مما يؤدي إلى مشكلات بيئية، منها وصول تركيز هذه العناصر حد السمية للنبات والحيوان والإنسان، والذي يعرضه لمشكلات صحية خطيرة (Forstner, 1995 and Stalikas et al., 1997). وقد وُجِدَ أن تلك الأنشطة تؤدي إلى نفث غبار في الهواء -غالباً ما يكون الغبار محملاً بالعناصر الثقيلة- ثم يترسب الغبار على سطح التربة وتتراكم العناصر الثقيلة. ويعتبر الغبار المتساقط المحمل بالعناصر الثقيلة عامل ذو تأثير معنوي في تلوث الترب (Martin, 2001; and Nicholson et al., 2003)، حيث وجد بأن هناك علاقة قوية بين تركيز العناصر الثقيلة في التربة وبين الغبار المتساقط. والعناصر الثقيلة في التربة ربما تتراكم في النباتات والحيوانات والطعام، وربما تغسل للمياه الجوفية. ومن جهة أخرى، فإنه يوجد تأثير متبادل بين تلوث التربة والهواء، فكما أن الهواء قادر على نقل كميات كبيرة من العوالق التي تحتوي على العناصر الثقيلة من منطقة إلى أخرى، فإن الغبار يمكنه أيضاًزيادة تركيز العناصر الثقيلة في الهواء كعوالق (Chen et al., 1997).

يوجد مصدران رئيسيان لتلوث التربة بالعناصر الثقيلة. تمثل مادة الأصل المصدر الأول منهما (Horckmans et al., 2005)، بينما يمثل المصدر الآخر النشاط البشري (Gray et al. 1999; Hernandez et al., 2003). وفي بحث أُجريَ لدارسة ٣٩ موقعاً لتحديد تركيز وتوزيع العناصر الثقيلة في جزيرة Reunion في المحيط الهندي، وجد Dœlsch, et al. (2005) أن التركيز الكلي للرصاص زاد في ١٧% من عينات التربة بسبب النشاط البشري. وتعتبر مواقع استخراج المعادن كمناجم الذهب والمناطق المحيطة بها عرضة للتلوث بالعناصر الثقيلة (Levy et al., 1992; Dudka and Adriano, 1997 and Al-Farraj 2002). يدعو ذلك إلى خطورة إغفال الأثر البيئي عند تقييم المشاريع الصناعية مثل منجم مهد الذهب. فالنظر إلى ما تجلبه تلك المشاريع من تحسين الوضع الاقتصادي لأبناء المنطقة وإيجاد فرص وظيفية جيدة وما إلى ذلك كالخدمات التي سوف تصاحب إقامة تلك المشاريع أمر له أهمية كبيرة، ولكن ذلك لا ينبغي أن يجعلنا نغفل عن تحليل المخاطر الناتجة أيضاً، ثم النظر إلى نسبة المخاطر إلى الفوائد المجنية، فإن كانت مخاطرها تغلب إيجابياتها، نُظِرَ إلى تقليل المخاطر والسعي الحثيث لإبعاد الناس والبيئة عن الأضرار الناجمة.

يوجد الذهب في المملكة العربية السعودية في العديد من المناطق بكميات اقتصادية شجعت الاستثمار والبدء باستخراج الذهب كما في منجم مهد الذهب حيث بدأ الإنتاج في عام ١٩٨٨م (http://www.maaden.com.sa/maaden). ومع كل

ما سبق لا توجد دراسات حسب علمنا حول التلوث بالعناصر الثقيلة في الترب المحيطة بموقع التعدين في محافظة مهد الذهب. لذا اختيرت منطقة منجم الذهب في محافظة مهد الذهب -في منطقة المدينة المنورة- والمنطقة المحيطة به لتكون هي منطقة الدراسة.

أهداف الدراسة

١. تحديد مدى تلوث ترب منطقة مهد الذهب بالعناصر الثقيلة.
٢. تحديد مدى انتشار التلوث في منطقة الدراسة مقارنة مع البعد عن موقع التعدين وطبوغرافية الأرض والتجمع السكاني.
٣. رسم خريطة رقمية باستخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS لتحديد أماكن التلوث مما يساعد في إعطاء وتصور مقترحات لحل مشكلة التلوث.

المواد وطرق العمل

موقع الدراسة:

تقع محافظة مهد الذهب في منطقة المدينة المنورة (المملكة العربية السعودية)، عند خط طول ٣٠ ـ ٤٠° شرقاً، وخط عرض ٣٠ ـ ٢٣° شمالاً. وتبلغ مساحة منطقة وادي الذهب ٢٤٤٨٢ كم^{٢}، يسكنها ٦٤٥٠٧ نسمة. و ارتفاعها عن سطح البحر ١٠٦٠م. ويعتبر منجم مهد الذهب أكبر منجم لإنتاج الذهب في المملكة، ويقع بمنتصف الدرع العربي. يبلغ الاحتياطي من الذهب بما يقارب ١,١ مليون طن، وتبلغ نسبة الذهب ٢٧ جم طن$^{-١}$، أما الفضة فتبلغ ٧٣ جم طن$^{-١}$. يتكون الذهب فيه على شكل سلسلة من عروق الكوارتز، التي تحتوي أيضا على الفضة والزنك والنحاس كمعادن مصاحبة. ويُستخرج الخام منه بطريقة "المنجم تحت سطح الأرض" ويعالج بالطحن والتعويم والسيانيد لاستخلاص المعادن منه (http://www.maaden.com.sa/maaden).

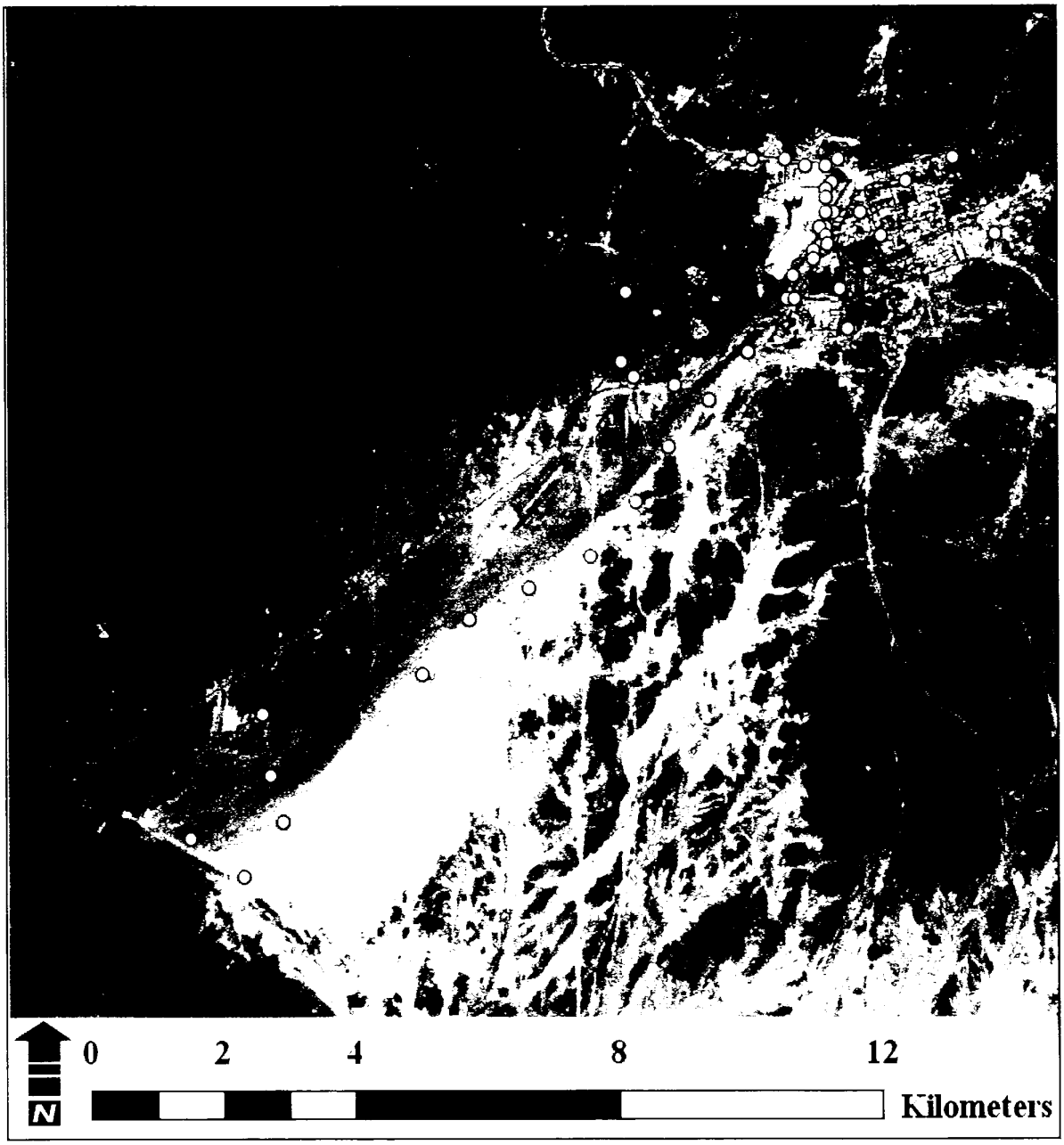
المرئية الفضائية:

نُسِقَ مع معهد أبحاث الفضاء بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية للحصول على مرئية فضائية مناسبة لمنطقة الدراسة من النوع Spot Image 5. وقد وفرت مرئية بمسار وصف ١٣٥ و٣٠٣ على التوالي (Path – Row, 135, 303)، ذات درجة الوضوح (٥ متر) والتي التقطت لمنطقة الدراسة في ٢٠٠٣/٩/١م. واستُفيدَ من المرئية الفضائية بإعداد تصور أولي لمواقع جمع العينات حيث أُخِذَ بالاعتبار الميل والمجاري المائية والقرب والبعد عن المنجم ومدافن ناتج طحن الصخور والمنطقة السكنية.

جمع عينات التربة:

جُمِعَت عينات تربة على أبعاد وأعماق مختلفة من المناطق المحيطة بمنجم مهد الذهب كما هو مبين في شكل (١). أُخِذَ بعين الاعتبار المجاري المائية واتجاه الرياح والحواجز الطبيعية والمنطقة السكنية. جُمِعَت عينات التربة من كل موقع على أعماق مختلفة لتشمل عينات سطحية وتحت سطحية (٠-١٥، ١٥-٣٠، >٣٠سم)، وقد اختلف هذا الترتيب في بعض المواقع عند وجود طبقات صلبة أو المهد الصخري. وقد أستُخدِمَ جاروف بلاستيكي وأوجر ستانستيل لجمع العينات، ثم حفظت العينات في أكياس بلاستيكية.

شكل (١): خريطة مواقع جمع العينات والمعالم المهمة لمدنية ومنجم مهد الذهب.



١) المدينة. ٢) الوادي. ٣) مدافن ناتج طحن الصخور.
٤) المنجم. ٥) سكن الموظفين. ٦) سياج منطقة المنجم.

حُدِدَت مواقع جمع العينات بواسطة نظام تحديد المواقع العالمي GPS (Global Position System)، للاستفادة منها في تحديد المواقع مستقبلاً، ورسم الخرائط الرقمية بواسطة برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS (Geographic Information system) لتحديد مدى انتشار التلوث في منطقة الدراسة.

تجهيز العينات للتحاليل الفيزيائية والكيميائية والمعدنية:

جهزت عينات التربة للتحليلات الفيزيائية والكيميائية المختلفة حيث جففت هوائياً ثم طحنت ونخلت بواسطة منخل سعة ثقوبه ٢مم. وقدرت كتلة الجزء الخشن (>٢مم) وحسبت النسبة المئوية للحصى بالنسبة لكتلة العينة الكلية. وأجريت التحاليل التالية على ناعم التربة (<٢مم).

التحاليل الروتينية للتربة:

أُجرِيَ التحليل الميكانيكي لعينات التربة باستخدام طريقة الهيدروميتر بعد إجراء المعاملات الابتدائية ومن ثم حسبت النسبة المئوية للسلت والطين والرمل طبقاً لطريقة (Day, 1965) لتحديد قوام التربة. قُدِرَت الكربونات الكلية باستخدام جهاز الكالسميتر وحسبت النتائج على صورة كربونات كالسيوم $CaCO_3$ نسبة مئوية طبقاً لـ (Loeppert and Suarez, 1996). قدر كل من حموضة التربة pH والتوصيل الكهربائي (EC_e, dSm^{-1}) في مستخلص التربة ١:٥ باستخدام جهاز pH meter وجهاز EC meter معبراً عنها بالـ ، على التوالي (Rhoades, 1996 and Thomas, 1996). قُدِرَ تركيز الكاتيونات والأنيونات الذائبة (Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, Cl^{-} , $SO_4^{=}$) في مستخلص التربة ١:٥ بالملليمول لتر$^{-1}$ (Richards, 1954). كما قُدِرَت الكبريتات باستخدام جهاز (Turbidimeter) (Rainwater and Thatcher, 1979). وحُسِب الـ SAR طبقاً للمعادلة:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}}$$

كما أوردها (Richards, 1954).

قدر محتوى التربة من الكربون العضوي طبقاً لطريقة Nelson and Sommers (1996)، ثم حُسِبَ محتوى التربة من الكربون العضوي والمادة العضوية جم كجم$^{-1}$. وقدرت السعة التبادلية الكاتيونية للتربة CEC طبقاً لطريقة لـ Page et al. (1982).

تقدير التركيز الكلي للعناصر الثقيلة:

قُدِرَ التركيز الكلي للعناصر الثقيلة بعد هضمها بأحماض $HF\text{-}H_2SO_4\text{-}HClO_4$ باستخدام طريقة (Hossner, 1996) بواسطة جهاز البلازما ICP-AES (Perkin elemer, 4300 DV). واتُخِذَت مجموعة من الإجراءات لضبط جودة العمل، حيث كانت جميع الزجاجيات والبلاستيك تُغمر لمدة ٢٤ ساعة في محلول حامضي ١٠% (HNO_3) ثم تُغسل بالماء المقطر قبل الاستخدام. كما أعيد عمل الاستخلاص الكلي لعدد ١٠% من العينات عشوائياً -لتأكيد الجودة- وتقدير العناصر الثقيلة، ومقارنة النتائج.

تحديد مدى تلوث التربة بالعناصر الثقيلة:

لتحديد درجة تلوث التربة بعنصر ما، اعتُمِدَ على معامل الاختلاف Coefficient Variation كمؤشر إحصائي للتعبير عن مدى التفاوت بين تركيز العنصر لعدد

من المواقع في منطقة ما أو أكثر للمقارنة (Kalandadze, 2003).

كما أستُخدِمَ معامل الإثراء Enrichment Factor (EF) لوصف مدى التلوث بعنصر ما كما لدى (Lee, et al. 1997; Tokalioglu, et al. 2003). يحسب EF بالاعتماد على نسبة الحديد كما في المعادلة التالية:

$$EF = \frac{(C_x / C_{Fe})_{Sediment}}{(C_x / C_{Fe})_{Earth'sCrust}}$$

حيث $(C_x/C_{Fe})_{sediment}$ يمثل نسبة تركيز العنصر C_x إلى تركيز الحديد C_{Fe} في العينة المراد معرفة مدى تلوثها. كما يمثل $(C_x/C_{Fe})_{Earth's\ crust}$ نسبة تركيز مرجعية للعنصر إلى الحديد في القشرة الأرضية.

إعداد الخرائط:

أستُخدِمَ برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS-Arc لتحديد مواقع أخذ العينات على المرئية الفضائية، وإبراز حدود التلوث اعتماداً على معامل الإثراء (EF)سواءً بعنصر أو أكثر من العناصر الثقيلة، أو بكل عنصر على حدة (Cd, Cu, Pb, Zn, Hg). كما أُبرِزَ التلوث لكل عمق في خريطة خاصة لتسهيل المقارنة بين الطبقات في مدى تلوثها.

النتائج والمناقشة:

خصائص ترب مواقع الدراسة كدالة للتلوث:

تميل تربة المنطقة المحيطة بمنجم مهد الذهب لتكون قاعدية، حيث تراوحت قيم الـ pH ما بين ٧,١ و ٨,٩. ومتوسط ٨. ومتوسط محتواها من كربونات الكالسيوم الكلية ١٠,٣%. وتتناسب قيم الـ pH المرتفعة مع تركيز الصوديوم المرتفع. ساد كاتيون الكالسيوم في مستخلص التربة ثم الصوديوم، بينما كان المغنيسيوم منخفضاً جداً إلا أن تركيز البوتاسيوم كان هو الأقل. وبالنسبة للأنيونات فإن الكلوريد كان سائداً وبدرجة أقل الكبريتات وأخيراً البيكربونات. وقد ساد القوام الطميي الرملي (Sandy loam) حيث مثلت ما يزيد على ٤٥% من مجمل العينات (جدول ١).

متوسط محتوى الترب من المادة العضوية (٨,٦ جم كجم$^{-١}$) وهي مرتفعة نسبياً ولكنها تتناسب مع المستوى العام في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة. وتباينت قيم السعة التبادلية الكاتيونية لعينات التربة حيث بلغت ١١ سنتيمول كجم$^{-١}$ كمتوسط عام وأقصى القيم كان ٢٦,٤ سنتيمول كجم$^{-١}$ وهذه القيم تتوافق مع قوام التربة.

التركيز الكلي للعناصر الثقيلة في ترب منطقة الدراسة:

يوضح جدول (٢) الحد الأعلى والأدنى للتركيز الكلي لستة عشر عنصراً هي: As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Ti, V, Zn, Hg. وبمقارنة التركيز الكلي مع متوسط تركيز تلك العناصر في الترب بشكل عام، وُجِدَ أن تركيز جميع العناصر لبعض العينات فاق المتوسط العام للعنصر والمتوقع وجوده بالترب طبقاً لـ (Lindsay, 1979) عدا عناصر الكروم والحديد والسلينيوم (Cr, Fe, Se). وبمقارنة المتوسط الذي وُجِدَ في الدراسة مع المتوسط العام للترب نجد أن متوسط كل من As, Be, Cd, Co, Cu, Mn, Pb, Zn, Hg فاق المتوسط العام لها في الترب. بينما وُجِدَت عينات فاق تركيز الكادميوم والنحاس والرصاص والزنك والزئبق والمولبدنيوم فيها الحد الأعلى لها في الترب سواءً كان ذلك في الطبقات السطحية أو تحت السطحية (٠-١٥، ١٥-٣٠، > ٣٠ سم).

جدول (١): متوسط قيم الخواص الكيميائية والفيزيائية لترب منطقة الدراسة.

		Max.	Min.	Average.	Stdev.	Coef. Variation
pH		8.9	7.1	8.0	0.4	5
EC	dSm^{-1}	20.3	0.1	1.1	2.1	193
Ca^{2+}	mmole l^{-1}	71.3	0.3	4.0	8.1	200
Mg^{2-}	mmole l^{-1}	13.8	0.0	0.5	1.3	248
Na^{+}	mmole l^{-1}	100	0.2	4.0	9.6	241
K^{+}	mmole l^{-1}	2.1	0.0	0.3	0.3	103
CO_3^{2-}	mmole l^{-1}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO_3^{-}	mmole l^{-1}	6.0	0.8	2.5	0.9	36
Cl^{-}	mmole l^{-1}	188	0.0	5.5	17.4	317
SO_4^{2-}	mmole l^{-1}	40.4	0.0	3.1	6.5	214
SAR		22.0	0.1	1.9	2.9	148
Clay	%	46.9	4.9	17.1	7.4	44
Silt	%	59.0	2.0	16.3	11.2	69
Sand	%	90.1	16.1	66.6	16.3	25
$CaCO_3$	%	66.3	1.4	10.3	12.8	124
OM	g/kg	32.3	1.0	8.6	8.0	93
CEC	Cmol/kg	26.4	0.0	11.0	5.1	46

Coef. Variation: معامل الاختلاف = (الانحراف المعياري ÷ المتوسط)×١٠٠.

جدول(٢): الحدود العليا والدنيا للتركيز الكلي لعينات التربة ومدى التلوث مقارنة مع المتوسط والمدى العام للترب (بمجم كجم$^{-1}$) بغض النظر عن عمق وموقع العينة.

Element	Total Concentration mg kg^{-1}			EF		Common range in soils[1] mg kg^{-1}		
	Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Max.	Min.	Average
As	20.18	0.01	10.02	35.39	0.00	50	1	5
Be	33.26	0.20	6.02	6.57	0.10	40	0.1	6
Cd	53.85	0.01	2.75	1276.12	0.20	0.7	0.01	0.06
Co	29.41	0.10	15.49	4.74	0.60	40	1	8
Cr	75.94	0.10	49.92	1.12	0.10	1,000	1	100
Cu	1894.42	0.90	265.41	96.25	0.90	100	2	30
Fe	32696.92	557.97	23972	1.00	1.00	550,000	7,000	38,000
Mn	971.70	13.36	605	2.32	1.00	3,000	20	600
Mo	5.28	0.00	0.59	6.81	1.00	5.00	0.2	2
Ni	50.05	0.01	28.40	2.06	0.00	500	5	40
Pb	1106.19	0.01	159.11	157.74	0.00	200	2	10
Se	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.1	0.3
Ti	5508.17	73.66	3023	1.65	0.70	10,000	1,000	4,000
V	147.86	0.60	95.04	2.18	0.04	500	20	100
Zn	9728.76	0.30	549.02	276.66	0.40	300	10	50
Hg	3.89	0.00	0.31	402.74	0.00	0.3	0.01	0.03

[1] Lindsay, 1979.

معامل الإثراء EF كدالة لمدى تلوث ترب منطقة الدراسة:

بالاعتماد على معامل الإثراء يتضح أن نسبة العينات الملوثة بعنصر أو أكثر بلغ ٩٩%، بينما كانت نسبة العينات الملوثة بدرجة كبيرة وبمستوى تلوث كبير جداً ٤٦ و ٣٣% على التوالي (شكل ٢). ويلاحظ أن ٩٩% من العينات كانت ملوثة وقد غطت جميع مواقع جمع العينات، بغض النظر عن قربها أو بعدها عن المنجم، أو من داخل المدينة أو خارجها.

بالنظر إلى تلوث عينات التربة بكل عنصر على حدة، يتضح أن أكثر العناصر انتشاراً من حيث التلوث في العينات المدروسة هو الكادميوم، الزئبق، الرصاص، الزنك، وأخيراً النحاس، فكانت نسبة العينات الملوثة (والتي تمثل قيم EF> ٥) ٨٨، ٦٢، ٥٢، ٤٥، ٤٤ % على التوالي. بينما وُجِدَ تلوث معنوي (EF: 5-20) بكل من عنصر الأرسنك والمليبدنيوم وأخيراً البريليوم حيث بلغت نسبة العينات الملوثة ١٢، ٢، ١ % على التوالي (شكل ٣ و جدول ٣).

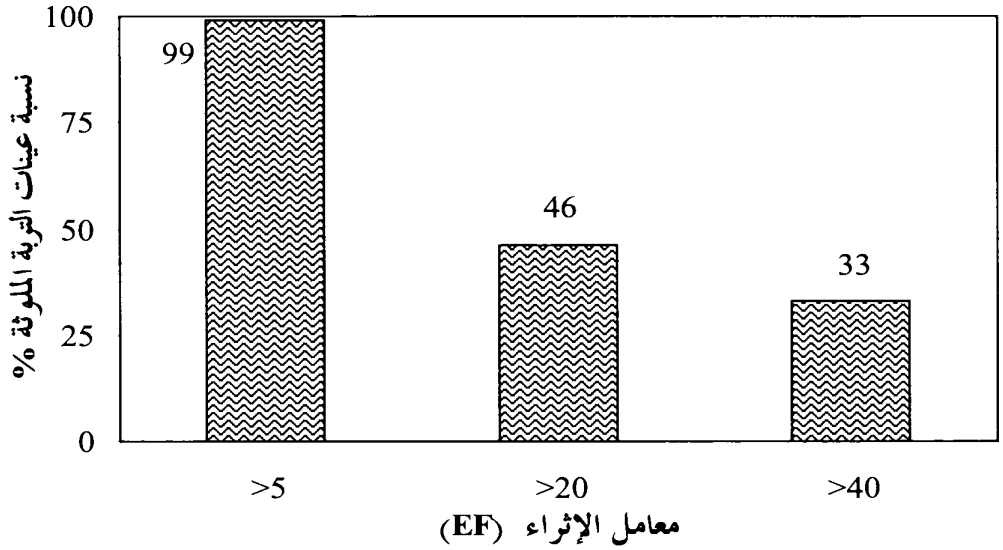
وضح شكل (٤) مدى انتشار التلوث بالعناصر الثقيلة في المنطقة المحيطة بمنجم مهد الذهب سواءً في الموقع بغض النظر عن العمق أو في كل عمق على حدة. فيبين الشكل أن جميع المواقع حدث فيها تلوث بالعناصر الثقيلة، مما يشير إلى مدى انتشار التلوث في ترب المنطقة. ويلاحظ أن المواقع القريبة من المنجم حظيت بتركيز تلوث أعلى، حيث كان التلوث مرتفعاً جداً (EF>40). كما يتضح وجود تلوث بدرجة كبيرة في موقعين نهاية مجرى الوادي دون المواقع التي دونهما، ويُفسَر ذلك بأنها منطقة تجمع للتربة المنقولة بالمياه أو بالرياح وتراكمها عند اصطدامها بالجبال الموجودة في نهاية المجرى.

يضاف إلى ما سبق أن المواقع المأخوذة غرب المنجم قل فيها مستوى التلوث وإن لم يختفي ولعل ذلك يدلل على أهمية الحواجز الطبيعية في الحد من تلوث المناطق المحيطة بالمنجم إن لم تقع في طريق مجاري مائية تنقل التربة الملوثة إليها. كل ذلك يدل على أن مصدر التلوث هو عمليات التعدين. وقد توافقت هذه النتائج مع الكثير من الدراسات التي أثبتت أثر عمليات التعدين على تلوث البيئة بالعناصر الثقيلة وغيرها، من ذلك ما ذكرته وكالة حماية البيئة الأمريكية U.S. Environmental Protection Agency (1994).

أوضحت النتائج أيضاً أن لعمق قطاع التربة أثر فعال في تحديد مصدر ومدى التلوث فعند مقارنة التلوث في الطبقات السطحية (٠-١٥سم) وتحت السطحية (١٥-٣٠سم) و (>٣٠سم)، يلاحظ وجود التلوث في جميع الطبقات وحتى عند عمق > ٣٠ سم (بدرجة كبيرة جداً في بعض المواقع وبدرجة معنوية في أغلب المواقع) (شكل ٤، ٥).

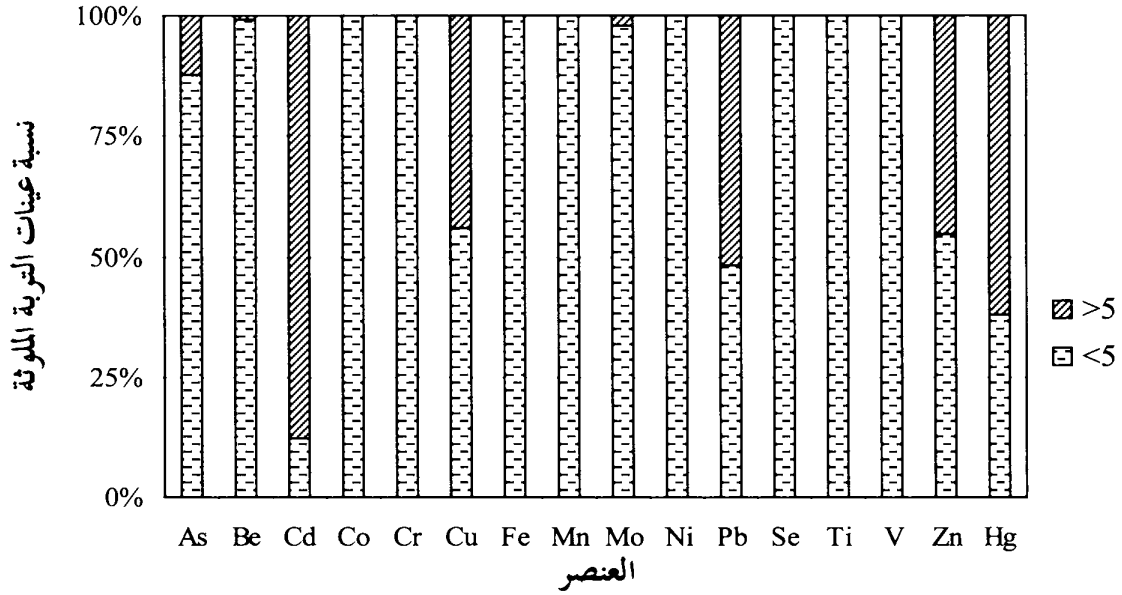
يبين شكلي (٤ و ٥) أن المواقع التي تصنف بأنها ملوثة (EF >5) شملت جميع مواقع جمع العينات. وقد كانت نسبة المواقع الملوثة ١٠٠% في الطبقات السطحية (٠-١٥سم) وتحت السطحية (١٥-٣٠سم) و تليهما الطبقات>٣٠سم بنسبة كبيرة جداً (٩٧ %). وحافظت الطبقات تحت السطحية على النسبة الأعلى من المواقع الملوثة بدرجة كبيرة (EF > 20) حيث بلغت ٤٨% مقارنة بـ ٤٦ و٤٣% للطبقات ٠-١٥سم، <٣٠سم على التوالي.

شكل (٢): نسبة عينات التربة الملوثة اعتماداً على معامل الإثراء (EF) سواءً كان التلوث بعنصر أو أكثر (بدرجة معنوية (EF>٥) وبدرجة كبيرة (EF>٢٠) وبدرجة كبيرة جداً (EF>٤٠))*.



*Sutherland (2000) (حسب ماورد في Kartal, et al., 2006).

شكل (٣): نسبة عينات التربة الملوثة وغير الملوثة بالعناصر الثقيلة اعتماداً على معامل الإثراء (EF).

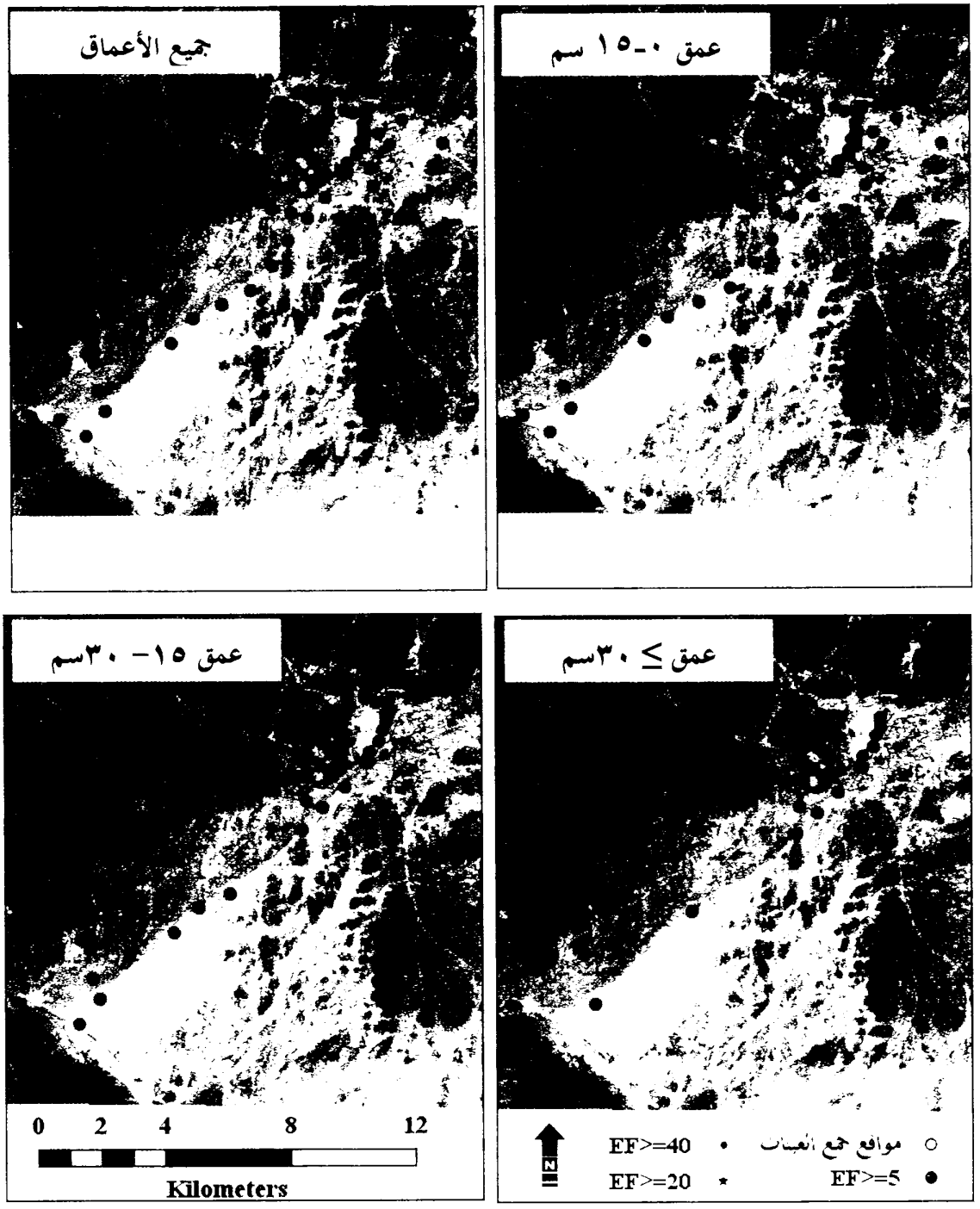


جدول (٣): التركيز الأعلى والأقل للعناصر الثقيلة ومدى التلوث لعينات التربة ونسبة كلٍ منها اعتماداً على معامل الإثراء (غير ملوثة، ملوثة بدرجة معنوية، بدرجة كبيرة، بدرجة كبيرة جداً) بغض النظر عن عمق وموقع العينة.

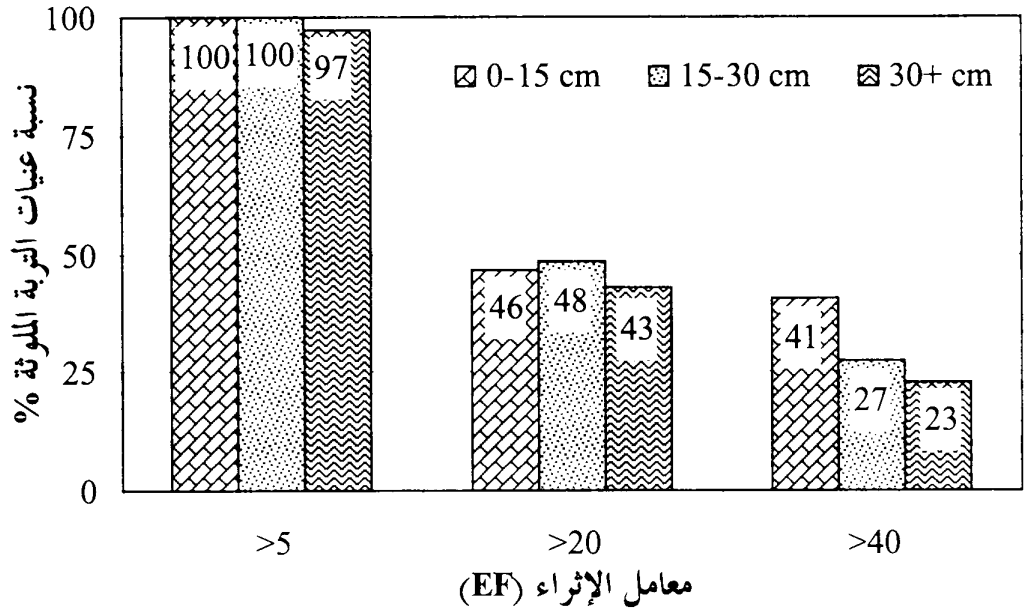
	Max.	Min.	EF				Cont.
			< 5	5-20	20-40	> 40	
	mg kg^{-1}		%				
As	35.39	0.00	88	11.5	0.7	0.0	12
Be	6.57	0.00	99	0.7	0.0	0.0	1
Cd	1276.12	0.00	12	56.8	5.0	25.9	88
Co	4.74	0.00	100	0.0	0.0	0.0	0
Cr	1.12	0.00	100	0.0	0.0	0.0	0
Cu	96.25	0.00	56	24.5	9.4	10.1	44
Fe	1.00	0.50	100	0.0	0.0	0.0	0
Mn	2.32	0.01	100	0.0	0.0	0.0	0
Mo	6.81	0.00	98	2.2	0.0	0.0	2
Ni	2.06	0.00	100	0.0	0.0	0.0	0
Pb	157.74	0.00	48	28.8	4.3	18.7	52
Se	0.00	0.00	100	0.0	0.0	0.0	0
Ti	1.65	0.08	100	0.0	0.0	0.0	0
V	2.18	0.00	100	0.0	0.0	0.0	0
Zn	276.66	0.00	55	26.6	9.4	9.4	45
Hg	402.74	0.00	38	37.4	12.9	11.5	62

EF<5: عينات غير ملوثة.
EF: 5-20: ملوثة بدرجة معنوية.
EF: 20-40: ملوثة بدرجة كبيرة.
EF>40: ملوثة بدرجة كبيرة جداً.
Cont.: نسبة العينات الملوثة، وهي التي تمثل EF > 5.

شكل (٤): خريطة توزيع التلوث بالعناصر الثقيلة في المنطقة المحيطة بمنجم مهد الذهب.



شكل (٥): نسبة العينات الملوثة بالعناصر الثقيلة عند ثلاثة أعماق مختلفة (٠-١٥، ١٥-٣٠، > ٣٠سم) اعتماداً على معامل الإثراء (EF).



يلاحظ أنه لم يكن هناك تفاوت كبير بين الأعماق الثلاثة في نسبة المواقع الملوثة ودرجة التلوث (شكل ٥)، إلا أنه بدا واضحاً في المواقع الملوثة بدرجة كبيرة جداً –حيث EF > ٤٠– وكانت نسبتها أكبر في الطبقات السطحية (٤١%) وانخفضت النسبة بشكل ملحوظ مع زيادة العمق، حيث كانت في الطبقات تحت السطحية ١٥-٣٠سم و >٣٠سم ٢٧ و ٢٣% على التوالي. زيادة نسبة المواقع الملوثة بدرجة كبيرة جداً في الطبقات السطحية وانخفاضها مع زيادة العمق يدعم فرضية أن مصدر التلوث هو عمليات التعدين، وتجميع نواتج طحن الصخور في مدافن مكشوفة معرضة للإثارة بالرياح وإعادة توزيعها عند ترسب الغبار في المناطق المحيطة.

دلالة معامل الاختلاف على مدى تلوث ترب منطقة الدراسة بالعناصر الثقيلة:

تتميز العناصر الثقيلة بأنها تكون ذات تركيز متجانس في التربة تقريباً. لذا فإن الاختلاف الكبير بين تركيزها من موقع لآخر ومن عينة لأخرى يدل على تلوث حادث أدى إلى ذلك الاختلاف. وأفضل ما يستخدم للدلالة على ذلك هو معامل الاختلاف Coefficient Variation. ارتفعت قيم معامل الاختلاف لبعض العناصر بصورة كبيرة جداً مما يدل على مدى تلوث منطقة الدراسة بتلك العناصر. وكان ترتيب معامل الاختلاف كما يلي: Cd> Zn> Pb> Hg> Cu> Mo. (٢٥٠، ٢٢٣، ١٦٩، ١٦٣، ١٥٥، ١٢٩) وعند المقارنة بعنصر الحديد، نجد أن

معامل الاختلاف كان ٢٧. عدم التجانس في تركيز تلك العناصر في منطقة الدراسة يدل على أن هناك مصدر خارجي غير عوامل تكوين التربة الطبيعية أدى إلى تلك الاختلافات الكبيرة. وتعتبر مدافن نواتج طحن الصخور أثناء عمليات التعدين المصدر الخارجي الذي أدى إلى ذلك التلوث.

الخاتمة

فاق متوسط التركيز الكلي للعناصر الثقيلة (As, Be, Cd, Co, Cu, Mn, Pb, Zn, Hg) في عينات التربة المدروسة المتوسط العام لتركيز تلك العناصر في الترب طبقاً لـــ Lindsay (1979). وقد أوضحت النتائج انتشار التلوث اعتماداً على قيم معامل الإثراء بعنصر أو أكثر من العناصر الثقيلة ليغطي جميع المواقع الـــ ٥٩ المختارة لجمع العينات. تفاوتت العينات في مستوى التلوث بعنصر أو أكثر ما بين عينات ملوثة بدرجة معنوية، وملوثة بدرجة كبيرة، وملوثة بدرجة كبيرة جداً كما يلي: ٩٩، ٤٦ و ٣٣% على التوالي. بلغت نسبة المواقع الملوثة في الطبقات السطحية وتحت السطحية ١٠٠%، وانخفضت قليلاً لـــ ٩٧% عند عمق >٣٠سم. وانخفضت نسبة العينات الملوثة بدرجة كبيرة جداً (EF>٤٠) مع زيادة العمق، حيث كانت في الطبقات السطحية (٠-١٥سم) ٤١%، و ٢٧ و ٢٣% في الطبقات ١٥-٣٠ و >٣٠ سم على التوالي.

بالاعتماد على معامل الإثراء EF، كانت نسبة العينات الموثة بالكادميوم هي الأكبر (٨٨%)، وجاء ترتيب نسبة العينات الملوثة بالعناصر الأخرى كما يلي: Hg> Pb> Zn> Cu (٦٢، ٥٢، ٤٥ و ٤٤%). كما ظهر تلوث بعناصر الـــ As> Mo> Be ولكن بنسب قليلة (١٢، ٢، ١%). تركز التلوث في المواقع القريبة من مدافن ناتج طحن الصخور لجميع العناصر (Cd, Cu, Pb, Zn, Hg). ارتفاع درجة التلوث في المواقع القريبة من مدافن ناتج طحن الصخور، يقوي فرضية تسبب نشاط التعدين في تلويث ترب منطقة الدراسة.

بالرغم من أن التلوث بالعناصر الثقيلة استمر حتى لعمق > ٣٠سم، إلا أن التلوث بالعناصر الثقيلة أعلاه قل مع زيادة العمق، وإن كان الاختلاف أقل مع عنصر الكادميوم، لانتشار التلوث به، لكن درجة التلوث قلت مع زيادة العمق. ظهر أثر الجبال كحاجز طبيعي في التقليل من أثر التلوث، حيث كانت درجة التلوث أقل بكثير في المواقع المأخوذة غرب المنجم حيث يحجز جبل بينها وبين المدافن من المواقع المأخوذة قرب المنجم (في الجهة الشرقية).

أكدت جميع النتائج أن هناك أثر فعال وكبير في تلويث التربة في المناطق المجاورة والمدنية بالعناصر الثقيلة (Cd, Cu, Pb, Zn, Hg)، بسبب عمليات التعدين ودفن نواتج طحن الصخور في منطقة مكشوفة وقرب المنطقة السكنية. ويلاحظ تركز التلوث في المنطقة التي توجد بين المنجم والمدينة، وهي أرض مكشوفة، تمثل مجرى للمياه، عند تساقط الأمطار، مما يزيد من الخطورة حيث تكون تلك المياه معرضة للتلوث بالعناصر الثقيلة وخاصة ما توصف بأنها Mobile مثل الكادميوم.

شكر

يشكر الباحثان مركز البحوث بكلية علوم الأغذية والزراعة الذي مول هذه الدراسة.

REFRENCES

Al-Farraj, A.S. (2002). Association of Heavy Metals with Secondary Iron Oxide Minerals. Ph. D. Dissertation, Colorado State University, USA.

Alloway, B. (1990). Introduction. *In.* Heavy Metals in Soils. Edited by B.J. Alloway. John Wiley and Sons, Inc. New York. Pp. 3-6.

Baker, B.J. (1990). Copper. In Heavy Metals in Soils. Edited by B.J. Alloway. John Wiley and Sons, Inc. New York. Pp. 151-176.

Chen, T.B.; W.J. Wong; H.Y. Zhou; and M.H. Wong. (1997). Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soil of Hong kong. Environmental Pollution. 96:61-68.

Day, P.R. (1965). Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567, *In* Black, C.A. (ed.), Methods of Soil Analysis, part 1, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Dœlsch, E.; V. Kerchove; and H.S. Macary. (2005). Heavy metal content in soils of Réunion (Indian Ocean). Geoderma. 134(1-2):119-134.

Dudka, S. and D.C. Adriano. (1997). Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review. J. Environ. Qual. 26:590-602.

Forstner, U. (1995). Land contamination by metals-Global scope and magnitude of problem. In: Allen, H.G.; C.P. Huang; G.W. Bailey; and A.R. Bowen, (Eds.), Metal speciation and contamination of soil. CRC Press, Boca Raton, FL, Pp. 1-34.

Gray, C.W.; R.G. McLaren; A.H.C Roberts; and L.M. Condron. (1999). The effects of long-term phosphatic fertilizer applications on the amounts and forms of cadmium in soils under pasture in New Zealand. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 54(3):267-277.

Hernandez, L.; A. Probst; and E. Ulrich. (2003). Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination. Science of the Total Environment. 312(1-3): 195-219.

Horckmans, L.; R. Swennen; J. Deckers; and R. Maquil. (2005). Local background concentrations of trace elements in soils: a case study in the Grand Duchy of Luxembourg. Catena. 59(3):279-304.

Hossner, L.R. (1996). Dissolution for Total Elemental Analysis. *In.* Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Edited by Sparks et al., SSSA and ASA, Madison, WI. Pp: 46-64.

Kalandadze, B. (2003). Influence of the ore mining and processing enterprise on soil types in adjoining areas. Agronomy Research. 1(2):131-137.

Kartal, S.; Z. Aydin; and S. Tohalioglu. (2006). Fractionation of metals in street sediment samples by using the BCR sequential extraction procedure and multivariate statistical elucidation

of the data. Journal of Hazardous Materials. 132:80-90.

Lee, P.K.; J.C Touray; P. Baillif; and J.P. Ildefonse. (1997). Heavy metal contamination of settling particles in a retention pond along the A-71 motorway in Sologne, France. Science of the Total Environment. 201(1):1-15.

Levy, D.B.; K.A. Barbarick; E.G Siemer; and L.E Sommers. (1992). Distribution and Partitioning of trace metals in contaminated soils near Leadville, Colorado. J. Environ. Qual. 21:185-195.

Lindsay, W. (1979). Chemical equilibrai in soils. 1st edition. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons, New York.

Loeppert, R.H. and D. Suarez. (1996). Carbonate and Gypsum. *In.* Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Edited by Sparks et al., SSSA and ASA, Madison, WI. Pp. 437-474.

Martin, L. (2001). Urban land use influences on heavy metal fluxes and surface sediment concentrations of small lakes. Water Air and Soil Pollution. 126:363-383.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In.* Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Edited by Sparks et. al., SSSA and ASA, Madison, WI. Pp. 961-1010.

Nicholson, F.A.; S.R. Smith; B.J. Alloway, C. Carlton-Smith; and B.J. Chambers. (2003). An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. Science of the Total Environment. 311: 05-219.

Page, A.L.; R.H .Miller and D.R. Keeney. (1982). Methods of Soil Analysis. No .9 (part 2) in the Agronomy Series. Amer. Soc. of Agron. Madison.,Wisc., USA.

Rainwater, F.H. and L.L. Thatcher. (1979). Methods of collection and analysis of water samples. Geological Survey Water-Supply Paper. No. 1454 Washington.

Rhoades, J.D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. p. 417-435. In: Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. Edited by Sparks et al., SSSA, Madison, WI, USA.

Richards, L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No. 60, Indian Edition, Published by Prinlar for Oxford and IBH publishing Co. 66, Janpath New Delhi, India.

Samsoe-Petersen, L; E.H. Larsen; P.B. Larsen; and P. Bruun. (2002). Uptake of trace elements and PAHs by fruit and vegetable from contaminated soils. Environ. Sci. Technol. 36:3057-3063.

Stalikas, C.D.; A. Mantalovas; and G.A. Pilidis. (1997). Multi-element concentrations in vegetable species grown in two typical agricultural areas of Greece. Sci. Total Environ. 206:231-235.

Thomas, G.W. (1996). Soil pH and soil acidity. p. 475-490. In: Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. Edited by Sparks et al., Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.

Tokalıoğlu, Ş.; Ş. Kartal; and G. Birol. (2003). Comparison of three sequential extraction procedures for partitioning of heavy metals in car park dust. J. Environ. Monitor. 5:468-476.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (1994). Technical resource document. Extraction and beneficiation of ores and minerals. Volume 2. Gold. Washingtion D.C.

EVALUATION OF SOIL POLLUTION AROUND MAHAD AD'DAHAB MINE

Al-Farraj, A.S. and M.I. Al-Wabel
Soil Science Department, College of Food and Agricultural Sciences, King Saud University, P.O. Box 2460, Riyadh 11451, Saudi Arabia

ABSTRACT: Mahad AD'Dahab mine was, chosen to study its effect on the surrounding area pollution, as it was the oldest in Saudi Arabia. The objective of this study was to evaluate the degree of contamination of Mahad AD'Dahab soil with respect to heavy metals (As,Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, V, Zn and Hg). One hundred thirty nine soil samples representing three depths from 55 location around the mining area were collected from a transect (0– ≈12 km) closed to the mining area. The collected samples were prepared and analyzed for their contents of above metals. The obtained results indicate that the soils of study area are so much loaded with heavy metals. The total concentrations of heavy metals indicated that most soil samples were significantly polluted (99 %) with one metal or more based on the Enrichment Factor (EF). While the percent of high polluted and very high polluted soil samples were 46 & 33% respectively. Moreover, the physical barriers (e.g. mountains) minimized the hazard of soil heavy metals pollutions. As the EF was > 40 in 41% of the surface soil samples (0–15 cm). While the respective values reached 27 and 23 % in the sub surface layers (15–30 cm) (>30 cm) soil samples, respectively. The concentrations of the studying heavy metals could be arranged in the following order: Cd> Hg > Pb > Zn> Cu > As >Mo >Be.

Comparing the obtained results with the international guidelines such as (Scotland, Holland & Chinese), data indicate that, the soil samples were polluted with Cu, Zn, Pb, Cd, Hg & As. Also, the calculated coefficient of variation (CV) shows that the soils of the studying area were highly polluted with heavy metals in the following order: Cd> Zn> Pb> Hg> Cu> Mo.

In conclusion, all results indicate that the mining activities at Mahad AD'Dahab were positively contributed to the soil heavy metals pollution in such area. Because of the pollution level reached a dangerous degree, especially in the western area, environmental impact assessment must be applied to minimize the negative effects of heavy metals pollution resulted from industrialization and mining activities under Saudi Arabian conditions.