Iraqi National Journal of Earth Science
www.earth.mosuljournals.com

تقييم التلوث ببعض العناصر الثقيلة في ترب المنطقة الصناعية لإيسر مدينة الموصل

عبدالستار جبير زبن الحياني [1]، عبدالله عبدالستار ذنون [2*]

[2،1] قسم تقانات البيئة، كلية علوم البيئة وتقاناتها، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 15- نوفمبر -2023

تاريخ المراجعة: 24- مارس -2024

تاريخ القبول: 18- يوليو -2024

تاريخ النشر الالكتروني: 01- يوليو -2025

الكلمات المفتاحية:

Igeo

CPI

العناصر الثقيلة

تلوث التربة

المراسلة:

الاسم: عبدالله عبدالستار ذنون

Email: abdullah84@uomosul.edu.iq

الملخص

ركزت الدراسة الحالية على تقييم مؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة (Co, Cr, Sb, Pb, Ni, Cd) للطبقة السطحية للترب الكلسية للمنطقة الصناعية الواقعة في الجانب الايسر جنوب شرق الموصل، اذ تم جمع عينات ترب بعمق (0-30 سم) من تسعة مواقع مختلفة غطت منطقة الدراسة وقدر فيها المحتوى الكلي للعناصر الثقيلة لحساب معامل التلوث (CF) ومعامل الاغناء (EF) ودليل التراكم الارضي (Igeo) ودليل مجموع التلوث (CPI)، وقد اشارت النتائج الى ان المحتوى الكلي للعناصر الثقيلة كانت كالاتي Ni (188.63-226.21)، Cd (0.1-0.17)، Pb (0.74-3.89)، Cr (60.8-95.06)، Co (10.99-12.68)، Sb (1.14-10.66) ملغم.كغم$^{-1}$، حيث بينت الدراسة ان عامل التلوث (CF) للعناصر المدروسة (Pb, Cd, Ni , Cr , Co, Sb) تراوحت قيمة المعدل العام(0.11, 1.13, 10.35, 0.77, 1.20, 25.82) وعلى التوالي، بينما كانت معدل قيم معامل الاغناء (0.17, 1.70, 15.46, 1.15, 1.79, 39.17) وعلى التوالي بينما كانت معدلات قيم Igeo غير ملوثة بـ (Co ,Cr , Cd ,Pb) وملوثة بشدة الى شديدة جدا بالتلوث (Ni, Sb) ولجميع مواقع الدراسة. علاوة على ذلك، تم تحديد قيم دليل مجموع التلوث (CPI) لجميع العناصر الثقيلة المدروسة في جميع المواقع على انها عالي التلوث.

DOI: 10.33899/earth.2024.144686.1175, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .

Assessment of Pollution With Heavy Metals in Soil the Industrial Area of Left Mosul City

Abdul-Sattar J. Z. Al-Hayani [1], Abdullah Abdulsttar Thanoon[2*]

[1,2] Department of Environmental Technologies, College of Environmental Science and Technologies, University of Mosul, Mosul, Iraq

Article information

Received: 15- Nov -2023

Revised: 24- Mar -2024

Accepted: 18- Jul -2024

Available online: 01- Jul – 2025

Keywords:
Igeo
CPI
Soil Pollution
Heavy Metals

Correspondence:
Name: Abdullah Abdulsattar Thanoon

Email
abdullah84@uomosul.edu.iq

ABSTRACT

The current study evaluated indicators of heavy metal pollution (Pb, Cd, Ni, Cr , Co, and Sb) of the surface layer of calcareous soils in the industrial areas on the left side, southeast of Mosul. Soil samples were collected at a depth of (0- 30 cm) from nine different sites that covered the study area, and the total content of heavy metals was estimated to calculate the contamination factor (CF), Enrichment Factor (EF), Geoaccumulation Index (Igeo), and Combined Pollution Index (CPI). The results indicated that the total content of heavy metals was as follows: Pb (0.74-3.89), Cd (0.1-0.17), Ni (188.63-226.21), Cr (60.8-95.06), Co (10.99-12.68), Sb (1.14-10.66) mg.kg-1, as the study showed that the average values of CF for the studied elements (Pb, Cd, Ni, Cr , Co, and Sb) were as follows (0.11, 1.13, 10.35, 0.77, 1.20 and 25.82), respectively, while the average Enrichment Factor (EF) values were (0.17, 1.70, 15.46, 1.15 , 1.79 and 39.17) respectively, while the Igeo evaluation rates were uncontaminated with (Pb, Cd, Cr, Co) and Heavily to very heavily polluted by (Ni, Sb) in all study sites. Moreover, CPI values were determined for all heavy metals studied in all sites as high polluted.

DOI: 10.33899/earth.2024.144686.1175, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .

المقدمة

ان الزيادة المتفاقمة في عدد السكان وكثرة الطلب على السلع والمواد المصنعة وكذلك زيادة الطلب العالمي على الغذاء والتسريع في الانتاج الغذائي ادى الى حدوث خلل في التوازن الطبيعي للعناصر الثقيلة (Yadav et al., 2019). تعد الدراسات المستمرة لمناطق مختلفة من مدينة الموصل ذات فائدة كبيرة ومهمة للوقوف على حجم وكمية الملوثات التي تطرح وتترسب في التربة من مختلف المصادر ومنها الصناعية، الزراعية، البشرية وذلك لان جميع الملوثات تخزن وتستقر فيها سواء كانت منقولة بالمياه او مترسبة من طبقات الغلاف الجوي.

قسم العالمان (Nezatet et al., 2017) و (Wang et al., 2017) مصادر تلوث الترب بالعناصر الثقيلة الى قسمين رئيسيين أولهما التلوث من المصادر الطبيعية التي تكونت منها التربة مثل الصخور البركانية والصخور الرسوبية الفتاتية. اما المصدر الثاني المتمثل بالنشاطات والفعاليات البشرية كحرق الوقود الاحفوري المتمثل بأنواع الفحم، البترول، الغاز السائل والممارسات الزراعية المختلفة.

وتشمل ملوثات التربة بالعناصر الثقيلة المعدنية الأكثر تواجداً الفضة، الزئبق، الكروم، الكادميوم، الرصاص، النحاس، النيكل، وكذلك التلوث بالمواد العضوية وتشمل الهيدروكاربونات متمثلة النفثالين، البايرين، الفلورين وبمبيدات الافات وغيرها (Selim, 2013).

ومن الناحية البيئية تمتاز الترب العراقية بأنها ذات بيئة كلسية عالية مع درجة تفاعل مرتفع نسبيا مما يكسبها صفة مدفن امن للعناصر الثقيلة غير العضوية لوجود ظاهرتي الامتزاز العالي على أسطح الكربونات من جهة وترسيبها على شكل معادن كربونية ذات حاصل اذابة منخفض جدا (Al-Hassoon et al., 2019).

وبما ان التربة تمثل العامل الرئيسي للزراعة وتكون مصدر لانتقال العناصر الثقيلة الى الكائنات الحية عبر السلسلة الغذائية (Wang et al., 2020)، كذلك تنتقل الى الانسان وتترسب في الدم (Znad and Al-Sinjary, 2020; Fadhel et al., 2018) ، ولكون ان العناصر الثقيلة لاقت اهتمامً كبيراً وواسعً من قبل العديد من الباحثين بسبب خواصها الجيوكيميائية وسميتها القاتلة وعدم تحللها عبر الازمان (Lui et al., 2020)، لذا فان الدراسة الحالية تهدف الى تحديد مصدر تلوث الترب السطحية ببعض العناصر الثقيلة في المنطقة الصناعية للجانب الايسر لمدينة الموصل من خلال حساب مؤشرات التلوث (عامل التلوث، معامل الاغناء، ودليل التراكم الارضي، ودليل مجموع التلوث).

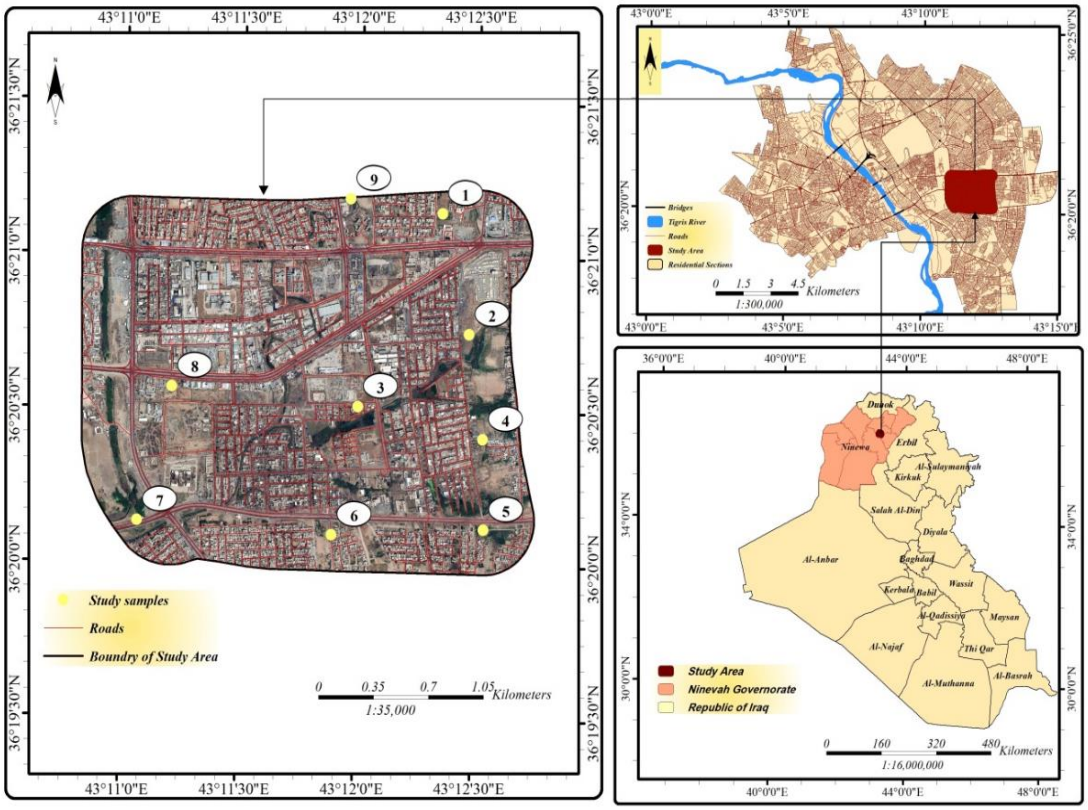
مواد وطرق البحث

وصف عام لمنطقة الدراسة:

شملت الدراسة المنطقة الصناعية للجانب الايسر من مدينة الموصل الواقعة جنوب شرق مدينة الموصل. اذ تم اخذ ثلاث مكررات لكل موقع من مواقع الدراسة وتم تحديد احداثيات الموقع بواسطة (GPS) وكما هو موضح في الجدول رقم (1) والشكل (1).

تحضير عينات الترب:

تم اخذ ثلاثة مكررات ترب من كل موقع وبعمق 30-0 سم وجففت عينات الترب هوائيا ثم طحنت ثم نخلت بواسطة منخل قطر فتحاته (2 ملم) بعدها تم خلط المكررات الثلاث واختير جزء منها للحفظ في علب بلاستيكية لحين وقت التحليل.



الشكل 1. خارطة مواقع عينات الترب وفق إحداثيات مواقع العينات WorldView-2 Satellite Image Gallery High-Resolution 30 cm (2020). Retrieved from: https://www.satimagingcorp.com/satellitesensors/worldview-2/.

الجدول 1: احداثيات مواقع أخذ العينات

رقم الموقع	احداثيات الموقع
1	36° 21' 08.6" N 43° 12' 20.9" E
2	36° 20' 45.2" N

43° 12' 28.2" E	
36° 20' 30.8" N 43° 12' 00.1" E	3
36° 21' 24.0" N 43° 12' 29.0" E	4
36° 20' 07.2" N 43° 12' 32.6" E	5
36° 20' 05.8" N 43° 11' 53.8" E	6
36° 20' 07.5" N 43° 11' 04.0" E	7
36° 20' 34.2" N 43° 11' 12.4" E	8
36° 21' 11.2" N 43° 11' 57.4" E	9

التحاليل الكيميائية والفيزيائية:

أجريت التحاليل الكيميائية والفيزيائية للترب في مختبر التربة والمياه/قسم تقانات البيئة/كلية علوم البيئة وتقاناتها/جامعة الموصل حسب ما جاء به (Rekani et al., 2023).

اذ تم عمل معلق (تربة : ماء مقطر) بنسبة (1:1) وقيس كل من الايصالية الكهربائية (EC) بطريقة التوصيل الكهربائي Conductivity Meter ودرجة تفاعل التربة (pH) بطريقة الجهد الكهربائي pH Meter باستعمال جهاز موديل (HI9811 HANNA)، وقدرت مادة التربة العضوية (O.M) بطريقة الاكسدة الرطبة (Black-Walkley) باستعمال دايكرومات البوتاسيوم، وتم قياس سعة تبادل الأيون الموجب (CEC) بتشبيع التربة بواسطة خلات الصوديوم والازاحة بخلات الامونيوم ذات العيارية 1 مولاري عند (pH=7) بينما تم احتساب قدرت الصوديوم المتبادل باستعمال جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) وقدرت كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) بطريقة المعايرة وذلك بإضافة كمية زائدة من حامض الهيدروكلوريك 1 مولاري والتسخين عند درجة (50-60) درجة مئوية ثم قدر المتبقي من الحامض بالمعايرة مع محلول هيدروكسيد الصوديوم 1 مولاري بوجود دليل الفينولفثالين, وتم تقدير مفصولات التربة الثلاث (التوزيع الحجمي لمفصولات التربة) (رمل، غرين، طين) باستخدام طريقة المكثاف، وتم قياس المحتوى الكلي للعناصر الثقيلة في طور التربة الصلب باستخدام جهاز (XRF) في مختبرات جامعة صلاح الدين/ كلية الزراعة.

معايير التلوث

المحتوى الكلي:

استخدم هذا المعيار من قبل العديد من الباحثين في تقييم تلوث الترب ومدى وصولها الى الحد المسموح به للتلوث Maximum Allowable Concentration (MAC) والقيمة الفعالة الامنة للاستخدامات البشرية Trigger Action Value (TAV) وحسب (Kabata and Pendias, 2011; Adams and Garman, 2023) والمبينة في الجدول (2).

الجدول 2: الحدود القصوى المسموح بها (MAC) والامنة (TAV) لبعض تراكيز العناصر الثقيلة (ملغم. كغم$^{-1}$)

	تركيز الرصاص	تركيز الكادميوم	تركيز النيكل	تركيز الكروم	تركيز الكوبلت	تركيز الانتيمون
(MAC) التراكيز القصوى المسموح بها	20–300	1–5	20 – 60	200-50	50-20	10
(TAV) القيمة الفعالة الامنة	50–300	2–20	75 –150	450-50	100-30	20-10

معامل التلوث :- Contamination Factor (CF)

تم استخدام هذا المعيار من قبل (Hakanson, 1980; Sarvides et al., 1995) وحسب المعادلة التالية:

$$CF = \frac{Ms}{Mc} \quad ----------(1)$$

حيث ان:

CF= معامل التلوث. وMs= يمثل التركيز الكلي للعنصر الثقيل في التربة (ملغم. كغم$^{-1}$). وان Mc= يمثل التركيز الكلي للعنصر الثقيل في القشرة الارضية القياسية (ملغم.كغم$^{-1}$). وباعتماد معدل التركيز الكلي للعنصر الثقيل في القشرة الارضية حسب (Kabata and Pendias, 2011) والبالغة للرصاص (15)، وللكادميوم (0.1)، وللنيكل (20)، وللكروم (100)، والكوبلت (10)، والانتيمون (0.2) ملغم.كغم$^{-1}$. وقد صنف (Hakanson, 1980) معامل التلوث الى اربعة اصناف، وكما موضحة في الجدول 3.

الجدول 3: تصنيف معامل التلوث (CF) للعناصر الثقيلة في الترب (Hakanson, 1980)

المجموعة	قيمة معامل التلوث CF	مقدار التلوث
1	$CF < 1$	تلوث قليل
2	$1 \leq CF < 3$	تلوث متوسط
3	$3 \leq CF < 6$	تلوث واضح
4	$CF \geq 6$	عالي التلوث

مفهوم معامل الإغناء : - Enrichment Factor (EF)

استخدمت المعادلة التالية في حساب معامل الاغناء وفقاً (Martínez- Martínez, 2012; Kabata-Pendias,2011; Sinex and Helz, 1981)

$$EF = \frac{Ms/Fe\ m.}{Mc/Fe\ b.} \quad \text{----------(2)}$$

حيث ان:

EF = معامل الإغناء و MS= التركيز الكلي للعنصر الثقيل في التربة المقاسة ملغم .كغم$^{-1}$. و Fe m.= تركيز الحديد الكلي في التربة المقاسة ملغم.كغم$^{-1}$, Mc= معدل التركيز الكلي للعنصر الثقيل في القشرة الأرضية القياسية ملغم .كغم$^{-1}$ و Fe b. معدل تركيز الحديد الكلي في القشرة الأرضية القياسية ملغم. كغم $^{-1}$وتم تحديد الحديد لأنه أحد العناصر التي يتم قبول قيمتها كمعيار يستخدم في القشرة الأرضية إلى جانب (Sc, Mn, Al, Ti Sinex and Helz, 1981) اضافة الى أنه أحد العناصر الجيوكيميائية الشائعة في النظام البيئي (Chandrasekaran et al., 2015). تم اعتماد معدل قيمة العنصر الثقيل في القشرة الارضية القياسية حسب (Kabata-Pendias,2011) والبالغة (الرصاص 15، الكادميوم 0.1، النيكل 20، الكروم 100، الكوبلت 10، الانتيمون 0.2، الحديد 50000) ملغم. كغم $^{-1}$, وقد صنف Sinex and Helz, (1981) معامل الاغناء الى خمسة اصناف، وكما موضحة في جدول(4).

الجدول 4: تصنيف معامل الأغناء (EF) للعناصر الثقيلة في الترب(Sinex and Helz, 1981)

المجموعة	قيمة معامل الاغناء EF	مقدار التلوث
1	EF <2	معدوم الى منخفض
2	$2 \leq EF < 5$	تلوث متوسط
3	$5 \leq EF < 20$	تلوث مرتفع
4	$20 \leq EF < 40$	تلوث مرتفع جداً
5	$EF \geq 40$	شديد الارتفاع

دليل التراكم الارضي :- Geoaccumulation Index (Igeo)

استخدم (Muller, 1979) المعادلة الاتية في حساب دليل التراكم الارضي :

$$Igeo = Log_2 \ \frac{Ms}{Mc*1.5} \quad \text{----------(3)}$$

حيث ان :

Igeo= دليل التراكم الأرضي ، وأن قيم (Igeo) ترتبط مع المقياس الكمي لشدة التلوث وقد صنف (Muller, 1979) دليل التراكم الارضي الى سبعة اصناف، كما موضحة في الجدول (5) الاتي :

الجدول 5: تصنيف دليل التراكم الأرضي (Muller, 1979)

قيم Igeo	شدة التلوث
> 5	شديدة جداً بالتلوث
4 – 5	شديدة إلى شديدة جداً بالتلوث
3 – 4	ملوثة بشدة
2 – 3	متوسطة إلى شديدة التلوث
1 – 2	متوسطة التلوث
0 – 1	غير ملوثة إلى متوسطة التلوث
< 0	غير ملوثة

دليل مجموع التلوث :- (CPI) Combined Pollution Index

ادخل هذا المفهوم حديثا في تقييم مدى تلوث الترب بمجموعة العناصر الملوثة مثل (الرصاص، الكادميوم، النيكل، كوبلت، كروم والانتيمون) من قبل (Abrahim and Parker, 2008) والذي اشار الى امكانية استخدام هذا الدليل لجمع العديد من العناصر الملوثة حسب المعادلة المذكورة ادناه:

$$CPI = \frac{\sum(\frac{Ms}{Mc})}{N} \text{ ----------(4)}$$

حيث ان:

CPI = دليل مجموع التلوث وكما هو موضح بالجدول (6) و N = (عدد العناصر المدروسة).

الجدول 6: تصنيف دليل مجموع التلوث (CPI) (Abrahim and Parker,2008)

قيم CPI	شدة التلوث
≤ 1	منخفض التلوث
1 < CPI ≤ 2	متوسط التلوث
> 2	عالي التلوث

النتائج والمناقشة

مواصفات ترب الدراسة:

تشير النتائج المدرجة في الجدول (7) الى ان جميع ترب الدراسة كانت غير متأثرة بالملوحة اذ تراوحت قيم التوصيل الكهربائي (EC) من (287) الى (5450) مايكروسيمنز.سم$^{-1}$, ذات درجة تفاعل(pH) متعادل مائل الى القاعدية تراوحت مدياته من (7.6) الى (8.1)، سعة تبادل ايوني موجبة (CEC) عالية تراوحت من (64.35) الى (73.91) سنتمول. شحنة. كغم$^{-1}$ ، محتوى كربونات كالسيوم مرتفعة تراوحت من (400) الى (495) غم.كغم$^{-1}$، مع مادة عضوية منخفضة تراوحت من(2.80) الى (26.20) غم. كغم$^{-1}$ ومحتوى طيني مرتفع يتراوح من (300) الى (475) غم.كغم$^{-1}$. ان ارتفاع محتوى الطين ومحتوى الكربونات ودرجة التفاعل لترب الدراسة شجع على امتزاز وترسيب العناصر الثقيلة مما يرفع من مؤشرات التلوث التي أشرنا اليها لاحقاً.

جدول (7) بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية للترب

رقم الموقع	معلق (تربة : ماء مقطر) (1:1)		سعة تبادل الايون الموجب CEC سنتمول. شحنة. كغم$^{-1}$	الطين	الغرين	الرمل	كربونات كالسيوم	المادة العضوية	النسجة
	درجة تفاعل التربة pH	التوصيل الكهربائي EC مايكروسيمنز.سم$^{-1}$		غم.كغم$^{-1}$					
1	7.8	503	66.09	425	250	325	495	5.50	طينية
2	8.0	449	65.22	425	125	450	490	5.50	طينية
3	8.1	287	69.57	300	225	475	485	4.10	مزيجة طينية رملية
4	7.6	403	71.30	475	75	450	490	2.80	طينية
5	7.6	4870	69.57	350	200	450	490	26.20	مزيجة طينية

طينية رملية	8.30	490	525	100	375	73.91	478	7.8	6
مزيجة طينية	15.20	400	450	225	325	71.30	5450	7.6	7
طينية	4.10	490	400	125	475	64.35	303	7.9	8
طينية	9.70	475	375	175	450	64.35	937	7.8	9

معايير التلوث

1. المحتوى الكلي:

تشير النتائج المبينة في الجدول (8) بان الرصاص، الكادميوم، الكروم، الكوبلت والانتيمون في ترب الدراسة اقل من الحدود القصوى المسموح بها (MAC) والامنة (TAV) فقط كان النيكل اعلى وذلك بسبب استخدامه بكثرة في طلاء السيارات مما يشكل خطراً على البيئة. ان ما حصلنا عليه يتفق مع ما توصل اليه (Al-Saadie et al., 2016; Namiq, 2021; Al-Sheraefy et al., 2023)

اذ بين Al-Saadie et al., (2016)عند دراسته لترب عراقية من مناطق صناعية مختلفة من مدينة واسط ولعناصر الرصاص، نيكل، كروم والكادميوم كانت قيم معدلاتها (81.2، 83.7، 87.6، 1.78) ملغم.كغم$^{-1}$ وعلى التوالي, حيث بينت الدراسة ان هذه المعدلات كانت اعلى من المعدل العالمي للرصاص والنيكل والكادميوم بينما الكروم كان اقل من المعدل العالمي .

وكذلك دراستنا تتفق مع (Tomoyuki et al., 2010) عند اجراءه دراسة لتلوث الترب في اليابان بالعناصر الثقيلة بأن اعلى تركيز كان للنيكل موجود بالترب القريبة من النشاطات الصناعية مقارنة مع باقي الترب البعيدة عن النشاطات الصناعية حيث بلغ تركيز النيكل 107.4 ملغم.كغم$^{-1}$.

الجدول 8: قيم المحتوى الكلي للعناصر الثقيلة (ملغم.كغم$^{-1}$) في ترب الدراسة

Fe	Sb	Co	Cr	Ni	Cd	Pb	رقم الموقع
34200	2.61	12.02	92.44	213.48	0.1	0.98	1
35200	1.7	12.65	68.51	226.21	0.1	3.89	2
34800	1.14	12.67	95.06	223.56	0.12	2.11	3
32500	10.66	10.99	70.31	203.28	0.17	0.74	4
32100	3.82	11.27	60.8	200.96	0.1	1.1	5
32700	8.92	12.55	67.6	188.63	0.11	1.34	6
32800	6.52	11.16	78.52	200.33	0.1	2.33	7
32900	7.31	11.97	77.62	194.54	0.11	1.3	8
33800	3.79	12.68	79.5	211.56	0.11	1.65	9
33444	5.16	12	76.71	206.95	0.11	1.72	المعدل
32100	1.14	10.99	60.8	188.63	0.1	0.98	أدنى قيمة
35200	10.66	12.68	95.06	226.21	0.17	3.89	أعلى قيمة

2. معامل التلوث : Contamination Factor (CF)

تشير النتائج التي حصلنا عليها في الجدول (9) بان معامل التلوث للرصاص تراوح بين(0.05-0.26) ، الكادميوم بين (1.70-1)، النيكل بين(9.43-11.31) ، الكروم بين (0.61-0.95)، الكوبلت بين (1.10-1.27) والانتيمون بين-5.70 (53.30) عند تقييم هذه القيم حسب ما جاء به (Sarvides et al., 1995; Pekey et al., 2004; Al-Saad et al., 2007) وبالمقارنة مع جدول (3) تبين بأن جميع ترب المنطقة الصناعية تعد قليلة التلوث بالرصاص والكروم ومتوسطة التلوث بالنسبة للكادميوم والكوبلت وعالية التلوث بالنسبة للنيكل والانتيمون. مما يشير وبوضوح الى مطروحات المنطقة الصناعية، ويعود التلوث العالي بالنيكل والانتيمون الى استخدام النيكل بكثرة في طلاء السيارات واستخدام الانتيمون في بطاريات السيارات وفي الاصباغ وفي اسلاك اللحام والدهون والزجاج.

الجدول 9: قيم معامل التلوث (CF) للعناصر الثقيلة للترب

Sb	Co	Cr	Ni	Cd	Pb	رقم الموقع
13.05	1.20	0.92	10.67	1	0.07	1
8.50	1.27	0.69	11.31	1	0.26	2
5.70	1.27	0.95	11.18	1.2	0.14	3

53.30	1.10	0.70	10.16	1.7	0.05	4
19.10	1.13	0.61	10.05	1	0.07	5
44.60	1.26	0.68	9.43	1.1	0.09	6
32.6	1.12	0.79	10.02	1	0.16	7
36.55	1.20	0.78	9.73	1.1	0.09	8
18.95	1.27	0.80	10.58	1.1	0.11	9
25.82	1.20	0.77	10.35	1.13	0.12	المعدل
5.70	1.10	0.61	9.43	1	0.05	أدنى قيمة
53.30	1.27	0.95	11.31	1.7	0.26	أعلى قيمة

وهذا يتفق مع ما توصل اليه (Al-Bedhany, 2015) و (Hammadi, 2019) من ان الاستخدام المفرط للأصباغ والدهون ادى الى التلوث بدرجات مختلفة بالعناصر الثقيلة. حيث وجد (Al-Bedhany, 2015) عند دراسته لترب مدينة البصرة ان معامل التلوث للحديد والكادميوم عالية التلوث بينما الكوبلت والرصاص والنيكل والنحاس متوسطة التلوث اما الزنك والمنغنيز كانت قليلة التلوث.

كما وجد(Hammadi, 2019) عند دراسته لمعامل التلوث لترب منطقة الطارمية في بغداد وللعناصر الثقيلة نيكل، نحاس، كوبلت، رصاص، كروم، فناديوم، حديد، خارصين، كادميوم، منغنيز. ان اغلب الترب خالية من التلوث باستثناء المناطق القريبة من المنشأت الصناعية.

3. مفهوم معامل الإغناء : Enrichment Factor (EF)

النتائج المبينة في الجدول (10) توضح قيم معامل إغناء Enrichment Factor (EF) العناصر الثقيلة لترب الدراسة. والتي تراوحت قيمها ما بين (0.08 الى 0.37) لعنصر الرصاص و (1.42 الى 2.62) لعنصر الكادميوم و (14.42 الى16.07) لعنصر النيكل و (0.95 الى 1.37) لعنصر الكروم و (1.69 الى 1.92) لعنصر الكوبلت و(8.19 الى 82.00) لعنصر الانتيمون. وبمتوسطات قدرها (0.17 ، 1.70، 15.5، 1.15،1.79 ، 39.20) على التوالي.

الجدول 10: قيم معامل الإغناء (EF) للعناصر الثقيلة للترب

Sb	Co	Cr	Ni	Cd	Pb	رقم الموقع
19.08	1.76	1.35	15.61	1.46	0.10	1
12.07	1.80	0.97	16.07	1.42	0.37	2
8.19	1.82	1.37	16.06	1.72	0.20	3
82.00	1.69	1.08	15.64	2.62	0.08	4
29.75	1.76	0.95	15.65	1.56	0.11	5
68.20	1.92	1.03	14.42	1.68	0.14	6
49.70	1.70	1.20	15.27	1.52	0.24	7
55.55	1.82	1.18	14.78	1.67	0.13	8
28.03	1.88	1.18	15.65	1.63	0.16	9
39.20	1.79	1.15	15.5	1.70	0.17	المعدل
8.19	1.69	0.95	14.42	1.42	0.08	أدنى قيمة
82.00	1.92	1.37	16.07	2.62	0.37	أعلى قيمة

وبالمقارنة مع جدول (4) يتضح من النتائج بأن معامل إغناء الترب بالعناصر الثقيلة خلال الدراسة أتخذ الترتيب التالي:

EFSb> EFNi> EFCo> EFCd> EFCr > EFPb

من هنا يتبين حجم المشاكل الناجمة عن تلوث الترب بالعناصر الثقيلة لعنصري الانتيمون والنيكل بالدرجة الأولى (تلوث مرتفع) يليهم الكوبلت والكادميوم بالدرجة الثانية (غير ملوثة) ولعنصري الكروم والرصاص بالدرجة الثالثة (غير ملوثة). وان سبب هذا التفاوت في قيم تلوث ترب الدراسة بالعناصر الثقيلة يعود الى نسجة التربة ومكونات التربة الاخرى (المادة العضوية وكربونات الكالسيوم) ونوعية النفايات الصناعية المطروحة وملوثات طرق السيارات الرئيسية. وهذا يتفق مع (Essa and Al-jibury, 2017; Khudhur et al., 2021) .

ووجد الباحثان (Essa and Al-jibury, 2017) عند دراستهم لبعض العناصر الثقيلة الملوثة للترب السطحية لمدينة بغداد ان معامل الاغناء اخذ الترتيب الاتي:

EFNi > EFPb> EFCo> EFCr > EFZn > EFCu

ووفق ذلك ان جميع عينات المواقع المدروسة ملوثة بالنيكل حيث تقع جميع هذه العينات ضمن فئة اغناء كبيرة مما يرجح ان مصدر النيكل من مدخلات صناعية كالمخلفات النفطية وانبعاثات المركبات، وقد يرجع سبب ارتفاع تركيز النيكل عن باقي العناصر الثقيلة في الطبقات السطحية بسبب امتزازه من قبل الطين والمادة العضوية (Yu et al., 2023).ومع دراسة (Khudhur et al., 2021) لتقييم تلوث ترب المطقة الصناعية لمدينة أربيل ببعض العناصر الثقيلة (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Pb) لترب سطحية وتحت السطحية، حيث وجد بأن معامل الاغناء للعناصر المدروسة كانت منخفضة الى عالية التلوث جداً ويعزى مصدر تلوثها الى مصادر بشرية .

4. دليل التراكم الارضي : Geoaccumulation Index (Igeo)

أن قيم دليل التراكم الارضي الموضحة في الجدول (11) للترب وشدة تلوثها بالعناصر الثقيلة وفقاً لقيم (Igeo) وبالمقارنة مع جدول(5) كانت غير ملوثة بالرصاص والكادميوم والكروم والكوبلت وملوثة بشدة بالنيكل الى شديدة جداً بالتلوث بالانتيمون ولجميع مواقع ترب الدراسة , وأن سبب ارتفاع التلوث بالنيكل والانتيمون عن باقي العناصر الثقيلة المدروسة قد يعود الى ما يضاف الى هذه الترب من ملوثات عالية بهذين الايونين , فسيادة اعمال الصبغ والطلاء ومخلفات البطاريات السائلة ونوعية الوقود المستخدم والحاوية على نسب عالية من هذين الايونين مما يكسب التربة امتزازاً عالياً لهما.

الجدول 11: قيم دليل التراكم الارضي للترب المدروسة

رقم الموقع	Pb	التصنيف	Cd	التصنيف	Ni	التصنيف	Cr	التصنيف	Co	التصنيف	Sb	التصنيف
1	-3.99	غير ملوثة	-0.04	غير ملوثة	2.29	ملوثة بشدة	-0.15	غير ملوثة	0.23	غير ملوثة	3.68	ملوثة بشدة
2	-2.03	غير ملوثة	-0.08	غير ملوثة	3.43	ملوثة بشدة	-0.63	غير ملوثة	0.26	غير ملوثة	3.02	ملوثة بشدة
3	-2.90	غير ملوثة	0.20	غير ملوثة	3.43	ملوثة بشدة	-0.14	غير ملوثة	0.28	غير ملوثة	2.46	غير ملوثة الى متوسطة التلوث
4	-4.32	غير ملوثة	0.80	غير ملوثة	3.39	ملوثة بشدة	-0.47	غير ملوثة	0.17	غير ملوثة	5.79	شديدة جداً بالتلوث
5	-3.73	غير ملوثة	0.05	غير ملوثة	3.39	ملوثة بشدة	-0.67	غير ملوثة	0.23	غير ملوثة	4.32	شديدة إلى شديدة جداً بالتلوث
6	-3.47	غير ملوثة	0.17	غير ملوثة	3.28	ملوثة بشدة	-0.54	غير ملوثة	0.36	غير ملوثة	5.53	شديدة جداً بالتلوث
7	-2.67	غير ملوثة	0.02	غير ملوثة	3.36	ملوثة بشدة	-0.33	غير ملوثة	0.18	غير ملوثة	5.07	شديدة جداً بالتلوث
8	-3.52	غير ملوثة	0.16	غير ملوثة	3.31	ملوثة بشدة	-0.35	غير ملوثة	0.28	غير ملوثة	5.23	شديدة جداً بالتلوث
9	-3.22	غير ملوثة	0.12	غير ملوثة	3.39	ملوثة بشدة	-0.35	غير ملوثة	0.32	غير ملوثة	4.24	شديدة إلى شديدة جداً بالتلوث

والدراسة الحالية تتوافق مع ما وجده (Salah et al., 2013) عند دراستهم لتقييم تلوث الترب الحضرية لمدينة الفلوجة بالعناصر الثقيلة (CU, Zn, Ni, Pb, Fe, Cd, Co, Cr) ان تصنيف دليل التجمع الجيولوجي كانت بين غير ملوثة الى ملوثة بشكل قليل.

ومع ما وجده (Afonne et al., 2022) عند دراستهم لتقييم الترب النيجيرية الزراعية لمدينة ايهيالا ببعض العناصر الثقيلة وأن الترب كانت شديدة التلوث بالكادميوم ومتوسطة التلوث بالرصاص ومنخفضة التلوث بـ (Ni, Cr, Cu) .

5. دليل مجموع التلوث :Combined Pollution Index(CPI)

اظهرت النتائج المبينة في الجدول (12) ان مؤشر دليل مجموع التلوث تراوحت قيمه من (3.41) الى (11.17) وبمعدل (6.57) والتي اختلفت باختلاف نسجة التربة والموقع ضمن المنطقة الصناعية.

وبمقارنة القيم التي حصلنا عليها مع جدول (6) تبين ان جميع ترب الدراسة عالية التلوث بالعناصر المدروسة وذلك لتجاوز قيم (CPI) الحد المسموح به والبالغ (32) والمحدد من قبل(Abrahim and Parker, 2008). وقد يعود سبب التلوث العالي بهذه العناصر الى نوعية النفايات الصناعية في المنطقة وشدة اضافتها ونسجة التربة، وهذا يتفق مع ما توصل

اليه الباحثون (Martínez- Martínez et al., 2012) في ترب اسبانية لدليل مجموع التلوث (CPI) للرصاص والزنك تراوحت من (17.7) الى (588) وبذلك تجاوزت الحد المسموح به.

الجدول 12: دليل مجموع التلوث للترب المدروسة

رقم الموقع	CPI	مستوى التلوث
1	4.49	عالي التلوث
2	3.84	عالي التلوث
3	3.41	عالي التلوث
4	11.17	عالي التلوث
5	5.33	عالي التلوث
6	9.53	عالي التلوث
7	7.61	عالي التلوث
8	8.24	عالي التلوث
9	5.47	عالي التلوث
المعدل	6.57	عالي التلوث
الحد الادنى	3.41	عالي التلوث
الحد الاعلى	11.17	عالي التلوث

الاستنتاجات: Conclusion

يستنتج من هذه الدراسة بأن جميع مواقع المنطقة الصناعية المدروسة عدت عالية التلوث حسب مفهوم دليل مجموع التلوث (CPI)، في حين اعتبرت الترب وحسب مفهوم معامل التلوث (CF) ذات تلوث قليل بـ (Pb وCr) ومتوسطة التلوث بـ (Cd و Co) وعالية التلوث بـ (Ni و Sb) مما يقودنا للاستنتاج بأن أغلب فعاليات المنطقة الصناعية حسب هذا المعيار تعود الى أعمال الطلاء واستبدال البطاريات والدهون، في حين ان التلوث بمعامل الاغناء (EF) فقد اشارت الدراسة الى سيادة التلوث بالانتيمون واقلها التلوث بالرصاص وحسب الترتيب التالي:

EFSb> EFNi> EFCo> EFCd> EFCr > EFPb

اما دليل التراكم الأرضي (Igeo) فقد كانت الترب غير ملوثة بالرصاص والكادميوم والكروم والكوبلت وملوثة بشدة بالنيكل وشديدة التلوث بالانتيمون، نستنتج اخيراً بأن جميع معايير التلوث اكدت الى شدة تلوث هذه الترب بكل من النيكل والانتيمون.

المصادر

Abrahim, G.M.S. and R.J. Parker, 2008. Assessment of Heavy Metal Enrichment Factors and the Degree of Contamination in Marine Sediments form Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environ. Monit Assess 136: pp. 227-238. DOI: 10.1007/s10661-007-9678-2

Adams, W.J. and Garman, E.R., 2023. Recommended Updates to the USEPA Framework for Metals Risk Assessment: Aquatic Ecosystems. Integrated Environmental Assessment and Management. doi: 10.1002/ieam.4827

Afonne, O.J., Chukwuka, J.U., Ifediba, E.C. and Obi, E., 2022. Pollution Indices of Heavy Metal Contaminants in Typical Agrarian Soil Samples in Ihiala, South-East Nigeria. Health and Environment, 3(1), pp. 176-185. DOI:10.25082/HE.2022.01.005

Al-Bedhany A., 2015. Geochemical Evaluation Pollution for Some Heavy Metals in Basra soil. University of Thi-Qar Journal of Science, 5(2), pp. 34-42. DOI: 10.32792/utq/utjsci/v5i2.112

Al-Hassoon, S.N.H., Al-Hayani, A.S.J.Z. and Al-Obaidi, M.A.J., 2019. Adsorption Isotherm of Lead on Calcium Carbonate. The Iraqi Journal of Agricultural Science, 50, pp. 48-53.

Al-Saad, H.T., Abd, I. A., Al-Hello, M.A., and Zuhkair, M.K., 2007. Environmental Assessment of Trace Metal Pollution in Sediment of Khor AL-Zubair, Iraq. MARINA MESOPOTAMICA 22 (1): pp. 81- 92.

Al-Saadie, N., Nada, K., and Ahmad, M., 2016. Geochemical Distribution of Heavy Metals in Some Soils of Waist Governorate. ANBAR JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES, 14(2), pp. 26-35.

Al-Sheraefy, R.M., Al-Mallah, A.Y. and Hussien, A.K., 2023. Spatial Distribution of Heavy Metals in the Soil of Different Areas at Right Bank in Mosul City, Iraq: Part 1. Iraqi Geological Journal. Vol. 56(1C), pp. 40-61. https://doi.org/10.46717/igj.56.1C.4ms-2023-3-15 .

Chandrasekaran, A., Ravisankar, R., Harikrishnan, N., Satapathy, K.K., Prasad, M.V.R. and Kanagasabapathy, K.V., 2015. Multivariate Statistical Analysis of Heavy Metal Concentration in Soils of Yelagiri Hills, Tamil Nadu, India - Spectroscopical approach. Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 137, pp. 589–600. https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.08.093 .

Essa, S.K. and Al-jibury, D.A., 2017. Heavy Metals Pollution for Soils in Some of Roads and Squares of Baghdad City Center. The Iraqi Journal of Agricultural Science, 48(6), pp. 1456-1472. DOI: 10.13140/RG.2.2.23815.04003

Fadhel, M., Mohammed, A. and Znad, S., 2018. Assessing Heavy Metals Emission and Workers' Health Risks at the Eastern Industrial Region, Mosul, Iraq. Revis Bionatura 2022; 7 (2) 14. Ecol. Indic.

Hakanson, L., 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control. A Sedimentological Approach. Water Research, 14(8), pp. 975-1001. DOI:10.1016/0043-1354(80)90143-8

Hammadi, A.J., 2019. Rare Elements Geochemistry In Soil Of Tarmiya area north Bagdad/Iraq. Journal of Educational and Scientific Studies،4 (14): pp. 71-84.

Kabata, A. and Pendias, H., 2011. Trace Metals in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 4th Edition. DOI: 10.1201/b10158

Khudhur, N., Yassin, S.Q., Hassan, A.S. and Omar, M.N., 2021. Applying Some Indices for Soil Pollution Assessment in Northern Industrial Area from Erbil Governorate. Al-Qadisiyah Journal of Pure Science, 26(4), pp. 45-58. DOI: https://doi.org/10.29350/

Liu, L., Liu, Q., Ma, J., Wu, H., Qu, Y., Gong, Y. and Zhou, Y., 2020. Heavy Metal (Loid) in the Topsoil of Urban Parks in Beijing, China: Concentrations, Potential Sources, and Risk Assessment. Environmental Pollution, 260, 114083. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114083

Martínez-Martínez, S., Acosta, J.A., Faz, A., Carmona, D.M., Zornoza, R., and Cerda, C., 2012. Effect of Former Mining Activity on Zn and Pb Contents in Natural Soils From Cartagena-La Unión Mining District, SE Spain. 8th International Soil Science Congress on, Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management, May 15-17,2012 Çe¸sme – Ízmir/Turkey, Vol. II. DOI: 10.1007/s11270-011-0879-5

Muller, G., 1979. Schwermetalle in Den Sedimenten des Rheas- G.Blanc ; Veranderungen Seit .Umschav ,79: pp. 133-149. In: Audry , S.; J.

Namiq, M.A., 2021. Evaluation of Environmental Pollution With Some Heavy Metals in the Soil of Some Areas of the City of Tikrit, Iraq. Kirkuk University Journal of Agricultural Sciences, 12(2), pp. 120-133.

Nelson, L.N., Agardy, F.J., Sullivan,P., and Salvato, J.A., 2009. Environmental Engineering: Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation .Sixth Edition, John Wiley and Sons, Inc. ISBN: 978-0-470-08303-1.

Nezat, C.A., Hatch, S.A. and Uecker, T., 2017. Heavy Metal Content in Urban Residential and Park Soils: A Case Study in Spokane, Washington, USA. Applied Geochemistry, 78, pp. 186-193. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2016.12.018

Pekey, H.K., Aybenk, D., Tolun, S., and Bakoglu, M., 2004. Ecological Risk Assessment Using Trace Elements from Surface Sediments of Izmir Buy (Northeastern Marmara Sea), Turkey . Marine Pollution Bulletin, 48: pp. 946-953. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2003.11.023

Rekani, Sh. I., Khalil, M.T.S. and Al-Obaidi, M.A.J., 2023. Comprehensive Analysis of Soil, Plants, Water and Fertilizer, Degla Publishing.

Salah, E., Turki, A. and Noori, S., 2013. Heavy Metals Concentration in Urban Soils of Fallujah City, Iraq. Journal of Environment and Earth Science, 3(11), pp. 100-112. DOI: 10.4236/jep.2015.611112

Sarvides, C., Papadopoulos, A., Haralambous, K.S., and Loizidou, M., 1995. Sea Sediment Contaminated With Heavy Metals: Metal Speciation and Removal .Water Sci. Tech., 32 (9-10): pp. 65-73. DOI: 10.1016/0273-1223(96)00077-7

Selim, H.M., 2013. Transport and Retention of Heavy Metal in Soils: Competitive Sorption. Advances in Agronomy. 119: pp. 275-308. DOI:10.1016/B978-0-12-407247-3.00005-6

Sinex, S.A. and Helz, G.R., 1981. Regional Geochemistry of Trace Elements in Chesapeake Bay Sediments. Environmental Geology, 3(6), pp. 315-323. https://doi.org/10.1007/BF02473521

Tomoyuki, M., Yongming, L., Yasuhiro, S., and Tomohito, A., 2010. Heavy Metals Pollution of Soil and Risk Alleviation Methods Based on Soil Chemistry.pedologist. pp. 38-49. DOI: 10.18920/pedologist.53.3_38

Wang, C., Wang, J., Zhou, S., Tang, J., Jia, Z., Ge, L. and Wu, S., 2020. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Heavy Metals in Urban Environments: Concentrations and Joint Risks in Surface Soils With Diverse Land Uses. Land Degradation and Development, 31(3), pp. 383-391 DOI: 10.1002/ldr.3456

Wang, G., Liu, H.Q., Gong, Y., Wei, Y., Miao, A.J., Yang, L.Y. and Zhong, H., 2017. Risk Assessment of Metals in Urban Soils from a Typical Industrial City, Suzhou, Eastern China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(9), 1025. DOI: 10.3390/ijerph14091025

Yadav, I.C., Devi, N.L., Singh, V.K., Li, J. and Zhang, G., 2019. Spatial Distribution, Source Analysis, and Health Risk Assessment of Heavy Metals Contamination in House Dust and Surface Soil From Four Major Cities of Nepal. Chemosphere, 218, pp. 1100-1113. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.11.202

Yu, H., Li, C., Yan, J., Ma, Y., Zhou, X., Yu, W., Kan, H., Meng, Q., Xie, R. and Dong, P., 2023. A Review on Adsorption Characteristics and Influencing Mechanism of Heavy Metals in Farmland Soil. RSC Advances, 13(6), pp. 3505-3519. https://doi.org/10.1039/D2RA07095B

Znad, S.R. and Al-Sinjary, M., 2020. The Vital Accumulation of Some Heavy Metals in the Blood Serum of Industrial Zone Workers in Mosul City. Plant Archive, 20 (Supplement 1), pp. 3194-3200.