تقييم معايير تلوث التربة بالمعادن الثقيلة على أثر مخلفات المحطة الحرارية في المسيب.

عباس صبر سروان الوطيفي* **مروه أحمد سعيد****

كلية الزراعة - جامعة القاسم الخضراء

المستخلص

تضمنت الدراسة الحالية تقييم معاير التلوث بالمعادن الثقيلة في تربة محطة كهرباء المسيب الحرارية التابعة الى محافظة بابل، تراوح محتوى التربة من الرصاص بين 13.6-23.1 ملغم كغم$^{-1}$، والنحاس كان47.8 -59.8 والحديد 59.9-72.8 و106.1-132.1ملغم كغم$^{-1}$ للزنك في العينات السطحية للترب المتأثرة بمخلفات المحطة. تراوح عامل الاغناء للرصاص بين0.88-1.65 وللنحاس بين0.88-1.20، وللزنك والنيكل والموليبديوم بين0.84-1.01 0.70 1.21-0.82و1.11-علىى التتابع في العينات السطحية للترب المتأثرة بمخلفات المحطة عند مقارنتها مع تربة المقارنةSco_1. وعند اعتماد تربة المقارنةSco_2، تراوح عامل الاغناء للرصاص بين0.94-1.76 وللنحاس والزنك والنيكل والموليبديوم بين1.49-2.03، 0.98-1.18، 0.91-1.32 و1.07-1.44 على التتابع. كان عامل التلوث للمعادن الثقيلة في ترب العينات السطحية المتأثرة بمخلفات المحطة بالمقارنة مع عينة التربة السطحيةSco_1، للرصاص 0.94-1.60 وللنحاس0.92-1.17 وللزنك والنيكل والموليبديوم بين0.90-1.12، 0.89-1.18 و0.88-1.08على التتابع. وعند مقارنتها مع عينة التربة السطحيةSco_2، كان للرصاص0.97-1.65 وللنحاس 1.53-1.91، وللزنك والنيكل والموليبديوم بين 1.01-1.26، 0.94-1.24 و1.10-1.36على التتابع. تراوح مؤشر حمل التلوث للمعادن الثقيلة بين 0.90-1.19 عند ترب العينات السطحية المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع تربة العينة Sco_1، وعند مقارنتها مع تربة العينةSco_2 تراوح بين1.09-1.43. تراوح مؤشر التراكم الأرضي للرصاص بين0.19-0.32 وللنحاس 0.19-0.24 وللزنك والنيكل والموليبديوم بين0.27-0.34، 0.18-0.24 و0.18-0.22على التتابع. وعلية تجاوزت المعادن الثقيلة الحدود المسموح بها، وبفارق قليل بين الترب المتأثرة بمخلفات المحطة وتربة المقارنة.

*البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الثاني

EVALUATION OF SOIL POLLUTION STANDARDS IN HEAVY METALS ON THE IMPACT OF THE WASTE PLANT IN MUSAYYIB.

Abbas S. S. Al-Wotaify * **Marwa Ahmed Saeed****

The current study included the evaluation of pollution standards of heavy metals in the soil of the electricity station Musayyab thermal, which belongs to the province of Babylon .The soil content of the lead, copper, lron and zinc in the soil samples of the soil affected by the plant wastes ranged from 13.6 to 23.1 g , 47.8-5.9.8 g and iron 59.9-72.8 and -110.6.1-132.1 mg -1 kg respectively. The lead propagation Enrichment factor between 0.88-1.65 and the copper between 0.88-1.20 while Zn, Ni and Mo between 0.84-1.01, 0.70-1.21 and 0.82-1.11 respectively in the surface samples of the soil affected by the plant waste when compared with the Sco1 soil. At the time of the adoption of the Sco2 soil, the pb excretion factor Enrichment between 0.94-1.76 and cu, Zn, Ni and Mo between-1.49-2.03, 0.98-1.18, 0.91-1.32and1.07-1.44 respectively. The heavy metals factor Contamination in the soil samples of the surface samples affected by the waste of the plant compared to the surface sample of Sco1: Pb, 0.94-1.60; Cu, 0.92-1.17, zinc, nickel and Mo between 0.90-1.12, 0.89-1.18 and 0.88-1.08 respectively. When compared with the surface sample of Sco2, pb was 0.97-1.65

and cu 1.53-1.91, Zn, Ni and Mo between 1.01-1.26, 0.94-1.24 and 1.10-1.36 respectively. The heavy metal Pollution index ramged from 0.90 to 1.19 in the surface samples affected by the waste of the plant were compared with the soil of the sample Sco1,and ramged between 1.43-1.09. When compared with,Sco2. The Geoaccumulation index of pb ranged between 0.19-0.32 and cu 0.19-0.24 and Zn, nickel and Mo between 0.27-0.34,0.18-0.24and0.18-0.22respectively. Heavy metals have exceeded the permissible limits, and a small difference between the soils affected by the station and the soil comparison.

المقدمة:

تتعرض التربة للتلوث بالمعادن الثقيلة التي تختلط بمكوناتها، لذا فالمحافظة على التربة من التلوث والتدهور ضرورة حتمية من ضروريات العصر، لكونها تعد المهد الأساسي للعيش والاتزان البيئي، والفهم الجيد لآليات انتقال هذه المعادن وتوزيعها في النظام البيئي يؤدي الى معرفة الطرق الصحيحة لتفادي مخاطرها[1] ويقصد بتلوث التربة التدمير الذي يصيب طبقتها والتغيير في الصفات الطبيعية لعناصر البيئة الرئيسة فيها على أثر تسرب مركبات كيميائية معقده يصعب تحليلها في التربة من خلال حركة المياه أو تسرب مواد مشعة اصطناعية تقوم برفع المستوى الإشعاعي المتواجدة في التربة[2]. ويكون التلوث البيئي بعدة درجات منها ما هو مقبول بدرجة محدودة من درجات التلوث لا يصاحبها على الأغلب أي أخطار واضحة تمس مظاهر الحياة وغيرها على سطح الأرض، ومن ثم فهي درجه لا تتعدى كونها ظاهره بيئية وليست مشكلة بيئية، وقد كانت هذه الدرجة من التلوث قائمة في معظم بيئات العالم قبل التطور الصناعي الهائل [3] في حين التلوث الخطر يعد من الدرجات التي تتجاوز حدود الأمن والسلامة الصحية ليصبح مشكلة وليست ظاهرة، إذ برز مع الانقلاب الصناعي وما صاحبه من أطلاق كميات هائلة من نفايات وفضلات متنوعة الخصائص والمصادر، وبما يفوق قدرتها على التقنية الذاتية أو التنظيف الطبيعي، مما يؤدي الى الإخلال بالحركة التوافقية داخل النظام ويرافق ذلك أخطار عديدة في معظم مكونات البيئة الحية وغير الحية، بينما التلوث القاتل والمدمر يعد من أخطر درجات التلوث لكونه يتعدى حدود الخطر المهلك للكائنات الحية باختلاف أنواعها). تعد المعادن الثقيلة من اكبر الملوثات البيئية بسبب استمرار انبعاثها من مصادرها المتنوعة سواء أكانت طبيعية أم اصطناعية، فيزداد تركيزها في الغلاف الجوي والتربة. وبالنتيجة مردود السلبية تحدث الضرر والسمية في الكائنات الحية. وتضم المعادن الثقيلة مجموعة كبيرة، منها ما هو ضروري للفعاليات الحيوية عند الحدود المسموح بها كالحديد والنحاس، ومنها ما هو يتصف بالسمية العالية كالزئبق والرصاص الكادميوم والنيكل[4]. ولأجل التنبؤ عن توفرها في التربة اقترحت معايير لتقدير حجم التلوث الحاصل فيها، منها عامل الاغناء(Enrichment factor) الذي يعد مؤشر لتقييم مستوى تلوث التربة بالمعادن الثقيلة على أثر النشاط البشري على وفق درجات محددة من التلوث[5]وعامل التلوث(Contamination factor) يعبر عن مقدار تلوث التربة بأي معدن من المعادن الثقيلة بمستويات مذكورة في[6] في حين مؤشر حمل التلوث(Pollution load index) يمثل عدد المرات التي خرجت بها المعادن الثقيلة قيد الدراسة عن الحدود المسموح فيها، وبذلك يعطي إشارة عن التلوث الكلي بعدة عناصر لمنطقة واحدة فيما إذا كانت ملوثة وغير ملوثة بمجموعة

تلك المعادن الثقيلة. وكذلك أدخل مؤشر التراكم الأرضي (Geoaccumulation index) [7]في حساب كمية التلوث في التربة بالعناصر الثقيلة بمعامل تصحيح يرجع سبب وجوده الى فعل العامل البشري الذي يمكن أن يؤثر في قيم المؤشر المذكور. وفي ضوء ذلك توجهت الدراسة الحالية لتحقيق الأهداف كل من.

دراسة تأثير مخلفات محطة كهرباء المسيب الحرارية في تلوث التربة بالمعادن الثقيلة .

تقييم معايير تلوث التربة بالمعادن الثقيلة على أثر تلك المخلفات.

المواد وطرائق العمل:

اختيرت تسع عينات سطحية بعمق1-50سم لترب كانت متأثرة بانبعاث الغازات والأبخرة المنطلقة من محطة كهرباء المسيب الحرارية في محافظة بابل، وهي موزعة بمكررين لتربة تبدأ من المنطقة الأولى التي كانت قريبة من المحطة تمثلت بالعيناتSs_{11} وSs_{12} ، ومكررين لتربة تتوسط المنطقة قيد الدراسة رمزت بالعينات Ss_{21} وSs_{22}. وفي نهاية المنطقة أخذت مكررين من تربتها تمثلت بالعيناتSs_{31} وSs_{32}. في حين اختيرت عينات تربة من منطقة الإسكندرية التابعة لمحافظة بابل باعتبارها خارجة عن تأثير مخلفات محطة كهرباء المسيب الحرارية تمثلت للمنطقة بالعينات Sc_{01} وSc_{02}.بعد أن عبئت العينات بأكياس من البولي أثلين نقلت العينات إلى مختبر الدراسات العليا في كلية الزراعة - جامعة القاسم الخضراء لإجراء كافة المتطلبات من مراحل التجفيف والطحن والخزن لتكون مهيأة للفحوص التقييمية.

الخصائص الكيميائية:

المحتوى الكلي للمعادن الثقيلة في التربة :

تم تقدير المعادن الثقيلة الرصاص والنحاس والنيكل والزنك والمولبيديوم في التربة بجهاز مبدد طاقة(فلورة) الأشعة السينية(XRF) في كلية علوم الأرض- جامعة بغداد.

معايير التلوث في التربة :

استعملت معايير لتقييم حالة تلوث التربة بالمعادن الثقيلة على وفق المعادلات الآتية:

$$EF_{soil} = [C_m/C_{ref}]_{contam.soil} / [C_m/C_{ref\cdot}]_{cont.soil} \ldots(2)$$ [8].

إذ إن : EF_{soil} =عامل الاغناء، C_m= تركيز المعدن في عينات التربة الملوثة وغير الملوثة.

= وفرة المعدن في القشرة الأرضية كمرجع لعينات التربة الملوثة وغير الملوثة.C_{ref}

جدول1مديات عامل الاغناء وتقييم درجة تأثيره في المصادر البشرية.

مديات عامل الاغناء	أصناف التقييم
أقل من 2	نقص الحد الأدنى من وجود المعدن
5-2	معتدل(متوسط)
20-5	كبير(معنوي)
40-20	مرتفع (عالي جدا)
أكبر من 40	مرتفع (بدرجة فوق العالية)

($CF=C_m$Sample/ C_mBackground).....3.[9])

إذ إن: CF = عامل التلوث، Cm Sample= تركيز المعدن في عينة التربة الملوث.
= تركيز المعدن في عينة تربة المقارنة. C_mBackground

جدول2 مديات عامل التلوث البيئي وتقييم الإسهامات النسبية للطبيعة والبشرية.

مديات عامل التلوث	أصناف التقييم
أقل من1	منخفض
3-1	معتدل(متوسط)
6-3	عالي
أكبر من 6	عالي جدا

$PLI=(CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times$ ..... $CF_N)^{1/N}$ .....(4) [10]

إذ إن: PLI= مؤشر حمل التلوث.
$CF_1, CF_2 CF_3, CF_N$ = مجموع عامل التلوث لمعادن الثقيلة في التربة قيد الدراسة.

جدول3 حالة تخمين أو تقدير مؤشر حمل التلوث بالمعادن الثقيلة [11].

حمل التلوث(PLI)	حالة التخمين أو التقدير بالتلوث
يساوي1	خط الأساس لمستويات التلوث
أكبر من واحد	التدهور في تلوث الموقع أو المكان
أكبر أو يساوي واحد	التدخل الفوري لتخفيف التلوث
أكبر من 0.5 وأقل من واحد	دراسة أكثر تفصيلا لمراقبة الموقع
أقل من 0.5	عدم الحاجة لاتخاذ التدابير الواجب اتخاذها

$I_{geo}=\log_2[C_m$sample/(1.5 C_mBackground)].....(7]5) .

إذ إن: I_{geo}= مؤشر التراكم الأرضي،(1.5)= ثابت تصحيحي لنشاط العامل البشري.

جدول4 مديات مؤشر التراكم الأرضي وشدة التلوث بالمعادن الثقيلة، وتقديرات حالاته [12] .

مديات مؤشر التراكم الأرضي وشدة التلوث بالمعادن الثقيلة			تقديرات حالة التلوث بالمعادن الثقيلة	
المديات	الصنف	شدة التلوث	القيمة	تخمين الحالة
أقل من صفر	صفر	غير ملوثة	أقل من 0.5	عدم الحاجة لأخذ التدابير اللازمة
1-0	1	غير ملوثة- معتدلة	أكبر من0.5 وأقل من 1	الاهتمام بمراقبة الموقع
2-1	2	معتدلة(متوسطة)	1	الخط الأساس فقط لمستويات التلوث
3-2	3	معتدلة – ثقيلة	أكبر من 1	التدهور في نوعية الموقع أو المكان
4-3	4	ثقيلة	يساوي 1	التدخل الفوري لتخفيف التلوث
5-4	5	ثقيلة- شديدة		
أكبر من 5	6	شديدة		

النتائج والمناقشة :

المحتوى الكلي من المعادن الثقيلة في التربة:

أشارت نتائج الجدول5 الى المحتوى الكلي من المعادن الثقيلة عند ترب العينات السطحية المتأثرة بمخلفات المحطة الذي تراوح للرصاص بين 13.6-23.1 ملغم كغم$^{-1}$ والنحاس كان بين47.8-59.8 والحديد بين 59.9-72.8 وبين105.1-132.1ملغم كغم$^{-1}$ للزنك. وكذلك تراوح بين 258.5-343.0 و5.9 -8.0ملغم كغم$^{-1}$ للنيكل والمولبيديوم على التتابع. وبذلك أخذت المعادن الثقيلة في ترب الدراسة من حيث السيادة الترتيب الآتي: النيكل> الزنك> الحديد> النحاس> المولبيديوم. وفي ضوء ذلك بينت النتائج ارتفاع واضح في كمية النيكل يليه الزنك، ويأتي بعدهما النحاس والرصاص، ويكون المولبيديوم في المرتبة الأخيرة. وهي تجاوزت الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية، لاسيما في الترب المتأثرة بمخلفات محطة كهرباء المسيب الحرارية، وان أسباب ارتفاع النيكل في ترب مناطق الدراسة عن غيره من المعادن الثقيلة لكونه يتركز في الطبقة السطحية من التربة بسبب قابلية إمتزازه من قبل الطين والمادة العضوية [13] .

جدول5 المحتوى الكلي للمعادن الثقيلة في تربة الدراسة.

العينات	العمق (سم)	المحتوى الكلي من المعادن الثقيلة(ملغم كغم$^{-1}$)					
		الرصاص	النحاس	الزنك	النيكل	الحديد	المولبيديوم
Ss_{11}	50-0	14.4	56.2	127.2	279.3	65.2	7.6
Ss_{12}	50-0	23.1	54.8	132.1	316.0	72.8	7.6
Ss_{21}	50-0	23.1	59.8	116.5	343	59.9	8.0
Ss_{22}	50-0	14.0	56.0	117.7	260.4	63.0	7.4
Ss_{31}	50-0	13.6	47.8	106.1	258.5	65.8	6.5
Ss_{32}	50-0	20.0	52.2	112.1	320.0	69.5	7.7
Sc_{01}	50-0	14.4	50.9	118.4	290.0	61.4	7.4
Sc_{02}	50-0	14.0	31.2	105.1	276.0	63.8	5.9

معايير تلوث التربة بالمعادن الثقيلة:

الجدول6 يبين عامل الاغناء للمعادن الثقيلة في ترب العينات السطحية، إذ تراوح للرصاص بين0.88-1.65 وللنحاس بين0.88-1.20، وللزنك والنيكل والمولبيديوم بين0.84-1.01، 0.70-1.21 و0.82-1.11على التتابع في العينات السطحية للترب المتأثرة بمخلفات المحطة عند مقارنتها مع تربة المقارنةSco_1 كمرجع معايري في تلوث المعادن الثقيلة لعامل الاغناء. وعند اعتماد تربة المقارنة Sco_2 معيار لتلوث العينات السطحية عند الترب المتأثرة بمخلفات المحطة تراوح عامل الاغناء للرصاص بين0.94-1.76 وللنحاس والزنك والنيكل والمولبيديوم بين1.49-2.03، 0.98-1.18، 0.91-1.32 و1.07-1.44 على التتابع. تشير النتائج الى أن عامل الاغناء لترب الدراسة كان ضمن مدى نقص الحد الأدنى من وجود المعدن المحدد بأقل من2 عند الجدول1 المذكور فيه مديات عامل الاغناء، وهذا لا يعني إن تأثير العامل البشري في تلوث ترب الدراسة بالمعادن الثقيلة محدود عندما يكون أقل من 1.5[14]. وإنما لكون محتوى الترب المتأثرة بمخلفات المحطة من المعادن الثقيلة ليست بالفارق الكبير عن ترب المقارنة التي كانت تتضمن محتوى لا بأس به من هذه المعادن الثقيلة، فضلا عن كمية الحديد عند كلا الترب التي أخذت كمعيار في التلوث بالمعادن الثقيلة لعامل الاغناء. وهذا ما بينته نتائج عامل الاغناء في ترب المقارنة التي كانت مقاربة لقيم عامل الاغناء في الترب المتأثرة بالمخلفات، إذ كان للرصاص1.07 وللنحاس والزنك والنيكل والمولبيديوم1.30،1.09،1.17،1.70على التتابع.

جدول6 عامل الاغناء للمعادن الثقيلة في ترب الدراسة.

عامل الأغناء للمعادن الثقيلة (EF)						
عينات التربة المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع عينات تربة المقارنة(Sco_1) كمرجع						
العينات السطحية	**العمق(سم)**	**الرصاص**	**النحاس**	**الزنك**	**النيكل**	**المولبيديوم**
Ss_{11}	**50-0**	0.94	1.04	1.01	0.91	0.97
Ss_{12}	**50-0**	1.36	0.91	0.94	0.92	0.87
Ss_{21}	**50-0**	1.65	1.20	1.00	1.21	1.11
Ss_{22}	**50-0**	0.95	1.07	0.97	0.88	0.98
Ss_{31}	**50-0**	0.88	0.88	0.84	0.83	0.82
Ss_{32}	**50-0**	1.23	0.91	0.84	0.70	0.92
عينات التربة المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع عينات تربة المقارنة(Sco_2) كمرجع						
Ss_{11}	**50-0**	1.00	1.76	1.18	0.99	1.26
Ss_{12}	**50-0**	1.45	1.54	1.10	1.00	1.13
Ss_{21}	**50-0**	1.76	2.03	1.18	1.32	1.44
Ss_{22}	**50-0**	1.01	1.82	1.13	0.95	1.27
Ss_{31}	**50-0**	0.94	1.49	0.98	0.91	1.07
Ss_{32}	**50-0**	1.31	1.54	0.98	1.06	1.20
عينات تربة المقارنة(Sco_1) مع عينات تربة المقارنة (Sco_2) كمرجع						
Sco_1	**50-0**	1.07	1.70	1.17	1.09	1.30

يبين جدول7 عامل التلوث للمعادن الثقيلة في ترب العينات السطحية المتأثرة بمخلفات المحطة عند مقارنتها مع عينة التربة السطحيةSco_1، إذ تراوح للرصاص بين 0.94-1.60 وللنحاس بين 0.92-1.17، وللزنك والنيكل والموليبديوم بين0.90-1.12، 0.89-1.18 و0.88-1.08على التتابع. وعند مقارنتها مع عينة التربة السطحيةSco_2 تراوح فيها عامل الاغناء للرصاص بين 0.97-1.65 وللنحاس 1.53-1.91، وللزنك والنيكل والموليبديوم بين 1.01-1.26، 0.94-1.24 و1.10-1.36على التتابع. يبدو من خلال ملاحظة النتائج إن عامل التلوث للمعادن الثقيلة في الترب المتأثرة بالمخلفات والمقارنة مع العينةSco_1 كان أقل من قيمه في الترب المتأثرة بالمخلفات عند مقارنتها مع العينةSco_2، وهذه النتائج جاءت متفقة مع نتائج عامل الاغناء في الجدول6، وعلى نفس المنوال، ربما تعزى الأسباب الى إن محتوى تربة المقارنةSco_1 من المعادن القليلة أقل مما هو عليه في تربة المقارنةSco_2 التي تكون فيهما كل من معادنها الثقيلة مرجع معياري لعامل التلوث في عينات الترب المتأثرة بالمخلفات على وفق المعادلة3 المذكورة في المواد وطرائق العمل.

جدول7 عامل التلوث للعينات السطحية لترب الدراسة.

عامل التلوث للمعادن الثقيلة (CF)						
عينات التربة المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع عينات التربة (Sco_1) كمرجع						
العينات	**العمق (سم)**	**الرصاص**	**النحاس**	**الزنك**	**النيكل**	**المولبيديوم**
Ss_{11}	50-0	1.00	1.10	1.07	0.96	1.03
Ss_{12}	50-0	1.60	1.08	1.12	1.09	1.03
Ss_{21}	50-0	1.60	1.17	0.98	1.18	1.08
Ss_{22}	50-0	0.97	1.10	0.99	1.00	1.00
Ss_{31}	50-0	0.94	0.92	0.90	0.89	0.88
Ss_{32}	50-0	1.39	1.03	0.95	1.10	1.04
عينات التربة المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع عينات التربة Sco_2						
Ss_{11}	50-0	1.03	1.80	1.21	1.01	1.29
Ss_{12}	50-0	1.65	1.76	1.26	1.14	1.29
Ss_{21}	50-0	1.65	1.91	1.11	1.24	1.36
Ss_{22}	50-0	1	1.79	1.11	0.94	1.25
Ss_{31}	50-0	0.97	1.53	1.01	0.94	1.10
Ss_{32}	50-0	1.43	1.67	1.07	1.16	1.30
تربة المقارنة Sco_1 مع تربة المقارنة Sco_2 كمرجع						
	50-0	1.03	1.63	1.13	1.05	1.25

يبين جدول8 مؤشر حمل التلوث للمعادن الثقيلة في ترب العينات السطحية المتأثرة بالمخلفات عند مقارنتها مع تربة العينة Sco_1، إذ تراوح بين 0.90-1.19، وعند مقارنتها مع تربة العينةSco_2 تراوح بين 1.09-1.43. وفي تربة المقارنة Sco_1 عند مقارنتها مع عينة التربة Sco_2 بلغ مؤشر حمل التلوث1.20، وعند إعطاء التخمين أو التقدير لحالة التلوث بالمعادن الثقيلة على وفق المستويات المذكورة من قبل [12] و[11]

فأن مؤشر حمل التلوث كان أكبر من واحد في عينات ترب الدراسة المتأثرة وغير المتأثرة. مما يشير الى تدهور الموقع في التلوث بالمعادن الثقيلة، وعلى الرغم من ذلك فأن هذه التقديرات لن تعكس تلوث الترب المتأثرة بمخلفات المحطة، وعدم وصول مؤشر حمل التلوث الى التقديرات الأعلى، نتيجة لقيم عامل التلوث التي كانت في الترب المتأثرة بمخلفات المحطة مقاربة الى قيمه في ترب المقارنة.

جدول8 مؤشر حمل التلوث للمعادن الثقيلة في ترب الدراسة.

عينات التربة المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع عينة التربة Sco_1 كمرجع	
العينات السطحية	**مؤشر حمل التلوث (PLI)**
SS_{11}	1.03
SS_{12}	1.17
SS_{21}	1.19
SS_{22}	1.01
SS_{31}	0.90
SS_{32}	1.09
عينات التربة المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع عينة التربة Sco_2 كمرجع	
SS_{11}	1.24
SS_{12}	1.40
SS_{21}	1.43
SS_{22}	1.19
SS_{31}	1.09
SS_{32}	1.31
عينة التربة Sco_1 مع عينة التربةSco_2 كمرجعٍ	
Sco_1	1.20

جدول9 يبين قيم مؤشر التراكم الأرضي للعينات السطحية عند الترب المتأثرة بمخلفات المحطة بالمقارنة مع عينة التربةSco_1، إذ تراوحت للرصاص بين0.19-0.32 وللنحاس 0.19-0.24 وللزنك والنيكل والمولبيديوم بين0.27-0.34، 0.18-0.24 و0.18-0.22على التتابع. وهي مقاربة لقيم مؤشر التراكم الأرضي عند مقارنتها مع عينة التربةSco_2 التي تراوحت للرصاص بين0.19-0.33 وبين0.31-0.38، 0.20-0.25، 0.19-0.25 و0.22-0.27 للنحاس والزنك والنيكل والمولبيديوم على التتابع. وجاءت عينات المقارنة بقيم لمؤشر التراكم الأرضي تقع ضمن مديات قيم المعادن الثقيلة في ترب عينات، وبشكل عام كانت النتائج أكبر من الصفر وأقل من الواحد ضمن المديات المذكورة في الجدول4. وعليه تكون قيم مؤشر التراكم الأرضي بمستويات ضمن المدى غير الملوثة الى المعتدلة في ترب الدراسة جميعها. وهذا لا يعني عدم وجود تدخل للنشاط البشري في الإسهام بالتلوث، لكون النتائج كانت أقل من عامل التصحيح 1.5 المستعمل في معادلة مؤشر التراكم الأرضي، فعندما يكون أقل من هذه القيمة يشير الى إن مصدر المعادن الثقيلة مادة الأصل، وان كان أعلى فالنشاط البشري له دور في تلوث البيئة[7]. لكن أسباب الانخفاض في نتائج الدراسة الحالية عن القيمة المذكورة(1.5) ترجع الى تراكم

المعـادن الثقيلـة عنـد تـرب عينـات المقارنـة المـأخوذة كمرجع قياسي لتلوث الترب المتأثرة بمخلفات المحطة.

جدول9 مؤشر التراكم الأرضي للعينات السطحية الملوثة لترب الدراسة.

مؤشر التراكم الأرضي للمعادن الثقيلة (Igeo)						
عينات التربة المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع عينة التربة Sco_1 كمرجع						
العينات السطحية	العمق (سم)	الرصاص	النحاس	الزنك	النيكل	المولبيديوم
Ss_{11}	50-0	0.20	0.22	0.33	0.19	0.21
Ss_{12}	50-0	0.32	0.22	0.34	0.22	0.21
Ss_{21}	50-0	0.32	0.24	0.30	0.24	0.22
Ss_{22}	50-0	0.20	0.22	0.30	0.18	0.20
Ss_{31}	50-0	0.19	0.19	0.27	0.18	0.18
Ss_{32}	50-0	0.28	0.21	0.29	0.22	0.21
عينات التربة المتأثرة بمخلفات المحطة مقارنة مع عينة التربة Sco_2 كمرجع						
Ss_{11}	**50-0**	0.21	0.36	0.24	0.20	0.26
Ss_{12}	**50-0**	0.33	0.35	0.25	0.23	0.26
Ss_{21}	**50-0**	0.33	0.38	0.22	0.25	0.27
Ss_{22}	**50-0**	0.20	0.36	0.22	0.19	0.25
Ss_{31}	**50-0**	0.19	0.31	0.20	0.19	0.22
Ss_{32}	**50-0**	0.29	0.34	0.21	0.23	0.26
عينة تربة المقارنة Sco_1 مع عينة تربة المقارنة Sco_2 كمرجع						
Sco_1	**50-0**	0.21	0.33	0.23	0.21	0.25

وعليـة فقـد اسـتنتجت الدراسـة الحاليـة ان محتـوى تـرب الدراسة من المعادن الثقيلة تجاوز الحدود المسموح بهـا، وبفارق قليل بين الترب المتأثرة بمخلفات المحطـة وتربـة المقارنـة. ومعـايير التلـوث للمعـادن الثقيلـة كـان ضـمن نقـص الحـد مـن وجـود المعـدن لعامـل الاغنـاء، ولعامـل التلوث بين المنخفض الـى المتوسط، وتقييم حالـة مؤشـر حمل التلوث كانت بين التدهور الى مراقبة الموقع يتطلب دراسة أكثر تفصيلا، ومستوى مؤشر التراكم الأرضـي كـان ضـمن المـدى غيـر الملـوث الـى المعتـدل. وكانـت مستويات معـايير التلـوث بالمعـادن الثقيلـة لا تعنـي عـدم وجـود تلـوث، بـل ارتفـاع محتـوى تـرب المقارنـة مـن المعادن الثقيلة التي أخذت كمرج معياري كان مقاربا الى محتواها فـي التـرب المتـأثرة بمخلفـات المحطـة، أدى الـى انخفاض قيم معايير التلوث لتكون ضمن هذه المستويات.

المصادر:

1. **عبـد المـنعم، عصـام محمـد والتركـي، أحمـد بـن إبـــراهيم 2012**.العناصـــر الثقيلـــة مصـــادرها وأضرارها على البيئة ،جامعة القصيم، السعودية .
2. **السعدي، حسين علي2009 .** البيئة المائية، الطبعة العربية، عمان، الأردن.
3. **العكيدي، حسن خالد2002.** تكنولوجيا معالجة المياه وتحليلها، المكتبة الوطنية،عمان-الأردن.
4. **Kruus, P., Demmer, M. and Mc Caw, 1991.**Chemicalin the environment, Chapter 5,Poly Science Publication. pp.123-140.

5. **Sutherland, R.A. 2000.** Bed sediment-associated trace metals in an urban steam, Oahu, Hawaii Environ. Geol. 39:611-627.

6. **Abrahim, G.M.S and P.J. Parker, 2008.**Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediment from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environ. Monit. Assess., 136:227-238.

7. **Muller, G. 1969 .** Index of geo accumulation in sediments of the Rhine River. Geol. J. 2: 109-118.

8. **Smuc N.R., Vrhovnik P., Dolenec T., Serafimovski T., Tasev G., Dolenec M. 2009.**Assessment of the heavy metal contamination in the surficial sediments of Lake Kalimanci (Macedonia): a preliminary study. RMZ-Materials and Geoenvironment, 56:437-447.

9. **Hakanson, L. 1980.** Ecological risks index for aquatic pollution control sediment logical approaches. Water Res. 14: 975–1001.

10. **Tomlinson, D. L.; Wilson, J. G.; Harris, C. R. and Jeffney, D. W. 1980 .** Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of pollution index. Helgol. Wiss. Meeresunters. 33: 566-572.

11. **Kohinoor Begum, K. M. ; Mohiuddin, H. M. ; Zakir, M.; Moshfiqur R. and M. Nazmul H. 2014 .** Heavy Metal Pollution and Major Nutrient Elements Assessment in the Soils of Bogra City in Bangladesh . Canadian Chemical Transactions , V. 2 , Issue 3. 316-326.

12. **Alfred Sello Likuku , Khumoetsile B. Mmolawa, Gilbert Kabelo Gaboutloeloe, 2013 .** Assessment of Heavy Metal Enrichment and Degree of Contamination Around the Copper-Nickel Mine in the Selebi Phikwe Region, Eastern Botswana Environment and Ecology.3 Research 1(2): 32-40, 2013 DOI: 10.13189/eer.2013.010202.

13. **Banin A. J., Novort Y. N. and Yoles D., J. Environ1981.** Qual., 10: 536-**13**540l.

14. **Birch,G.F.,Olmos,M.A. 2008.**Sediment-bound heavy metals as indicators of human influence and biological in coastal water bodies .lCES Journal of Marine Science,65:1407-1413.