



تقييم الخطر البيئي ومؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة لنماذج الغبار في مستشفى بيجي وصلاح الدين العام في محافظة صلاح الدين، العراق

احمد غازي عطيه^{1*} ID، محمود فاضل عبد² ID

^{1,2} قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق.

الملخص

في هذا البحث جمعت خمس عينات من الغبار المترسب من داخل وخارج بناية مستشفى بيجي وصلاح الدين العام من مواقع مختلفة في هذين المستشفيات بتاريخ 2022/7/25 ولمدة يومين. يهدف البحث إلى دراسة تراكيز العناصر الثقيلة في هذين المستشفيات مع تقييم مستويات التلوث. أجريت عليها تحليل بالأشعة السينية الومضية (XRF) باستخدام جهاز (PEDXRF). أظهرت النتائج الحصول على تراكيز عشرين عنصر ثقيل والتي لها تأثير متباين على صحة الانسان. استخدمت عدد من مؤشرات التلوث لتقييم حالة التلوث في المستشفيات وهي عامل التلوث (CF) الذي أظهر إن العناصر الثقيلة (Se, Sb, Te, Hg, Cd, Bi, U, Ni, Mo, As) ذات صنف تلوث عالي جداً في المستشفيات وبصورة متفاوتة من موقع الى آخر، أظهر مؤشر نيمبرو للتلوث (Pin) إن مواقع النماذج ذات تربة فائقة التلوث بسبب ان عنصر التيليريوم (Te) ذو تركيز عالي جداً في كلا المستشفيات والذي يدخل ضمن حساب معادلة نيمبرو، في حين كانت نتائج عامل التراكم الأرضي (Igeo) ذات تلوث عالي جداً للغاية في كلا المستشفيات. يعود سبب الزيادة في تراكيز هذه المؤشرات الى الأنشطة البشرية المختلفة والعوامل الطبيعية التي تؤدي الى زيادة في تراكيز بعض العناصر الثقيلة.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 15-مايو-2023

تاريخ المراجعة: 28-يوليو-2023

تاريخ القبول: 05-سبتمبر-2023

تاريخ النشر الإلكتروني: 01-يناير-2024

الكلمات المفتاحية:

العناصر الثقيلة

العواصف الغبارية

عامل التلوث

مؤشر نيمبرو للتلوث

عامل التراكم الارضي

المراسلة:

الاسم: احمد غازي عطيه

Email:

ahmed.ghazi.atiya97@gmail.com

Evaluation Of Environmental and Pollution Indices of Heavy Metals of Dust Samples in Baiji and Salah Al-Din General Hospitals in Salah Al-Din Governorate/ Iraq

Ahmed Ghazi Atiya ^{1*} , Mahmood Fadhil Abed ² 

^{1,2} Department of Applied Geology, College of science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.

Article information

Received: 15- May -2023

Revised: 28- Jul -2023

Accepted: 05- Sep -2023

Available online: 01- Jan – 2024

Keywords:

Heavy Metals
Dust Storm Pollution
Contamination Factor
Nemerow Index
Geo-Accumulation Index

Correspondence:

Name: Ahmed Ghazi Atiya

Email:

ahmed.ghazi.atiya97@gmail.com

ABSTRACT

In this research, five samples of dust deposits are collected from indoor and outdoor the two hospitals Baiji and Salah Al-din General hospital on 25\7\2022 for two days. This research aims to study the concentrations of the heavy metals in the samples of two hospitals by evaluating the pollution index. X-ray fluorescence (XRF) analysis is carried out using the PEDXRF device. The results show the concentrations of twenty heavy elements, which have varying effects on human health. A number of pollution indices are used to assess the contamination status in the hospitals, namely the Pollution factor (CF), which shows that the heavy elements (Se, Sb, Te, Hg, Cd, Bi, U, Ni, Mo and as) fall into the category of very high pollution in the two hospitals, their values are varying from one location to another. The results of the Nemerow pollution index (PI_n) reveals that the sample sites had a highly polluted soil due to the very high concentration of Tellurium (Te), which is included in the Nemerow equation calculation. The Geo-Accumulation factor (I_{geo}) gives that the five sample sites had a very high level of pollution in both hospitals. The reason for the increase in the concentration of these indices is due to an increase in the concentration of some heavy metals.

DOI: [10.33899/earth.2023.140137.1080](https://doi.org/10.33899/earth.2023.140137.1080), ©Authors, 2024, 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

يشكل التلوث بالعناصر الثقيلة مصدر قلق في جميع أنحاء العالم، وتتركز معظم الدراسات والبحوث العلمية على مستويات مصادر التلوث بهذه العناصر وتأثيراتها الصحية في البيئة الحضرية. وتعتبر جودة الهواء التحدي الرئيسي للسلامة والبيئة، وتزداد التحديات مع ارتفاع معدل العواصف الغبارية في العراق وتأثيرها على انتشار العناصر الثقيلة في البيئة الحضرية. وهناك عوامل أخرى كثيرة تسهم في انتشار هذه العناصر، مثل الأنشطة البشرية المتعددة، بما في ذلك استهلاك الوقود الأحفوري، والأنشطة الصناعية، ومصافي تكرير النفط الخام، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، والتدفئة المنزلية، والنمو السكاني المتسارع في جميع أنحاء البلاد، وانحسار المساحات الزراعية، وظاهرة الاحتباس الحراري، والتصحّر، ومخلفات الحروب، وانبعاثات المركبات وازدياد الحركة المرورية. تتركز العناصر الثقيلة في اجواء المناطق الحضرية نتيجة الغبار والترربة (Herath et al., 2018).

تؤدي العمليات الجيولوجية الطبيعية مثل عمليات التجوية والتعرية لصخور القشرة الأرضية التي تعتبر المصادر الأولية للعناصر الثقيلة أو للصخور المنكشفة على سطح الأرض والتي تحتوي على معادن مختلفة وعناصر ثقيلة والتي تؤدي إلى زيادة في تراكيز هذه العناصر الثقيلة في التربة السطحية أو في الغبار الجوي (Flem et al., 2018) لتنتقل بعد ذلك إلى أماكن أخرى بفعل التعرية الريحية أو نتيجة جريان المياه على سطح الأرض أو الذوبان وانتقالها إلى المياه

تقييم الخطر البيئي ومؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة لنماذج الغبار في مستشفى بيجي وصلاح الدين العام في محافظة صلاح الدين، العراق الجوفية أو ترسيبها مرة ثانية في الطبقات الصخرية تحت سطح الأرض أو في أماكن أخرى (Bao et al., 2019). ولهذا السبب، يمكن ملاحظة انتشار العناصر الثقيلة بتركيز مختلفة في القشرة الأرضية ويمكن ان تكون بتركيز عالية اعتمادا على العمليات الترسيبية الطبيعية التي كونتها (Gong et al., 2010). تُعدُّ العناصر الثقيلة مثل الرصاص Pb، الزئبق Hg، النيكل Ni، الكاديوم Cd، النحاس Cu، الزنك Zn، الكوبالت Co، والكروم Cr، والتيلوريوم Te، واليورانيوم U هي الأكثر اهتمامًا في الدراسات البيئية في الوقت الحاضر نظرًا لتأثيرها الضار والواسع على النظام البيئي بسبب ثباتها العالي لفترة طويلة من الزمن وتأثيراتها الصحية المتعددة على الإنسان بشكل عام (Shen et al., 2020). تتسبب هذه العناصر في تلوث متعدد في المناطق المأهولة بالسكان، مما يؤدي إلى حصول أعراض متعددة منها تلف في الجهاز العصبي وأمراض الكلى والكبد وسرطان الرئة وتهيج الجلد وحساسية مفرطة (James et al., 2020).

الهدف من الدراسة

- 1- دراسة العناصر الثقيلة وتوزيعها في عينات التربة والغبار لمستشفى صلاح الدين العام ومستشفى بيجي التي لها مضار صحية على الانسان والبيئة المحيطة به.
- 2- تحديد تراكيز العناصر الثقيلة الملوثة في عدة مواقع تم نمذجتها من داخل وخارج هاتين المستشفيات وتحديد مستوى التلوث بالعناصر الثقيلة من خلال حساب مؤشرات التلوث وهي مؤشر عامل التلوث ومؤشر نيميرو للتلوث ومؤشر التراكم الأرضي مع تفسير النتائج.

موقع منطقة الدراسة

شملت منطقة الدراسة مستشفيين هما مستشفى بيجي ومستشفى صلاح الدين العام الواقعتين ضمن محافظة صلاح الدين، شمال العاصمة بغداد حوالي 180 كلم الشكل (1). وبين دائرتي العرض وخطي الطول الموضحة في الجدول (1).

الجدول 1. إحداثيات منطقة الدراسة

ت	الموقع	X	Y
1	مستشفى بيجي	43° 30' 00"	34° 52' 50"
2	مستشفى صلاح الدين العام	43° 41' 00"	34° 38' 00"

جيولوجية منطقة الدراسة

توجد عدة تكوينات جيولوجية مهمة ذات طبيعة سحنية فتاتية على امتداد نهر دجلة شمالي محافظة صلاح الدين ويستمر انكشاف هذه التكوينات غربا الى الحدود الدولية مع سوريا وشمالا (Jassim and Goff., 2006) ، حيث يمثل هذا الانكشاف الواسع لهذه التكوينات تأثيرا كبيرا على طبيعة العناصر المعدنية والملوثات التي تحملها العواصف الترابية التي تنشط في مواسم محددة من السنة سواء كانت هذه العواصف محلية او دولية عابرة للحدود تتجه في بعض أيام السنة باتجاه شمال غرب - غرب، حاملة معها دقائق الغبار المحملة بالعناصر الفلزية والمركبات المعدنية والاكاسيد المختلفة المنكشفة على سطح الأرض لتترسب فوق الأبنية والأشجار والاسطح المكشوفة عندما تقل سرعة الرياح.

من اهم التكوينات الجيولوجية المنكشفة هي:

- 1- **تكوين الفتحة:** عمر التكوين هو عصر المايوسين الأوسط، وهو من أقدم التكوينات التي تظهر على سطح الأرض في منطقة الدراسة. يحتوي تكوين الفتحة على طبقات متعددة ومتعاقبة من الحجر الصلصالي (Marle)

والحجر الجيري (Limestone) وطبقات من الجبس (Gypsum) والانهيدرايت (Anhydrite) والتي تتميز غالبيتها بانها طبقات غير فتاتية، سهلة التجوية والاذابة خاصة طبقات الجبس.

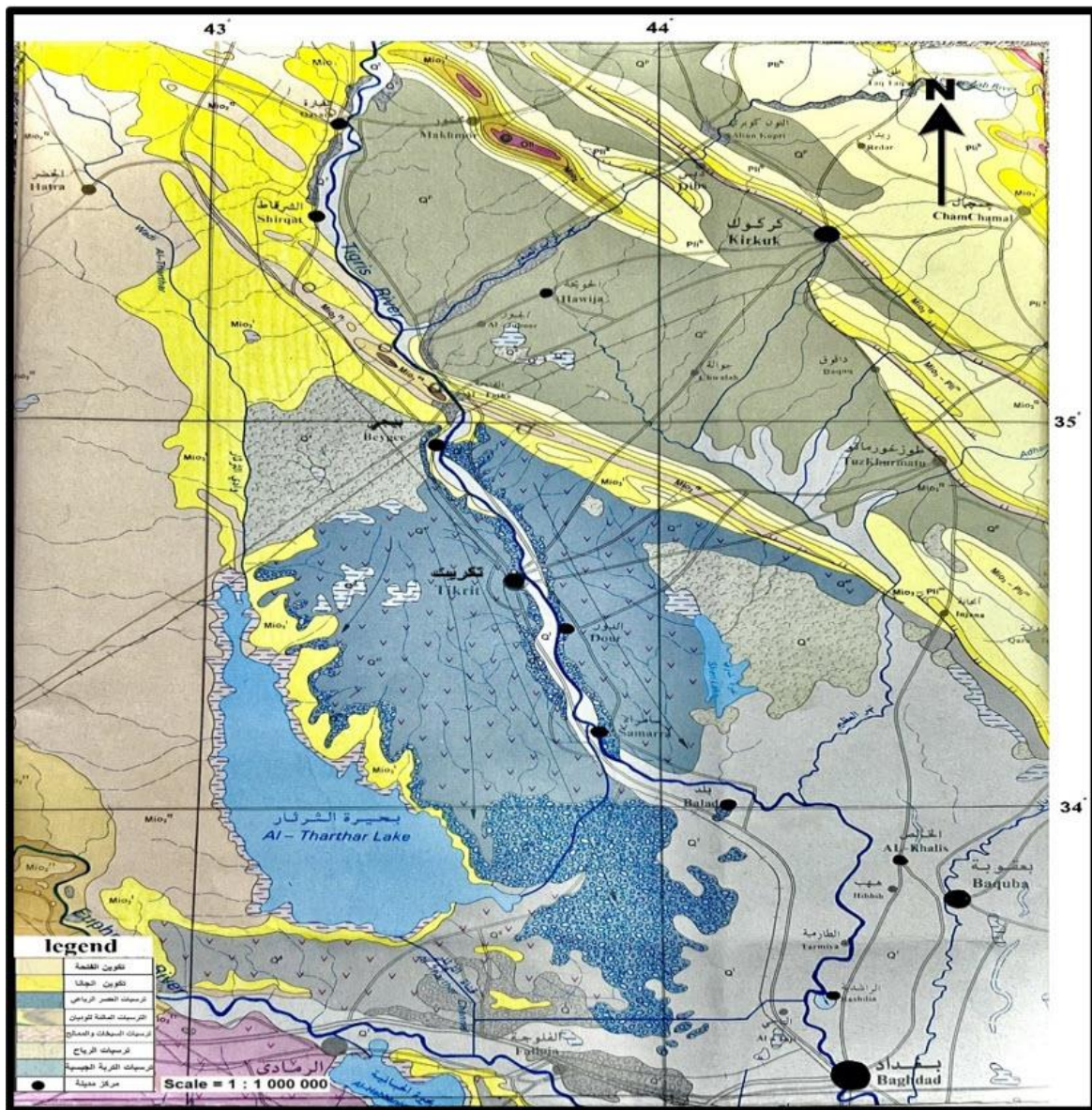
2- **تكوين انجانة:** عمر التكوين هو عصر المايوسين المتأخر، الذي يعلو تكوين الفتحة، ويمثل هذا التكوين تتابعات طباقية متعاقبة من الحجر الطيني وطبقات من الحجر الرملي ذات التتعم نحو الأعلى. ينكشف هذا التكوين على امتداد مساحات واسعة اعتباراً من غرب نهر دجلة ضمن منطقة الدراسة ويمتد غرباً الى الحدود السورية مكوناً بذلك ترسبات ناعمة على سطح الأرض مع كثبان رملية متحركة من السهل حملها بواسطة الرياح أو العواصف الغبارية التي تنشط ضمن المنطقة على فترات مختلفة من السنة. (Jassim and Goff, 2006).

3- **ترسبات العصر الرباعي:** تعلق تكوين انجانة، وهي عبارة عن ترسبات فتاتية مختلفة الاحجام تمتد من الاطيان الى الاحجام الحصوية الكبيرة، وتتكشف على سطح الأرض على شكل طبقات مستوية تتكون من رواسب المدملكات، الرمل، الطين، الحصى وقطع الصخور الرسوبية والتي هي عبارة عن فتات صخري ناتج عن التجوية وتآكل الصخور المكشوفة في المنطقة، وبذلك فهي تساهم في وجود ترسبات ذات احجام ناعمة متحركة من السهل حملها بواسطة الرياح ونقلها بعيدة عن أماكن وجودها (Buday, 1980).

4- **ترسبات العصر الحديث:** تعلق ترسبات العصر الرباعي، وهي ترسبات فتاتية ناعمة، والقسم الاخر يتألف من الحصى، الرمل، الغرين، الطين والجبس وهي ناتجة من تعرية المناطق المرتفعة والتكوينات الاقدم، شكل (2).



الشكل 1. مواقع المستشفيات في منطقة الدراسة



الشكل 2. جيولوجية منطقة الدراسة. المصدر: (الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 2014)

طرق جمع النماذج

تم جمع خمس عينات غبار من مواقع مختلفة اثنان منهما عينات داخلية تمثلت بفلاتر مكيفات الهواء والأخرى الغبار المترسب داخل الأبنية والغرف وردحات المرضى، أما المواقع الخارجية تمثل عينة التربة قرب محرقة النفايات وعينة التربة على بعد خمسين متراً من محرقة النفايات والعينة الخامسة والأخيرة جمعت من تربة حديقة المستشفى. استخدمت مكنسة كهربائية لغرض جمع العينات من فلاتر مكيفات الهواء، والغبار الداخلي فضلاً عن استخدام مجرفة لجمع العينات الخارجية، وزن كل عينة بحدود (100) غرام. وضعت عينات الغبار والتربة في أكياس البولي إيثيلين الشفافة محكمة الغلق.

نقلت النماذج إلى مختبر الجيوكيمياء في قسم علوم الأرض التطبيقية في كلية العلوم، جامعة تكريت حيث تم تجفيف عينات الغبار بالفرن بدرجة (50) سليزية لمدة (24) ساعة لغرض تجفيف النماذج من الرطوبة، وبعد ذلك نخلت عينات الغبار باستخدام مناخل قياسية بحجم 75 مايكرومتر (0.075) ملمتر، وتم وزن (25) غرام من كل نموذج وأرسلت إلى مختبر الجيولوجيا الهندسية في جامعة انقرة، تركيا لأغراض تحليل وفحص العينات بواسطة جهاز (PEDXRF) إلى مختبر الجيولوجيا الهندسية في جامعة انقرة، تركيا للحصول على تراكيز العناصر الثقيلة. (Polarized Energy Dispersive X-ray Fluorescence)

مؤشرات التلوث

ان المخاطر الناشئة عن التلوث بالعناصر الثقيلة في النظام البيئي تتطلب تحديد تراكيزها في التربة أو في الغبار المحمول وذلك عن طريق اختيار الطريقة التحليلية المناسبة لتحديد ومعرفة تلك التراكيز وهي مسألة مهمة جدا من حيث توفر الموثوقية والدقة في القياسات وفي الحسابات الرياضية المستخدمة. تم استخدام طريقة فحص (PEDXRF) لتحديد تراكيز العناصر الثقيلة (Heavy Metals) كما في الجدول (5) لمستشفى بيجي والجدول (6) لمستشفى صلاح الدين العام، ومقارنة هذه التراكيز مع المحددات العالمية للوفرة الطبيعية لكل عنصر (Kabata- Pendias, 2011). هناك مؤشرات مختلفة يمكن من خلالها تقييم تأثيرات الأنشطة البشرية أو التأثيرات الطبيعية الاخرى مثل العواصف الغبارية والمياه والامطار وتأثيراتها على النظام البيئي (Ingengite, A. K., 2015).

تم في هذه الدراسة استخدام ثلاث مؤشرات لحساب مستوى التلوث وهي:

1- عامل التلوث:

يعرف عامل التلوث (CF) Contamination Factor بأنه حصول تركيز للعناصر الثقيلة في التربة اعلى من الوفرة الطبيعية الموجودة في القشرة الارضية، وهو اداة فعالة لمراقبة التلوث بالعناصر الثقيلة والذي يستخدم لتقييم درجة التلوث كنتيجة للنشاط البشري، كما يمكن استخدامه للتمييز بين أصل العناصر الثقيلة سواء كانت من أصل بشري او من التأثيرات الطبيعية. يعتمد عامل التلوث في تصنيف مستوى تلوث العناصر الثقيلة في عينات التربة والغبار على قسمة تركيز كل عنصر في التربة أو الغبار على تركيز الوفرة الطبيعية أو الخلفية الطبيعية لذلك العنصر وتستخدم المعادلة رقم (1) في احتساب عامل التلوث (Ingengite, A.K., 2015) وكما يلي:

$$CF = \frac{(C_m)_{sample}}{(C_m)_{background}} \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان:

$(C_m)_{sample}$ هو تركيز عنصر معين في نموذج التربة أو الغبار في منطقة الدراسة.

$(C_m)_{background}$ قيمة الوفرة الطبيعية لكل عنصر ثقيل ملوث مقاس في منطقة الدراسة.

تقسيم عامل التلوث الى اربعة اقسام او اصناف وكما مذكورة في الجدول (2) (Al shurafi et al, 2023).

الجدول 2: تصنيف عامل التلوث ومستوى التلوث (CF)

تصنيف مستوى التلوث	قيمة عامل التلوث (CF)
عامل تلوث واطئ	$CF < 1$
عامل تلوث معتدل	$1 \leq CF < 3$
عامل تلوث عالي	$3 \leq CF < 6$
عامل تلوث عالي جداً	$CF > 6$

2- مؤشر نيميرو للتلوث:

مؤشر نيميرو للتلوث (Nemerow Index (PI_n)) اقترحه العالم الأمريكي نيميرو، وتعد هذه الطريقة واحدة من أكثر الطرق استخداماً كمؤشر شامل للتلوث البيئي في داخل الابنية السكنية وكذلك في الخارج وفي المساحات السطحية المكشوفة. يستخدم هذا المؤشر في تقييم التلوث بالعناصر النزر في التربة السطحية حيث يعطي أفضل انعكاس لمستوى شامل لتلوث التربة (Adamu, 2014). يتم حساب مؤشر نيميرو للتلوث ضمن مرحلتين، في المرحلة الاولى يتم حساب مؤشر التلوث لكل عنصر على حدة، هذه المرحلة لا تعكس قيمة التلوث بشكل كامل لمنطقة الدراسة، كما في المعادلة (2) (Su, K. et al., 2022).

$$P_i = CF = \frac{C_i}{S_i} \dots \dots \dots (2)$$

حيث ان:

P_i = مؤشر التلوث لكل عنصر ثقيل مقياس في منطقة الدراسة.

C_i = هو تركيز عنصر معين في نموذج التربة او الغبار في منطقة الدراسة.

S_i = قيمة الوفرة الطبيعية لكل عنصر ثقيل ملوث مقياس في منطقة الدراسة.

أما في المرحلة الثانية، وهي المعتمدة في اجراء عملية حساب مؤشر تلوث نيميرو من خلال حساب معدل قيمة التلوث العليا لكافة العناصر الملوثة في منطقة الدراسة، حيث يعطي تصور شامل عن جودة او نوعية التربة من خلال معرفة العناصر الاكثر تلوثا للتربة. يمكن حساب مؤشر تلوث نيميرو (PI_n) من خلال المعادلة (3) (Hakanson (L.,1980).

$$PI_n = \sqrt{\frac{(Pi)_{max}^2 + \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Pi\right)^2}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان:

P_i = هو مؤشر التلوث لكل عنصر ثقيل.

$(Pi)_{max}$ هي القيمة العليا المسجلة لمؤشر التلوث الفردي للعنصر الثقيل الذي تم فحصه.

n = عدد العناصر التي تم فحصها في منطقة الدراسة. صُنفت نوعية التربة إلى خمسة اصناف حسب مؤشر التلوث

نيميرو PI_n ، كما في الجدول (3). (Adamu, 2014).

الجدول 3: تصنيف نوعية التربة حسب مؤشر نيميرو للتلوث	
نوعية التربة الملوثة	مؤشر تلوث نيميرو (PI_n)
تربة غير ملوثة	$PI_n < 0.7$
تربة قليلة التلوث	$0.7 \leq PI_n < 1$
تربة معتدلة التلوث	$1 \leq PI_n < 2$
تربة عالية التلوث	$2 \leq PI_n < 3$
تربة فائقة التلوث	$PI_n \geq 3$

3- مؤشر التراكم الأرضي:

عامل التراكم الأرضي (Geo-Accumulation Index (I_{geo}) واحد من المؤشرات الأكثر استخداماً للقياس الكمي لمستوى التلوث بالفلزات الثقيلة من المصدر المتوقع للملوثات ومدى مساهمة المصدر الأرضي (Lithogenic Source) في اغناء أو تجهيز التربة او الغبار بالعناصر الفلزية الثقيلة من خلال مقارنة تراكيز العناصر الثقيلة المقاسة في منطقة الدراسة مع الوفرة الطبيعية لتلك العناصر في القشرة الارضية. يستخدم هذا المؤشر لتحديد مدى تأثير العامل الأرضي في تلوث التربة (Hussain, 2015).

يتم حساب مؤشر التراكم الأرضي حسب المعادلة رقم (4) (Muller, 1969):

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n \text{ sample}}{1.5 \times B_n \text{ Background}} \dots \dots \dots (4)$$

حيث ان:

$C_n \text{ sample}$ = تركيز العنصر الثقيل في نموذج التربة او الغبار

$B_n \text{ Background}$ = تركيز الوفرة الطبيعية للعنصر الثقيل في القشرة الأرضية

(1.5) = ثابت تصحيحي لنشاط العامل الأرضي او البيئي لحساب أي تغير محتمل في نموذج المقارنة

تم تقسيم مؤشر العامل الأرضي الى سبعة أصناف كما في الجدول (4)، (Lu et al., 2009).

الجدول 4: تصنيف مؤشر عامل التراكم الأرضي (Igeo)

تصنيف مؤشر عامل التراكم الأرضي	قيمة عامل مؤشر حمولة التراكم الأرضي (Igeo)
لا يوجد تلوث	≤ 0
لا يوجد تلوث الى تلوث معتدل	0 - 1
تلوث معتدل	1 - 2
من تلوث معتدل الى تلوث عالي	2 - 3
تلوث عالي	3 - 4
من تلوث عالي الى تلوث عالي جدا	4 - 5
تلوث عالي جدا للغاية	$5 \leq$

النتائج والمناقشة

تراكيز العناصر الثقيلة:

تم قياس معدلات التراكيز لبعض العناصر الثقيلة وبعد مقارنتها مع معدلات التراكيز للوفرة الطبيعية في صخور القشرة الأرضية كما في الجدول (5) لنماذج مستشفى بيجي والجدول (6) لنماذج مستشفى صلاح الدين العام تبين أن هناك معدلات تراكيز عالية لبعض هذه العناصر الثقيلة في مستشفى بيجي ومستشفى صلاح الدين العام، حيث أظهرت النتائج إن المستشفيات تعتبران عرضة للتلوث بالعناصر الثقيلة وهي Co, Ni, Zn, As, Se, Sr, Zr, Mo, Cd, Sn, (Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi, U). يعود سبب الزيادة في تراكيز هذه العناصر الى عدة عوامل مشتركة منها عوامل طبيعية ومدخلات جيولوجية من تجوية وتعرية للطبقات الصخرية المنكشفة على سطح الأرض والأنشطة الزراعية واستخدام الأسمدة الكيماوية، في حين إن سبب زيادة تركيز عنصر الزئبق (Hg) يعود الى الصناعات الدوائية والنفايات الطبية فضلاً عن استخدام مبيدات الحشرات. العناصر (Rb, Cu, Ba) لم تُظهر أي تراكيز عالية في المستشفيات.

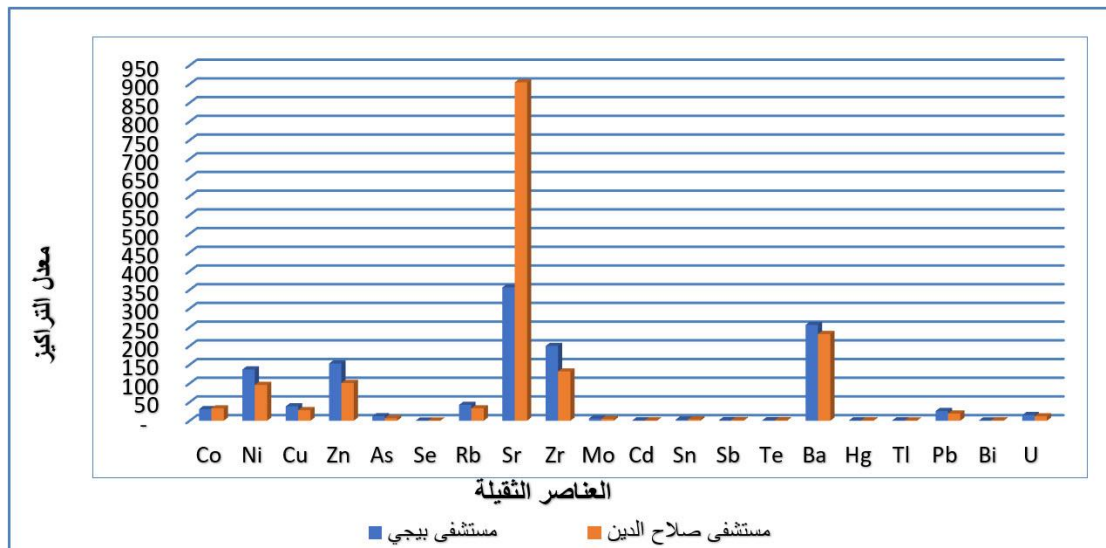
الجدول 5: تحاليل قيم تراكيز العناصر الثقيلة الناتجة من جهاز (PEDXRF) في مستشفى بيجي مقاسة بوحدة (ppm)

العناصر	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Cd	Sn	Sb	Te	Ba	Hg	Tl	Pb	Bi	U
اسم العنصر	كوبالت	نكل	نحاس	زنك	ارنيك	سيلينيوم	روبيديوم	سترونشيوم	زركونيم	موليبدينوم	كاديوم	قصدير	سنت	تيلور	باريوم	زئبق	ثاليوم	الرصاص	بيسموت	يورانيوم
نموذج فلتر مكيف الهواء	29.8	117.9	33.4	240.3	33.2	0.3	39.8	424.2	128	4	0.7	5.8	2.6	1.3	265.9	0.9	1	28	1.1	11.6
نموذج تربة الحديقة الامامية	34.9	172.8	30.5	76	6	0.3	43.4	286.1	207.9	5.6	1.3	4	1	1.3	238.5	0.8	0.9	12.5	0.6	18.1
نموذج تربة مجاور المحرقة	30.9	109.2	25.8	192.8	5.6	0.3	40	326	321.8	9.6	1.3	1	0.9	1.2	262.6	0.8	0.9	55.4	0.5	14.4
نموذج المحرقة على بعد 50 متر	30.6	158.9	39.1	161.1	7.1	0.3	45.3	297.6	164.6	3.3	0.6	2.5	1.9	0.5	244.7	0.8	0.8	16.5	0.6	21.6
نموذج غبار داخلي	29.3	126	63.3	95.1	8.5	0.3	43.5	446.7	177	7.8	0.9	1	1	1.2	268.5	0.8	0.9	17.2	0.6	9.7
المعدل	31.1	136.9	38.4	153.0	12.0	0.3	42.4	356.1	199.8	6.0	0.9	2.8	1.4	1.1	256.0	0.82	0.9	24.4	0.68	15.0
الوفرة الطبيعية	10.0	20.0	55.0	70.0	1.8	0.05	90.0	375.0	165.0	1.5	0.1	2.5	0.2	0.005	400.0	0.07	0.5	15.0	0.2	2.0

الجدول 6: تحاليل قيم تراكيز العناصر الثقيلة الناتجة من جهاز (PEDXRF) في مستشفى صلاح الدين العام مقاسة بوحدات (ppm)

العناصر	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Cd	Sn	Sb	Te	Ba	Hg	Tl	Pb	Bi	U
اسم العنصر	الكوبالت	النيكل	النحاس	الزنك	الزرنيخ	السلينيوم	الروبيديوم	السترونشيوم	الزركونيوم	الموليبيدينوم	الكاديوم	القصدير	الانتيمون	التيلوريوم	الباريوم	الزئبق	الثاليوم	الرصاص	البيسموث	اليورانيوم
نموذج فلتر مكيف الهواء	25.2	111.7	48.6	215.9	8.2	0.4	40.2	465	99.1	7.1	0.9	5.9	2.2	1.1	248	0.8	0.8	31.4	2.6	8
نموذج تربة الحديقة الامامية	34.4	76.5	17.5	52	5.2	0.3	26.1	1375	135.7	3.4	0.7	3.6	0.9	1.2	184.9	0.8	0.5	17.8	0.6	24
نموذج تربة مجاور المحرقة	43.6	96.3	19.7	45.6	6.7	0.3	31.9	1037	151.3	3.1	0.9	1.1	0.9	1.1	258.6	0.8	0.8	13.2	0.6	8.2
نموذج المحرقة على بعد 50 متر	25.3	75.5	24.9	118.7	5.6	0.3	26	1118	117.6	3.7	1.1	6.5	2.6	1.2	213.6	0.8	0.8	18.9	0.6	9.8
نموذج غبار داخلي	36.2	118	30.5	71.8	7.9	0.3	41.5	526.9	154.7	6.6	0.4	1.1	1.6	1.2	253.5	0.8	0.8	14.8	0.6	8.8
المعدل	32.9	95.6	28.2	100.8	6.7	0.3	33.1	904.3	131.6	4.7	0.8	3.6	1.6	1.16	231.7	0.8	0.7	19.2	1.0	11.7
الوفرة الطبيعية	10.0	20.0	55.0	70.0	1.8	0.05	90.0	375.0	165.0	1.5	0.1	2.5	0.2	0.005	400.0	0.07	0.5	15.0	0.2	2.0

تم تمثيل معدل تراكيز العناصر الثقيلة لكل مستشفى على شكل مدرج تكراري لغرض إجراء مقارنة وصفية بين تراكيز العناصر في هذه المستشفيات التي توضح ارتفاع كل عمود درجة تركيز كل عنصر كما في الشكل (3).



الشكل 3. المدرج التكراري لمعدل تراكيز العناصر الثقيلة في مستشفى بيجي وصلاح الدين العام.

العناصر الثقيلة التي أظهرت تراكيزاً عالية موضحة على النحو التالي: -

- الكوبالت (Co): يظهر عنصر الكوبالت سلوكاً جيوكيميائياً مشابهاً إلى عنصر الحديد والمنغنيز والنحاس والرصاص، وقد يكون مركبات مع الأكاسيد مثل CaO و Al_2O_3 (Krupka and Sernc., 2002). له قابلية على الامتزاز على أسطح المعادن الطينية والمعادن الكربوناتيّة، ويزداد تركيزه في التربة من المصادر الطبيعية مثل التجوية للصخور الحاملة له فضلاً عن الفعاليات البشرية المتمثلة بالأنشطة الزراعية وحرائق الغابات (Hem., 1991). تشمل أعراض التعرض لتراكيز عالية من الكوبالت إلى قلة في نمو الإنسان مع فقدان وزن الجسم، ثم حالة شديدة من الهزال وفقر الدم، ويمكن في بعض الأحيان أن يسبب الموت (Gondgi., et al., 2022).
- النيكل (Ni): يوجد النيكل في التربة في عدة أشكال كيميائية إما في الشكل الأيوني الحر (Ni^{+2}) أو معقد مع روابط عضوية وغير عضوية. يمكن امتصاص النيكل بسهولة بواسطة التربة، ومن السهل امتزازه على أسطح المعادن الطينية (Cornwall, 1967)، وهذا هو السبب الذي يجعل عنصر النيكل أكثر خطورة وسمية في البيئة (Kabata-pendias, 2007). من المصادر البشرية للتلوث بعنصر النيكل هو التلوث الصناعي من تأثير

- وانتشار المواد الهيدروكربونية في المناطق القريبة من مدينة بيجي من جراء وجود مصافي النفط والانبعاثات الهيدروكربونية وحرق الغاز المصاحب (Al-Manssory et al., 2004). النيكل عنصر مسرطن للبشر وتناوله طويل الاجل يمكن ان يتسبب في الإصابة بسرطان الرئة. (Shen and Zhang, 1994).
3. **الخاصين (Zn):** تعتبر الطبقات الصخرية في القشرة الأرضية مصدراً أساسياً حاملة لعنصر، فضلا عن وجوده في رواسب الكربونات مثل معدن السمسونيت ($ZnCO_3$) ووفرتة في اكاسيد الحديد والمنغنيز، ومن السهولة ان يحصل له امتزاز على أسطح المعادن الطينية مثل السمكتايت والمونتموريلونيت والإلايت والكاؤولينايت بفعل عمليات التجوية والتعرية للصخور المصدرية الحاملة لهذه العنصر فضلا عن الأنشطة الزراعية وانبعاثات عوادم السيارات ومحطات توليد الطاقة الكهربائية خاصة في مستشفى بيجي القريبة من المناطق الصناعية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية. الخاصين عنصر أساسي للحفاظ على نمو الانسان الصحي، ولكن التعرض لكمية منه تسبب تهيج الجلد وعيوباً في التكاثر و فقر الدم وتشنجات في المعدة (Plum et al., 2010).
4. **الزرنينج (As):** تعتبر خامات الكبريتيدات المصدر الرئيس في القشرة الأرضية لعنصر الزرنينج، من هذه الخامات خام كبريتيد الحديد (FeS_2) وكبريتيد الزنك (ZnS) والسلفرايت والجالكوبايراييت ($CuFeS_2$)، حيث يكون الزرنينج مركبات مختلفة مع هذه الخامات سهلة الحركة في الهواء والاذابة والتي تساهم في زيادة تركيز الزرنينج في التربة السطحية والمياه (Yuan, et al., 2014). تساهم الانشطة الزراعية في زيادة تركيز عنصر الزرنينج في التربة والهواء فضلا عن الرماد والانبعاثات المتطايرة من محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالوقود الاحفوري وتعتبر مصدراً مهماً في تلوث النظام البيئي (Sarifuzzmam, et al., 2007). يؤدي خطر الإصابة من جراء التلوث بمركبات الزرنينج الى حصول اورام خبيثة كسرطان الرئة والجلد والتهاب الكلى خاصة عن طريق الهضم او ملامسة الجلد (Bradi, 2005).
5. **السيلينيوم (Se):** يوجد عنصر السيلينيوم بشكل طبيعي في الصخور النارية والرواسب البركانية وفي الصخور الرسوبية مثل الحجر الرملي والحجر الغريني والطفل، ويشتق من تجوية المعادن الكبريتيدية مثل الباييراييت (FeS_2) في الظروف المؤكسدة ومن الممكن ان يوجد مع معادن أخرى مثل الكالينا (PbS) والسلفرايت (ZnS) والجالكوبايراييت ($CuFeS_2$)، وكذلك يوجد مع معادن الفضة والنحاس والرصاص والنيكل، يوجد على شكل اكاسيد ثنائية وثلاثية مثل SeO_2 و SeO_3 (Howard, 1996). ويمكن لكلا المركبين ان يُمتزاً على أسطح المعادن الطينية (AL-Jumaily, and Ahmed., 2018). الاصابات الأكثر شيوعاً للتسمم بعنصر السيلينيوم هي هشاشة العظام وتساقط الشعر والاضاظر فضلا عن حصول اضطرابات في الجهاز الهضمي، والطفح الجلدي مع وجود رائحة كريهة تشبه رائحة الثوم مع التوتر العصبي. ويمكن لهذا العنصر ان يتم ابتلاعه عن طريق تناول الأطعمة الحاملة له فضلاً عن استنشاق الهواء الجوي الملوث (Eszter et al., 2019).
6. **السترونتيوم (Sr):** السترونتيوم عنصر ثقيل يوجد في الطبيعة بشكل مزيج من أربعة نظائر، ثلاثة منها مستقرة هي Sr^{84} ، Sr^{86} ، Sr^{87} ، ويشكل النظير Sr^{88} نسبة 82.6% من كل السترونتيوم الطبيعي، وهو نظير مشع ذو نصف عمر طويل يتحلل إلى اشعة بيتا، وهو أيضاً أحد النظائر المثيرة للقلق في استخدامها في انتاج الأسلحة كمنتج انشطاري ويمكن أن يسبب التعرض له إلى سرطان العظام وسرطان الأنسجة وسرطان الدم. قد يتعرض الانسان الى كميات قليلة من السترونتيوم الاشعاعي من خلال استنشاقه للهواء الملوث بمركبات السترونتيوم او من خلال تناوله للأطعمة او المياه الملوثة، وقد تسبب تهيجاً وحساسية في الجلد من جراء التلامس مع التربة او المياه الملوثة بمركبات السترونتيوم، حيث يسبب سرطان الرئة تهيج الجهاز التنفسي وزيادة الحساسية ومشاكل في نمو العظام (Eriksson, 2001).

يرتبط المصدر الرئيس للتلوث الكبير بعنصر السترونتيوم من حرق الفحم والانبعثات من محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالوقود الأحفوري وتعددين واستخراج الكبريت، فضلا عن الأنشطة البشرية الأخرى في استخدام الأسمدة الفوسفاتية والعضوية في الزراعة، والأنشطة الصناعية والمصادر الطبيعية (Ding et al., 2022).

7. **الزركونيوم (Zr):** الزركونيوم عنصر ثقيل، صلب وقوي ومقاوم للتآكل ويستخدم أساساً في المفاعلات النووية لكونه خامل كيميائياً ولعدم تفاعله مع النيوترونات وكونه مقاوماً ممتازاً للحرارة العالية وللتآكل وهو صعب الانصهار، ولذلك يستخدم في صناعة بوابق وأواني صهر الفلزات وكذلك في تغليف بطانات الأفران الحرارية. يستخدم الزركونيوم كأحد مستحضرات التجميل ومعجون الأسنان، ويتم استخدامه أيضاً في المنسوجات والصبغات المقاومة للماء، ويستخدم في الألعاب النارية (Kabata-Pendias, 2011). المصدر الرئيس لوجود عنصر الزركونيوم في التربة هو اشتقاقه بفعل العوامل الجيولوجية من الصخور الام الحاضنة لمعدن الزركون ($ZrSiO_4$)، وأهمها صخور البازلت والانديسايت، فضلا عن وجود تراكيز له في الأجزاء الخشنة من الرواسب الرملية في التربة الصحراوية والتي غالبا ما يكون فيها مرتبطاً مع اليورانيوم والثاليوم التي تسبب تلوثاً بيئياً كبيراً (Castillo et al., 2008). من المضار التي يسببها مسحوق الزركونيوم هي تهيج العين، وحساسية في الجلد عند التعرض له على المدى القصير، ويمكن أيضاً أن يسبب ضرراً للرئتين والجهاز الهضمي بعد التعرض له على المدى الطويل أو بصورة متكررة (Schaller, et al., 2004).

8. **الموليبدينوم (Mo):** مصادر التلوث الرئيسة لعنصر الموليبدينوم ناتجة من الأنشطة البشرية المتمثلة بالاستخدام المفرط للأسمدة الزراعية ومبيدات الحشرات ورمي النفايات وفضلات الصرف الصحي (Shatha et al, 2022)، فضلاً عن عمليات التجوية الكيميائية للصخور الام الحاملة لمركبات عنصر الموليبدينوم. ويمكن له ان يمتز على أسطح المعادن الطينية والتي تساعد على انتشاره في التربة والهواء (Adamo et al., 2005). من اهم اضرار التعرض لعنصر الموليبدينوم عن طريق مسار الابتلاع هو حصول فشل كلوي وضعف النمو والاسهال ومرض النقرس فضلاً عن مشاكل وتلوث بيئي وعضوي (Wang et al., 2020).

9. **الكاديوم (Cd):** يوجد الكاديوم في التربة والرسوبيات بشكل رئيسي في الطبقات التي يحصل فيها تبادل ايوني عند الطبقات السطحية مع الهواء او الطبقات تحت السطحية الملامسة للمياه الجوفية. ينتقل الكاديوم الى البيئة المحيطة به عن طريق عمليات التجوية والتعرية للصخور الطبيعية الحاملة للخامات الحاوية على الكاديوم مثل السفرايت (ZnS) (Spharelite)، او يوجد مرتبط مع خامات الزنك والرصاص والنحاس (Aubert and Pinta, 1977). ينتشر الكاديوم من جراء استخدام الأسمدة الفوسفاتية وحرق النفايات (Morrow, 2001)، فضلاً عن ذلك هناك أسباب أخرى لمصادر التلوث بالكاديوم هي طبيعة وجود المصادر النفطية قرب مدينة بجي وانبعثات فضلاتها (Mahmood, 2009).

الكاديوم مصنف كعنصر مسرطن وسام للكلية (Waalkes, 2003) ويسبب التعرض له السرطان والضرر للقلب والاعوية الدموية والجهاز الهضمي والتنفسي والكلية والاعصاب (Abreu et al., 2018) ويسبب اعتلال الدماغ وخلل في نظام النمو وحركة الأطراف (Meng et al., 2016).

10. **القصدير (Sn):** عنصر فلزي ثقيل ذو لون أبيض فضي، أهم مركباته المعدنية هو معدن الكاسيتيرايت ($Cassiterite, SnO_2$) الذي يوجد طبيعياً في الصخور النارية والبركانية. الرواسب المعدنية والتجوية الفيزيائية والكيميائية للصخور الام من أهم مصادر وجود وانتشار عنصر القصدير في التربة السطحية والغبار الجوي فضلاً عن الأنشطة البشرية المتمثلة بالتوسع الصناعي باستخدام العنصر بشكل رئيس كعامل طلاء للجدران والأرضيات وكواقي طلاء للسبائك، في الغالب يستخدم في طلاء صفيح العلب المعدنية لمنع التآكل والصدأ،

ويستخدم في صناعة سبائك البرونز واللحام، وكذلك كمبيدات حيوية، ومانع للتآكل في دهانات السفن. هذا الاستخدام الموسع أدى إلى قلق جدي بشأن انتشار التلوث الكيميائي والحيوي في البيئية المائية والتربة والهواء على حد سواء فضلاً عن ذلك فإن عنصر القصدير يصدر من جراء الاحتكاك في انظمة موقوفات السيارات، من انبعاثات عوادم محركات السيارات ومن طرق التخلص من فضلات زيوت السيارات التي تنتشر بالهواء، إذ أصبحت مصدر قلقٍ بسبب آثارها السمية على كل من الحيوانات والانسان (Demir et al., 2023).

11. **الانتيمون (Sb):** يعتبر عنصر الانتيمون عنصر سام وملوث رئيسياً للتربة السطحية وخطراً. ينتشر في البيئية بشكل سريع وواسع، من اهم مصادر الانتيمون هي الأنشطة البشرية (Rouhani, et al., 2023). المصادر الأساسية والمهمة للتلوث بعنصر الانتيمون قادم من انبعاثات عوادم السيارات والأماكن ذات الكثافة المرورية العالية استنشاق الهواء الملوث من انبعاثات محطات توليد الطاقة الكهربائية ومصادر تصريف الفضلات الثقيلة والملوثات المنبعثة من أماكن تصليح السيارات وصهر المعادن ومكبات النفايات وتآكل إطارات السيارات وفضلات البطاريات الجافة (Adimalla, 2019). تشمل مسارات التعرض لعنصر الانتيمون الاستنشاق والابتلاع والتلامس الجلدي، مما يؤدي الى حصول تأثيرات صحية سامة جداً على الجلد والعينين والرئتين والأمعاء والمعدة والكبد والكلى والقلب، ويعتبر مادة مسرطنة للإنسان (Han et al., 2016).

12. **التيليريوم (Te):** يوجد عنصر التيليريوم في صخور القشرة الأرضية مكوناً مركبات معدنية أهمها معدن التيلورايت (TeO_2)، معدن السيلفانايث ($(Au, Ag)_2Te_4$)، معدن الهسايت (Ag_2Te)، معدن الكالافرايت ($AuTe_2$)، كبريتيد التيليريوم (Bi_2Te_2S)، معدن الكرينيرايت ($(Au, Ag)(Te)_2$). هناك ميل للتراكيز المرتفعة لعنصر التيليريوم في صخور الحجر الرملي والغرين والصخور الطينية الحاملة للمعادن الطينية، وهذا ما يجعل منه عنصراً سريع الانتشار بواسطة العواصف الغبارية والرياح فضلاً عن الانبعاثات من محطات توليد الكهرباء التي تعمل بالوقود الاحفوري (Liorens, et al., 2000). يتكون عنصر التيليريوم بشكل طبيعي من ثمانية نظائر، ستة منها مستقرة واثنان غير مستقرة هي Te_{128} و Te_{130} وهي من النظائر المشعة مع نصف عمر طويل ولهذا السبب فهو عنصر خطر وذو سمية عالية عند التعرض له بالاستنشاق او الملامسة او الابتلاع مسبباً اعراض مرضية كثيرة ومتعددة منها سرطان الرئة، حكة في الجلد، والتهابات في الأمعاء والكلى. (Bassam, et al., 2023).

13. **الزئبق (Hg):** يتواجد عنصر الزئبق في صخور القشرة الأرضية على شكل مركبات كبريتيدية من أهمها معدن السينبار (HgS) مكوناً خامات الزئبق التي توجد على شكل سائل في درجات الحرارة الاعتيادية (Dini, 2003). يوجد الزئبق في ترسبات الفحم الحجري فضلاً عن الانفجارات البركانية وهي احدى مصادر وجود الزئبق في صخور القشرة الأرضية. تعد عمليات تجوية وتعرية الصخور من مصادر الزئبق الرئيسية التي تساعد على انتشار الزئبق في التربة السطحية والغلاف الجوي والمائي (Peccerillo, et al., 1987). تساعد الأنشطة البشرية في زيادة تراكيز الزئبق في البيئية بسبب تزايد استخدام الزئبق (Wang, et al., 2020). بالرغم من الاستخدام الواسع لعنصر الزئبق في المجالات الطبية والبشرية، الا ان له اعراضاً سمية شديدة على الانسان حيث يؤدي الى تلف الجهاز العصبي والحسي واعراض مرضية في القلب (Sajid, et al., 2020). فضلاً عن ذلك، فإن الزئبق ممكن ان يسبب السرطان ومجموعة من الاضطرابات الأخرى التي تؤثر على جهاز المناعة، القلب، الكلى، الرئة والكبد (Mohammad, 2023).

14. **التاليوم (Tl):** التاليوم عنصر فلزي ثقيل ذو لون أبيض الى ازرق، يوجد بكميات قليلة في صخور القشرة الأرضية، وينتشر إلى التربة من جراء عمليات التجوية والنقل مع المعادن القلوية وقابليته على الامتزاز على سطح المعادن الطينية (Xiao, et al., 2003). ويكون مرتبطاً مع عناصر أخرى في الخامات المعدنية مثل

معادن السلفايد وكذلك مع ترسبات الفحم. ويتم التخلص منه كفضلات في عمليات الاستخلاص المعدني (Cheam et al., 2000). يستخدم في تصنيع مصابيح بخار الزئبق، وأشباه الموصلات، والعدسات البصرية عالية الانكسار للنظارات، وأجهزة تصوير القلب، وفي الصناعات الكهربائية والإلكترونية، والليزرية وفي الأسمدة الزراعية البوتاسية. الثاليوم عنصر ضار وسام جدا عند استنشاقه أو تناوله في الأطعمة أو امتصاصه عن طريق الجلد حيث يسبب تهيجاً للجلد والعين فضلاً عن ضمور في الجهاز العصبي، والشعور بالإرهاق والتعب والصداع وفقدان الشهية وتساقط الشعر واضطرابات في الرؤية. ومعظم حالات التسمم بالثاليوم هي سببها التلوث البيئي وتلوث التربة أو الهواء بزيادة تراكيز الثاليوم من جراء انبعاثات الغازات من محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل بالفحم الحجري، ومن معامل صهر المعادن (Ewers, 1988).

15. **الرصاص (Pb):** يشتق عنصر الرصاص بصورة رئيسة من معدن الكالينا (PbS) ومعدن السربوسايت ($PbCO_3$) ومعدن الانكليساييت ($PbSO_4$) وهي من اهم مصادر الرصاص في الطبيعة، ويمكن له ان ينتشر في التربة والبيئة المحيطة به بفعل عوامل التجوية الجيوكيميائية. يعد عنصر الرصاص من الفلزات الثقيلة السامة اذ ان ارتفاع نسبتها في التربة يعتبر مؤشراً لتلوث البيئة، ويمكن ان يتراكم في الكائنات الحية، وايضاً في السلسلة الغذائية حيث لا يوجد مستوى آمن للتعرض للرصاص (Salminen, 2005). مصدر الرصاص في التربة والغبار الجوي في المدن الحضرية يكون من جراء انبعاثات عوادم السيارات ومحطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالوقود الاحفوري، وتآكل الاسطح المطلية بالأصباغ وصبغ ارضة الشوارع فضلاً عن عمليات التجوية للصحور الحاملة لعنصر الرصاص التي ممكن ان تنتقل بواسطة العواصف الغبارية او المياه الجارية على سطح الأرض (Zannoni et al., 2016). من المصادر البشرية للتلوث لزيادة تراكيز عنصر الرصاص ممكن ان يكون ناتج من مياه الصرف الصحي ومكبات النفايات المنتشرة بالقرب من المدن خاصة مدينة بجي (AI-Mansory et al., 2004). التعرض للرصاص يهاجم الدماغ والجهاز العصبي المركزي ويمكن ان يسبب التشنجات حتى الموت، يتم تخزين الرصاص الممتص عن طريق الابتلاع في الكبد ويدخل الدم ويسبب تلف الكلى ونخاع العظام والدماغ (Hem, 1991).

16. **البيزموث (Bi):** يوجد عنصر البيزموث في الطبيعة على شكل مركبات كبريتيدية من اهمها معدن البيزموثينايت (Bi_2S_3) ويعتبر المصدر الأساسي في انتشاره في التربة السطحية بفعل عوامل التجوية والتعرية الجيولوجية. من اهم المصادر البشرية في انتشار عنصر البيزموث في التربة والهواء هي أماكن مكبات النفايات مع سوء إدارة وحرق هذه النفايات، والأسمدة والمبيدات الزراعية التي تنتشر مع العواصف الغبارية والمياه الجارية على سطح الأرض فضلاً عن تناول الخضار والمحاصيل الزراعية التي تمتص عنصر البيزموث من التربة المشبعة بهذا العنصر والتي تصبح ضارة للإنسان (Suporn Thongyun et al., 2020). يمكن للإنسان ان يتعرض الى عنصر البيزموث من خلال مسارات التعرض وهي الابتلاع، الاستنشاق او التلامس الجلدي حيث يؤدي التلوث بعنصر البيزموث الى حصول التهابات معوية حادة والتهابات في المجاري التنفسية وضعف النمو وقلّة في التركيز وحساسية حادة في الجلد (Abed Mahmood et al., 2015).

17. **اليورانيوم (U):** يتكون اليورانيوم اصلاً في المراحل الأخيرة من تبلور الصهير في المعادن السيليكاتية ويتواجد في صحور الكرانيت. من اهم معادن اليورانيوم هو اليورانيينايت (U_3O_8) فضلاً عن تكوين مركبات معدنية مختلفة مع ترسبات الفوسفات والترسبات السيليكاتية هو سهل الازابة في الوسط المؤكسد ليكون سهل الحركة والانتقال بفعل عمليات التجوية والتعرية الى أماكن أخرى ويطرسب في الوسط المختزل مثل الصحور الكاربوناتية الحاوية على مواد عضوية. (Montgomery, 2011).

يملك اليورانيوم ثلاث نظائر مشعة ويمتاز بسلسلة تحلل اشعاعي قوي ينبعث منها مصدر اشعاع قوي هي اشعة كاما واشعة بيتا واشعة الفا وهو يتصف بنصف عمر طويل جداً، وبذلك فهو عنصر خطر عند التعرض له عن طريق الاستنشاق او الابتلاع او الملامسة مسبباً امراض مسرطنة مختلفة اخطرها سرطان الرئة والتهابات في الكلى والجهاز الهضمي والعضلي وسرطان الدم فضلاً عن تلف وظائف المخ والكبد والقلب. (A bajassim, et al., 2020).

نتائج مؤشرات التلوث

1- عامل التلوث (CF) :

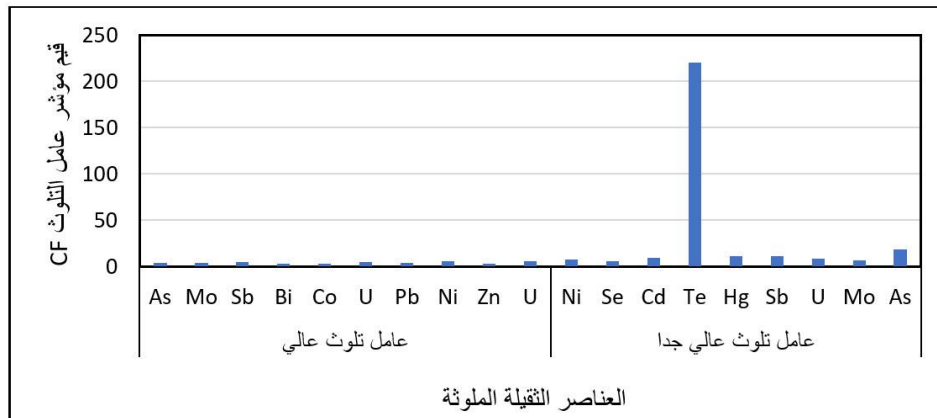
من اجل تقدير واحتساب أفضل لمداخلات الأنشطة البشرية يتم احتساب عامل التلوث (CF)، وان ظهور اي زيادة في قيم هذا العامل يعطي مؤشر على مستوى التلوث في ذلك الموقع (James et al., 2020). تم احتساب قيمة هذا العامل وفق المعادلة رقم (1) ، ودرجت النتائج في الجدول (7) لمستشفى بيجي و الجدول (8) لمستشفى صلاح الدين العام. كانت قيم عامل التلوث عالية الى عالية جداً للعناصر الثقيلة لكلتا المستشفيات وهي (Co, Ni, As, Mo, Cd, Bi, U, Se, Sb, Te, Pb, Zn, Hg)، اما العناصر المتبقية وهي (Cu, Rb, Zr, Sn, Ba, Tl, Sr)، فقد أظهرت تلوثاً واطناً الى معتدل. في حين يوجد تباين في قيم عامل التلوث لبعض العناصر من موقع الى آخر ضمن هاتين المستشفيات اعتماداً على مصادر هذه العناصر الثقيلة التي يكون قسم منها منقول بواسطة العواصف الغبارية، والقسم الاخر ضمن التربة السطحية او من جراء الأنشطة البشرية المختلفة. تم تمثيل معدل كل عنصر لقيم عامل التلوث (CF) لصنف عامل التلوث العالي والعالي جداً لكلتا المستشفيات على شكل مدرج تكراري كما في الشكلين (4 و5).

الجدول 7: قيم مؤشر عامل التلوث (CF) في مستشفى بيجي

اسم العنصر	نموذج غبار داخلي	نموذج تربة على بعد (50) متر من المحرقة	نموذج تربة مجاور المحرقة	نموذج تربة الحديقة الامامية	نموذج فلتر مكيف الهواء	المعدل	مستوى التلوث مستشفى بيجي
Cu	----	0.71	0.47	0.55	0.61	0.58	عامل تلوث واطئ
Rb	0.48	0.50	0.44	0.48	0.44	0.46	
Pb	----	----	----	0.83	----	0.83	
Sn	0.40	----	0.40	----	----	0.40	
Ba	0.67	0.61	0.66	0.60	0.66	0.64	
Sr	----	0.79	0.87	0.76	----	0.80	
Se	----	----	----	----	0.68	0.68	
Zn	1.36	2.30	2.75	1.09	----	1.87	
Sr	1.19	----	----	----	----	1.19	
Tl	1.80	1.60	1.80	1.80	2.00	1.80	
Co	2.93	----	----	----	2.98	2.95	عامل تلوث معتدل
Mo	----	2.20	----	----	2.67	2.43	
Sn	----	1.00	----	1.60	2.32	1.64	
Pb	----	1.10	----	----	1.87	1.48	
Mo	----	----	----	----	----	----	
Pb	1.15	----	----	----	----	1.15	
Sr	----	----	1.95	----	1.13	1.54	
Zr	1.07	1.00	----	1.26	----	1.11	
Bi	----	----	2.50	----	----	2.50	
Cu	1.15	----	----	----	----	1.15	
As	4.72	3.94	3.11	3.33	----	3.77	عامل تلوث عالي
Mo	5.20	----	----	3.73	----	4.46	
Sb	5.00	----	4.50	5.00	----	4.83	
Bi	3.00	3.00	----	3.00	5.50	3.12	
Co	----	3.06	3.09	3.49	----	3.21	
U	4.85	----	----	----	----	4.85	
Pb	----	----	3.69	----	----	3.69	
Ni	----	----	5.46	----	5.90	5.68	
Zn	----	----	----	----	3.43	3.43	
U	----	----	----	----	5.80	5.80	
Ni	6.30	7.95	----	8.64	----	7.63	عامل تلوث عالي جداً
Se	6.00	6.00	6.00	6.00	----	6.00	
Cd	9.00	6.00	13.00	13.00	7.00	9.60	
Te	240.00	100.00	240.00	260.00	260.00	220.00	
Hg	11.43	11.43	11.43	11.43	12.86	11.71	

تقييم الخطر البيئي ومؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة لنماذج الغبار في مستشفى بيجي وصلاح الدين العام في محافظة صلاح الدين، العراق

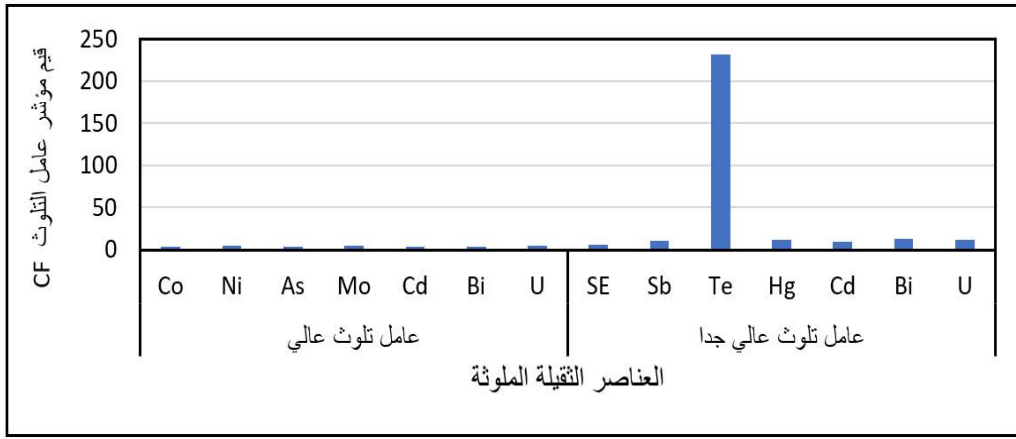
Sb	----	9.50	----	----	13.00	11.25
U	----	10.80	7.20	9.05	----	9.01
Mo	----	----	6.40	----	----	6.40
As	----	----	----	----	18.44	18.44



الشكل 4. المدرج التكراري لقيم عامل التلوث (CF) في مستشفى بيجي

الجدول 8: قيم مؤشر عامل التلوث (CF) في مستشفى صلاح الدين العام

اسم العنصر	نموذج غبار داخلي	نموذج تربة على بعد (50) متر من المحرقة	نموذج تربة مجاور المحرقة	نموذج تربة الحديقة الامامية	نموذج فلتر مكيف الهواء	المعدل	مستوى التلوث مستشفى صلاح الدين العام
Cu	0.55	0.45	0.36	0.32	0.88	0.51	عامل تلوث واطى CF < 1
Rb	0.46	0.29	0.35	0.29	0.55	0.38	
Zr	0.94	0.71	0.92	0.82	0.60	0.79	
Sn	0.44	----	0.44	----	----	0.44	
Ba	0.63	0.53	0.65	0.49	0.62	0.58	
Zn	----	----	0.65	0.74	----	0.69	
Pb	0.99	----	0.88	----	----	0.93	
Zn	1.03	1.70	----	----	----	1.36	
Sr	1.41	2.98	2.77	----	1.24	2.10	
Tl	1.60	1.60	1.60	1.00	1.60	1.48	
Co	----	2.53	----	----	2.52	2.52	
Mo	----	2.47	2.07	2.27	----	2.27	
Sn	----	2.60	----	1.44	2.36	2.13	
Pb	----	1.26	----	1.19	2.09	1.51	
As	----	----	----	2.89	----	2.89	عامل تلوث عالي 3 ≤ CF < 3
Co	3.62	----	4.36	3.44	----	3.80	
Ni	5.90	3.78	4.82	3.83	5.59	4.78	
As	4.39	3.11	3.72	----	4.56	3.94	
Mo	4.40	----	----	----	4.73	4.56	
Cd	4.00	----	----	----	----	4.00	
Bi	3.00	3.00	3.00	3.00	----	3.00	
U	4.40	4.90	4.10	----	4.000	4.35	
Se	6.00	6.00	6.00	6.00	8.00	6.40	
Sb	8.00	13.00	----	----	11.00	10.66	
Te	240.00	240.00	220.00	240.00	220.00	232.00	
Hg	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	
Cd	----	11.00	9.00	7.00	9.00	9.00	
Bi	----	----	----	----	13.00	13.00	
U	----	----	----	12.00	----	12.00	



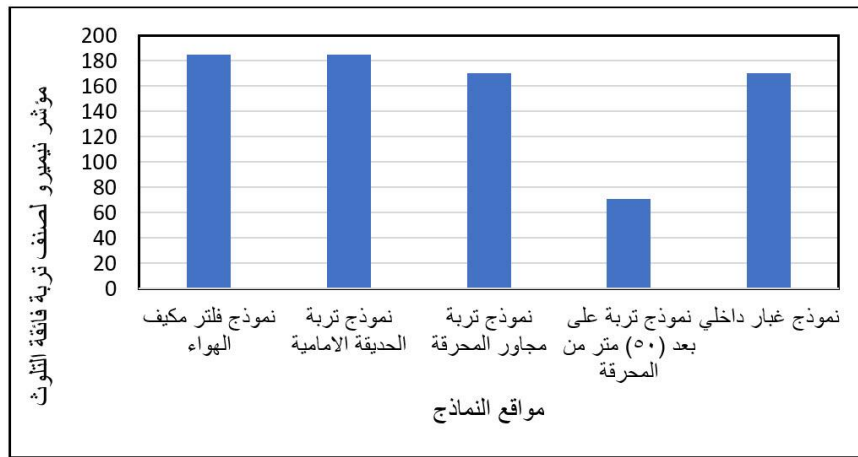
الشكل 5. المدرج التكراري لقيم عامل التلوث (CF) في مستشفى صلاح الدين العام

2- مؤشر نيميرو للتلوث (PI_n)

يتضمن حساب مؤشر نيميرو للتلوث مرحلتين، في المرحلة الأولى تم حساب مؤشر التلوث لكل عنصر ثقيل على حدة حسب المعادلة رقم (2)، إن هذه المرحلة لا تعكس مستوى التلوث بشكل كامل لمنطقة الدراسة. المرحلة الثانية يتم فيها حساب مؤشر نيميرو للتلوث بان تدخل جميع العناصر الثقيلة في المعادلة رقم (3) مع الاخذ بنظر الاعتبار اعلى تركيز مسجل لاحد العناصر (P_{imax}) والذي هو عنصر التيليريوم الذي يمثل اعلى قيمة للتلوث من بين العناصر الأخرى والذي يدخل ضمن حساب معادلة نيميرو للتلوث في المرحلة الثانية الجدول (9) لمستشفى بيجي، والجدول (10) لمستشفى صلاح الدين العام. لهذا السبب نلاحظ وجود تربة فائقة التلوث في كلا المستشفيات لكون عنصر التيليريوم (Te) اظهر اعلى تركيز في منطقة الدراسة، حيث كان معدل تركيزه في مستشفى بيجي 220 ppm وفي مستشفى صلاح الدين 232 ppm حسب قيم عامل التلوث CF لان $CF=PI$. تم تمثيل قيم عامل التلوث نيميرو على شكل مدرج تكراري لصف تربة فائقة التلوث ولجميع مواقع النماذج كما في الشكل (6) والشكل (7). سبب هذا الصنف الفائق التلوث للتربة يعود الى الأنشطة البشرية والصناعية والانبعاثات من عوادم السيارات والنمو السكاني المتزايد فضلا عن مخلفات الاعمال الحربية والعسكرية التي تعرضت لها المنطقة.

الجدول 9: تصنيف نوعية التربة حسب مؤشر نيميرو للتلوث في مستشفى بيجي

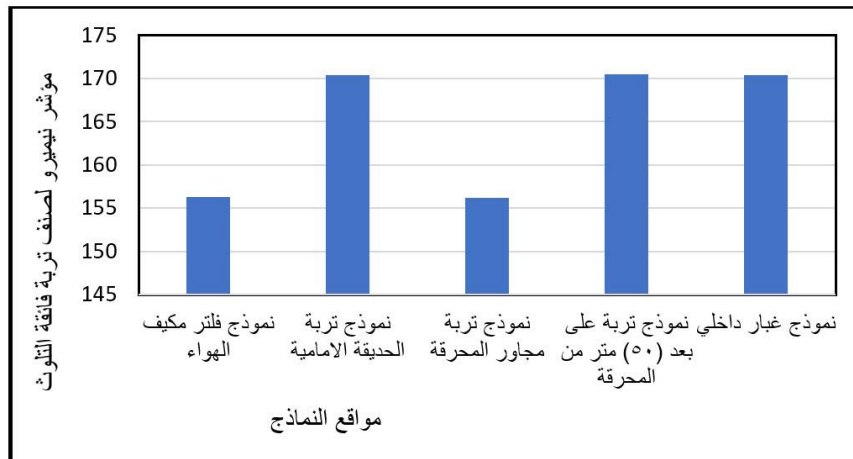
نموذج غبار داخلي	نموذج تربة على بعد (50) متر من المحرقة	نموذج تربة مجاور المحرقة	نموذج تربة الحديقة الامامية	نموذج فلتر مكيف الهواء	مؤشر التلوث نيميرو (PI_n) مستشفى بيجي تربة غير ملوثة
----	----	----	----	----	$PI_n < 0.7$ تربة قليلة التلوث
----	----	----	----	----	$0.7 \leq PI_n < 1$ تربة معتدلة التلوث
----	----	----	----	----	$1 \leq PI_n < 2$ تربة عالية التلوث
----	----	----	----	----	$2 \leq PI_n < 3$ تربة فائقة التلوث
170.40	71.24	170.44	184.61	184.69	$PI_n \geq 3$



الشكل 6. المدرج التكراري لمؤشر عامل التلوث نيميرو في مستشفى بجي

جدول 10: تصنيف نوعية التربة حسب مؤشر نيميرو للتلوث في مستشفى صلاح الدين العام

نموذج غبار داخلي	نموذج تربة على بعد (50) متر من المحرقة	نموذج تربة مجاور المحرقة	نموذج تربة الحديقة الامامية	نموذج فلتر مكيف الهواء	مؤشر التلوث نيميرو (PI_n) مستشفى صلاح الدين العام
---	---	---	---	---	تربة غير ملوثة
---	---	---	---	---	$PI_n < 0.7$
---	---	---	---	---	تربة قليلة التلوث
---	---	---	---	---	$0.7 \leq PI_n < 1$
---	---	---	---	---	تربة معتدلة التلوث
---	---	---	---	---	$1 \leq PI_n < 2$
---	---	---	---	---	تربة عالية التلوث
---	---	---	---	---	$2 \leq PI_n < 3$
170.38	170.43	156.20	170.40	156.32	تربة فائقة التلوث
					$PI_n \geq 3$



الشكل 7. المدرج التكراري لمؤشر نيميرو للتلوث مستشفى صلاح الدين العام

3- مؤشر التراكم الأرضي (I_{geo})

يتم استخدام مؤشر عامل التراكم الأرضي (I_{geo}) للتعبير عن المصدر المتوقع للملوثات سواء كانت من المصدر الأرضي (Lithogenic Source) في اغناء التربة بالعناصر الثقيلة وهي العوامل الجيولوجية مثل التجوية والتعرية للصخور المصدرية، أو من المصادر البشرية (Anthropogenic Sources)، (Adamu et al., 2014) المتمثلة

بانبعثات محطات توليد الطاقة الكهربائية والمولدات الاهلية، ملوثات عوادم المركبات، وحرق الوقود في مصافي النفط واي نشاط بشري آخر ممكن ان يوجد في منطقة الدراسة، كما مبينة النتائج في الجدول (11) والجدول (12).

اظهر مؤشر (I_{geo}) في مستشفى بيحي ومستشفى صلاح الدين العام وجود تلوث عالي لبعض العناصر الثقيلة وهي: (Sb, As, Cd, Bi)، في مرشحات مكيفات الهواء نسبة الى مواقع النماذج الأخرى، السبب الرئيس لزيادة التلوث بهذه العناصر يعود الى النشاط البشري والنمو السكاني المتزايد والذي ساهم الى حد كبير في دعم التربة والغبار بالملوثات وتأثرها بالغازات المنبعثة والمواد الناتجة من النشاط الصناعي الناتج من احتراق وقود محطات توليد الطاقة الكهربائية وانبعثات عوادم السيارات وحرق النفايات وحرق الغاز المصاحب ومعامل الأسمدة والنمو السكاني العشوائي وحرق النفايات فضلا عن العمليات العسكرية التي حدثت في المدينة في السنوات السابقة والأنشطة البشرية الأخرى. أظهر (I_{geo}) لعنصر التيليريوم (Te) وجود تلوث عالي الى عالي جداً في جميع المواقع لكلا المستشفيات.

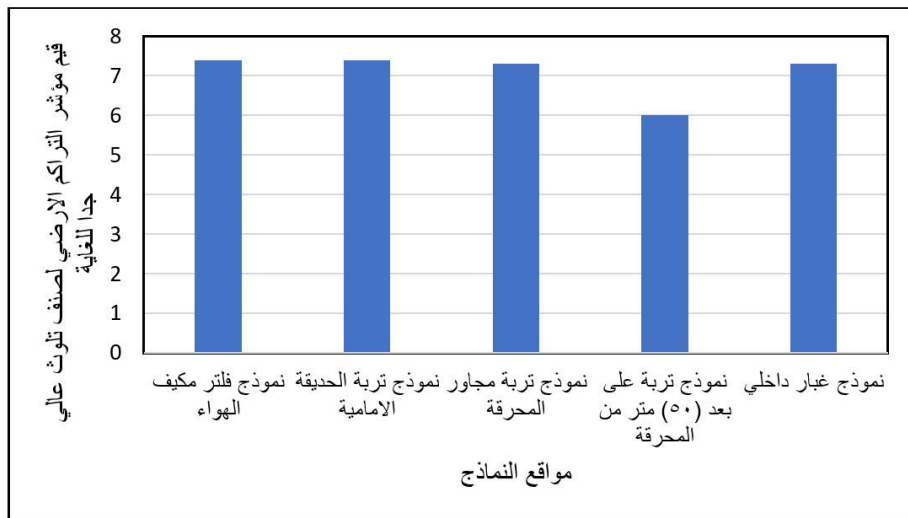
مثلت القيم بمدرج تكراري لمؤشر عامل التراكم الأرضي (I_{geo}) لاصنف تلوث عالي جداً للغاية لكلا المستشفيات كما في الشكل (8) والشكل (9) على التوالي.

الجدول 11: قيمة عامل التراكم الأرضي (I_{geo}) في مستشفى بيحي

اسم العنصر	نموذج غبار داخلي	نموذج تربة على بعد (50) متر من المحرقة	نموذج تربة مجاور المحرقة	نموذج تربة الحديقة الامامية	نموذج فلتر مكيف الهواء	تصنيف مؤشر عامل التراكم الأرضي (I_{geo}) مستشفى بيحي
Cu	-0.40	-1.10	-1.70	-1.40	-1.30	$I_{geo} \leq 1$
Zn	-0.10	----	----	-0.50	----	
Rb	-1.60	-1.50	-1.70	-1.60	-1.70	
Sr	-0.30	-0.90	-0.70	-0.90	-0.40	
Zr	-0.40	-0.50	----	-0.20	-0.90	
Sn	-1.90	-0.50	-1.90	0.00	----	
Ba	-1.1	-1.20	-1.10	-1.30	-1.10	
Pb	-0.40	----	----	-0.80	----	
Bi	----	-0.40	----	----	----	
Zn	----	0.60	0.9	----	----	
Pb	----	----	----	----	0.3	لا يوجد تلوث الى تلوث معتدل $I_{geo} = (0 - 1)$
Bi	1.00	1.00	0.7	1	----	
C0	----	1.00	1.0	----	1.0	
Sr	----	----	----	----	----	
Mo	----	0.50	----	----	0.8	
Sn	----	----	----	----	0.6	
Tl	0.20	----	0.2	0.2	0.4	
Cd	----	----	----	----	----	
Zr	----	----	0.3	----	----	
Co	1.0	----	----	1.2	----	
Ni	----	----	1.6	----	----	تلوث معتدل $I_{geo} = (1 - 2)$
Zn	----	----	----	----	1.2	
As	1.7	1.4	1.1	1.2	----	
Se	2.0	2.0	2	2.0	2.0	
Mo	1.7	----	2.0	1.3	----	
Cd	----	2.0	----	----	----	
Pb	----	----	1.3	----	----	
U	1.6	----	----	----	1.9	
Bi	----	----	----	----	1.8	
Sb	1.7	----	1.5	1.7	----	
Hg	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	من تلوث معتدل الى تلوث عالي
Sb	----	2.6	----	----	----	
U	----	2.8	2.2	2.5	----	

تقييم الخطر البيئي ومؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة لنماذج الغبار في مستشفى بيجي وصلاح الدين العام في محافظة صلاح الدين، العراق

Cd	2.6	----	----	----	2.3	$I_{geo} = (2 - 3)$
Ni	2.4	2.7	----	2.7	2.3	
Sb	----	----	----	----	3.1	
As	----	----	----	----	3.6	$I_{geo} = (3 - 4)$
Cd	----	----	3.1	3.1	----	
من تلوث عالي الى تلوث عالي جدا						
----	----	----	----	----	----	$I_{geo} = (4 - 5)$
تلوث عالي جدا للغاية						
Te	7.3	6.0	7.3	7.4	7.4	$I_{geo} = \geq 5$

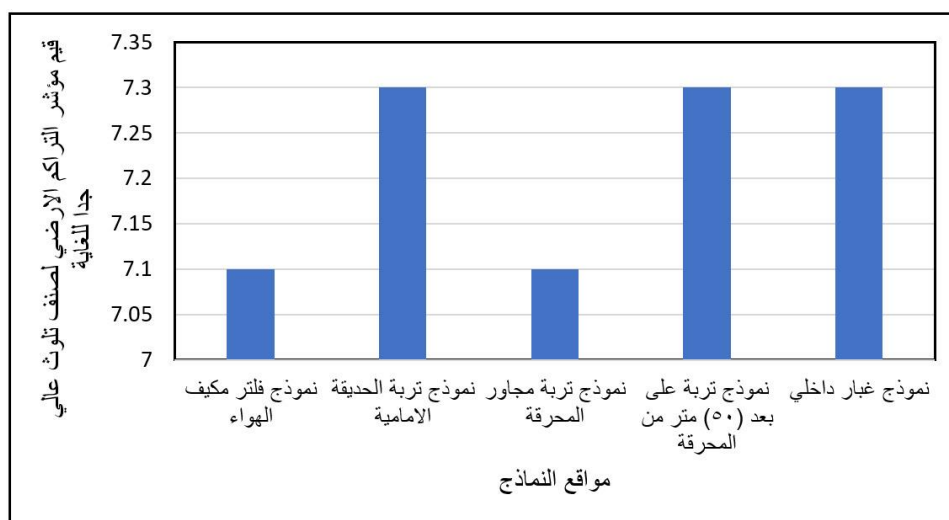


الشكل 8. يمثل المدرج التكراري لمؤشر التراكم الأرضي I_{geo} في مستشفى بيجي

الجدول 12: قيمة عامل التراكم الأرضي (I_{geo}) في مستشفى صلاح الدين العام

اسم العنصر	نموذج غبار داخلي	نموذج تربة على بعد (50) متر من المحرقة	نموذج تربة مجاور المحرقة	نموذج تربة الحديقة الامامية	نموذج فلتر مكيف الهواء	تصنيف مؤشر عامل التراكم الأرضي (I_{geo}) مستشفى صلاح الدين العام
Cu	-1.40	-1.70	-2.10	-2.20	-0.80	لا يوجد تلوث
Zn	-0.50	----	-1.20	-1.00	----	
Rb	-1.70	-2.30	-2.00	-2.30	-1.70	
Sr	0.00	----	----	----	-0.20	
Zr	-0.60	-1.00	-0.70	-0.80	-1.30	
Sn	-1.70	----	-1.70	-0.10	----	
Ba	-1.20	-1.40	-1.20	-1.60	-1.20	
Pb	-0.60	-0.30	-0.80	-0.30	----	
Tl	0.00	0.00	0.00	-0.50	0.00	
Zn	----	0.20	----	----	----	
Pb	----	----	----	----	0.50	لا يوجد تلوث الى تلوث معتدل
Bi	1.00	1.00	1.00	1.00	----	
Co	----	0.80	----	----	0.70	
Sr	----	0.90	0.80	----	----	
Mo	----	0.70	0.40	0.50	----	
Sn	----	0.70	----	----	0.60	
As	----	----	----	0.90	----	
Co	1.30	----	1.50	1.20	----	
Ni	2.00	1.30	1.70	1.40	1.90	
Zn	----	----	----	----	1.00	
As	1.50	1.10	1.30	----	1.60	$I_{geo} = (1 - 2)$
Se	2.00	2.00	2.00	2.00	----	

Mo	1.50	----	----	----	1.60	
Cd	1.40	----	----	----	----	
U	1.50	1.70	1.40	----	1.40	
Sr	----	----	----	1.20	----	
Sb	----	----	1.50	1.50	----	
Hg	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	
Sb	2.40	----	----	----	2.80	من تلوث معتدل الى تلوث عالي
U	----	----	----	3.00	----	
Cd	----	2.90	2.60	----	2.60	$I_{geo} = (2 - 3)$
Se	----	----	----	----	2.40	
Sb	----	3.10	----	----	----	تلوث عالي
Bi	----	----	----	----	3.10	$I_{geo} = (3 - 4)$
						من تلوث عالي الى تلوث عالي جدا
----	----	----	----	----	----	$I_{geo} = (4 - 5)$
						تلوث عالي جدا للغاية
Te	7.30	7.30	7.10	7.30	7.10	$I_{geo} = \geq 5$



الشكل 9. يمثل المدرج التكراري لمؤشر التراكم الأرضي I_{geo} في مستشفى صلاح الدين العام

التحليل الإحصائي للعناصر الثقيلة

الهدف من استخدام المعاملات الإحصائية هو لغرض تعزيز النتائج وزيادة الثقة بالقيم المستحصلة من التحاليل الجيوكيميائية. أهم هذه المعاملات الإحصائية هو معامل ارتباط بيرسون (Pearson Coefficient)، فضلا عن استخدام معاملات الإحصاء الوصفي بحسب ما وردت في الجدول (13) لمستشفى بيجي والجدول (14) لمستشفى صلاح الدين. هذه المعاملات تعطي فكرة عن طبيعة توزيع قيم التراكيز للعناصر الثقيلة وهل يوجد تجانس أو انحرافات أو شذوذ في التراكيز باتجاه القيم العالية وتفسير سبب هذه الانحرافات ومدى علاقة تأثير العناصر الثقيلة بعضها على بعضها الآخر (Mohammed et al, 2013). يشير معامل الارتباط بيرسون إلى وجود علاقة ارتباط موجبة بين بعض من أزواج (Pairs) مختلفة من العناصر الثقيلة، توضح جداول بيرسون المشار إليها اعلاه وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين أزواج العناصر (As - Hg) و (As - Bi) و (Hg - Bi)، وهذا يدل على وجود تشابه مشترك في هذه العناصر من حيث المصدر الذي نشأت منه وهي المصادر الجيولوجية الطبيعية والأنشطة البشرية والفعاليات الصناعية (Rouhani et al., 2023)، أما العلاقة السالبة فإنها تشير إلى عدم وجود علاقة ارتباط بين كل زوج من العناصر الثقيلة والتي تعكس تنوع

تقييم الخطر البيئي ومؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة لنماذج الغبار في مستشفى بيجي وصلاح الدين العام في محافظة صلاح الدين، العراق
مصادر نشوء هذه العناصر من مصادر مختلفة ومتنوعة ولا توجد علاقة مشتركة بينهما، ولا توجد منهجية محددة أو نظام
محدد لتوزيع وانتشار العناصر الملوثة في التربة.
مصادر نشوء وانتشار تراكيز العناصر الثقيلة هذه أمّا أن تكونَ مصادر طبيعية جيوكيميائية أو تجوية وتعرية أو أن
تكونَ من أنشطة بشرية أو فعاليات صناعية مختلفة. (Nuralykyzy, et al, 2021).

الجدول 13: معامل الارتباط بيرسون للعناصر الثقيلة في مستشفى بيجي

العنصر	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Cd	Sn	Sb	Te	Ba	Hg	Tl	Pb	Bi	U
Co	1																			
Ni	0.719	1																		
Cu	-0.507	-0.059	1																	
Zn	-0.520	-0.630	-0.440	1																
As	-0.383	-0.392	-0.098	0.687	1															
Se	a	a	a	a	a	a														
Rb	0.198	0.770	0.457	-0.671	-0.559	a	1													
Sr	-0.732	-0.643	0.642	0.218	0.575	a	-0.343	1												
Zr	0.242	-0.277	-0.421	-0.050	-0.599	a	-0.317	-0.416	1											
Mo	-0.066	-0.537	0.069	-0.177	-0.450	a	-0.383	0.134	0.815	1										
Cd	0.635	0.013	-0.383	-0.389	-0.497	a	-0.288	-0.370	0.792	0.715	1									
Sn	0.241	0.216	-0.386	0.356	0.774	a	-0.259	0.047	-0.613	-0.711	-0.283	1								
Sb	-0.379	-0.097	-0.140	0.703	0.846	a	-0.182	0.267	-0.720	-0.782	-0.789	0.742	1							
Te	0.200	-0.367	-0.089	-0.050	0.310	a	-0.671	0.405	0.182	0.471	0.583	0.236	-0.227	1						
Ba	-0.813	-0.931*	0.388	0.450	0.443	a	-0.600	0.869	0.016	0.450	-0.167	-0.200	0.122	0.391	1					
Hg	-0.328	-0.388	-0.191	0.716	0.995**	a	-0.604	0.512	-0.543	-0.438	-0.442	0.797	0.839	0.330	0.408	1				
Tl	-0.128	-0.528	-0.137	0.411	0.778	a	-0.808	0.603	-0.175	0.094	0.108	0.566	0.332	0.834	0.554	0.791	1			
Pb	-0.253	-0.756	-0.486	0.592	0.015	a	-0.753	-0.009	0.750	0.638	0.385	-0.309	-0.155	0.231	0.474	0.067	0.233	1		
Bi	-0.298	-0.257	-0.089	0.610	0.990**	a	-0.461	0.522	-0.682	-0.551	-0.523	0.841	0.867	0.278	0.331	0.983**	0.740	-0.114	1	
U	0.527	0.746	-0.448	-0.151	-0.440	a	0.575	-0.904*	0.059	-0.473	-0.051	0.054	0.026	-0.704	-0.891*	-0.403	-0.733	-0.244	-0.363	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

لا يوجد ارتباط كون جميع القيم متساوية وبالتالي فان قيمة معامل الانحراف القياسي تساوي صفر. a

الجدول 14: معامل الارتباط بيرسون للعناصر الثقيلة في مستشفى صلاح الدين العام

العنصر	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Cd	Sn	Sb	Te	Ba	Hg	Tl	Pb	Bi	U
Co	1																			
Ni	0.133	1																		
Cu	-0.595	0.662	1																	
Zn	-0.809	0.315	.917*	1																
As	-0.035	.973**	0.797	0.508	1															
Se	-0.553	0.460	.915*	.914*	0.619	1														
Rb	0.016	.992**	0.736	0.407	.980**	0.530	1													
Sr	0.214	-.932*	-0.852	-0.596	-.975**	-0.624	-.960**	1												
Zr	.888*	0.115	-0.665	-.902*	-0.094	-0.778	0.015	0.193	1											
Mo	-0.397	0.837	.885*	0.660	0.874	0.679	.898*	-.934*	-0.319	1										
Cd	-0.417	-0.551	0.027	0.374	-0.360	0.211	-0.533	0.330	-0.611	-0.421	1									
Sn	-.934*	-0.395	0.415	0.731	-0.201	0.494	-0.292	0.055	-.928*	0.095	0.683	1								
Sb	-0.869	0.041	0.589	0.743	0.207	0.410	0.127	-0.393	-0.702	0.421	0.446	0.771	1							
Te	-0.170	-0.392	-0.434	-0.388	-0.499	-0.612	-0.357	0.356	0.253	-0.153	-0.345	0.050	0.108	1						
Ba	0.306	0.821	0.455	0.193	0.834	0.288	0.769	-0.759	0.191	0.483	-0.154	-0.423	0.058	-0.624	1					
Hg	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	1				
Tl	-0.104	0.546	0.483	0.387	0.636	0.250	0.528	-0.668	-0.096	0.404	0.211	0.009	0.542	-0.408	0.829	b	1			
Pb	-0.768	0.225	0.856	.952*	0.402	.948*	0.322	-0.461	-.919*	0.595	0.320	0.724	0.556	-0.392	0.014	b	0.111	1		
Bi	-0.553	0.460	.915*	.914*	0.619	1.000**	0.530	-0.624	-0.778	0.679	0.211	0.494	0.410	-0.612	0.288	b	0.250	.948*	1	
U	0.067	-0.602	-0.519	-0.404	-0.691	-0.306	-0.581	0.705	0.095	-0.436	-0.187	0.028	-0.490	0.486	-0.874	b	-.995**	-0.142	-0.306	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

لا يوجد ارتباط كون جميع القيم متساوية وبالتالي فان قيمة معامل الانحراف القياسي تساوي صفر. b

الاستنتاجات

ازدادت قيمة تراكيز العناصر الثقيلة (Co, Ni, Zn, As, Se, Sr, Zr, Mo, Cd, Sn, Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi, U) في نماذج المواقع الخمسة في كلا المستشفيات. يشير عامل التلوث (CF) الى ان غبار وتربة المستشفيات ملوثة بالعناصر الثقيلة (Ni, Se, Cd, Te, Hg, Sb, U, Mo, Bi, As) وكانت ذات عامل تلوث عالٍ جداً. أما مؤشر نيميرو للتلوث فإظهر تربة فائقة التلوث لكلا المستشفيات ولمواقع النماذج الخمسة. وبين عامل التراكم الأرضي (I_{geo}) أن المستشفيات ذات تلوث عالي جداً للغاية بعنصر التيلوريوم (Te).

التوصيات

- 1- ضرورة اجراء صيانة دورية وادامة مستمرة لمرشحات (فلتر) هواء المكيفات للتخلص من ترسبات الغبار والتي تلعب دوراً مهماً في تحسين جودة الهواء في المستشفيات فضلاً عن التنظيف المستمر والغسل بالماء للردهات والممرات والأماكن المتروكة والنوافذ.
- 2- تقييد حركة المراجعين داخل الممرات والردهات وذلك بسبب نقل الأشخاص القادمين من الخارج الاتربة والعوالق مع الأحذية والملابس ويمكن ان تلوث الردهات والممرات والهواء داخل المستشفيات.
- 3- يجب المحافظة على نظام تهوية محكم خاصةً اثناء هبوب العواصف الغبارية او حركة الرياح العالية.
- 4- زيادة المساحات الخضراء حول وداخل المستشفيات فضلاً عن زراعة احزمة خضراء تحيط بالمدن الحضرية.

المصادر

- A bojassim, A.A. and Neama, H., 2020. Radiological and chemical risk assessment from uranium concentration in ground water samples collected from AL-Kuta area, Iraq. *Water supply*, V.20(8): 3194-3206. [HTTPS://DOI.ORG/ 10.2166/ WS.2020. 207.](https://doi.org/10.2166/ws.2020.207)
- Abed, Mahmood F. Balsam S. AL-Tawash, Sawsan, M., 2015. Environmental Assessment of Trace Elements Concentration and Distribution in surface soils at North Baiji City, Iraq. *Iraqi Journal of Science*, Vol. 56, NO. 4B, PP. 3176-3187. ISSN:0067-2904 GIF:0.851.
- Abreu PL, Cunha-Oliveira T. Ferreira L.M, Urbano AM., 2018. Hexavalent chromium, a lung carcinogen, confers resistance to thermal stress and interferes with heat shock protein expression in human bronchial epithelial cells. *BioMetals* 31(4):477-487. [https://doi.org/10.1007/s10534-018-0093-7.](https://doi.org/10.1007/s10534-018-0093-7)
- Adamo, M, Arienzo, M. Imperato., D. Naimo, G. Nardi and D. Stanzione., 2005. Distribution and partition of heavy metals in surface and sub-surface sediments of Naples city port, *Chemosphere*, 61., 800-8099. [Doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.04.001](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.04.001)
- Adamu, S. Mangs, A. Murtala, A. and Lar, U.A., 2014. Assessment of potentially toxic metals in soil and sediments of the Keana Brinefield in the Middle Benue Trough, North Central Nigeria, *American Journal of Environmental Protection*. 3(6-2): 77-88. [DOI: 10.11648/j.ajep.s.2014030602.21.](https://doi.org/10.11648/j.ajep.s.2014030602.21)
- Adimalla, N., 2019. Heavy metals contamination in urban surface soils of Medak province, India, and its risk assessment and spatial distribution. *Environmental Geochemistry and Health*, 42,173-190. [https://doi.org/10.1007/s10653-019-00270-1.](https://doi.org/10.1007/s10653-019-00270-1)
- Al shurafi, Roaa M., Hussien, Adil K and Al-Mallah, Aahed Y., 2023. Spatial distribution of heavy metals in the soil of different areas at a left bank in Mosul City, Iraq: Part 2. *Iraqi National Journal of Earth Science*, Vol. 23, No. 1, 2023 (132 -531). [DOI:10.33899/earth.2023.139066.1061](https://doi.org/10.33899/earth.2023.139066.1061)

- AL. Manssory Faiq A., Abdul Karrem, Mohammed A. and Yassen, Mohammed M., 2004. An Assessment of Environmental pollution by some Trace Metals in the Northern Part of Shatt AL-Arab Sediments, Southern Iraq. *Iraqi Journal Earth Science*, Vol.4, No. 2, pp.11-22. www.researchgate.net/publication/266205712.
- Aubert, H. and pinta, M., 1977. Trace elements in soil, *Developments in soil Science*, Elsevier Scientific Publishing Co., Amesterdam, 395. *Geochemical et Cosmochimica Acta* 42(9):1466.
- Bao L, Wang S. Sun H. Huang W. Wang G. Nan Z., 2019. Assessment of source and health risk of metal (loid) s in indoor/outdoor dust of university dormitory in Lanzhou City, China. *Environ Sci Pollut Res*:1–12. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06365-7>.
- Bassam, Tawabini, Mubarak AL-Anazi, Mansour ALghamidi and Momdouh Khoder., 2023. Potentially Harmful Elements Associated with Dust of Morgues: pollution status, Sources and Human Health Risks. *International Journal of Environmental Research and Health*, 20,2687. pp. 1-30. www.mapi.com/Journal/ijerph.
- Bradi, H. E., 2005. *Heavy Metals in the Environment*, Elsevier LTD. ISBN: 0-12-088381-3. ISSN:1573-4285(Series). pp.270.
- Buday, T., 1980. *The Regional geology of Iraq (Stratigraphy Paleontology)* Dar AL- Kutib publishing House, Mosul, Iraq, pp.443.
- Castillo S., Moreno T., Querol X., et al. 2008. Trace element variation in size-fractionated African desert dusts. *J. Arid. Environ.* 71:10311042. DOI:[10.1016/j.jaridenv.2007.12.007](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.12.007)
- Cheam V., Garbai G., Lechner J., Rajkumer j., 2000. Local Impact of Coal Mines and power Plants across Canada: Thallium in water and sediments water Qual Res J Can: 35 (4): 581–607. DOI: [10.2166/wqrj.2000.034](https://doi.org/10.2166/wqrj.2000.034)
- Cornwall, H.R., 1967. *Nickel Deposits of North America*, Geological Survey, Bulletin.1223 United States Government Printing office, Washington, 2nd ed,62p.
- Demir, M., Tunç, E., Thiele-Bruhn, S., Çelik, Ö., Tsegai, A. T., Aslan, N., & Arslan, S., 2023. Status, Sources and Assessment of Potentially Toxic Element (PTE) Contamination in Roadside Orchard Soils of Gaziantep (Türkiye). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2467. DOI: [10.3390/ijerph20032467](https://doi.org/10.3390/ijerph20032467).
- Ding, D., Kong, L., Jiang, D., Wei, J., Cao, S., Li, X., ... & Deng, S., 2022. Source apportionment and health risk assessment of chemicals of concern in soil, water and sediment at a large strontium slag pile area. *Journal of Environmental Management*, 304, 114228. DOI: [10.1016/j.jenvman.2022.114228](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114228).
- Dini, A., 2003. *Ore Deposits, Industrial Mineral and Geothermal Resources period Mineral*, Vol. 72, pp. 41-52. <http://go.to/permin>.
- Eriksson J.E., 2001. Concentrations of 61 trace elements in sewage sludge, farmyard manure, mineral fertilizers, precipitation and in oil and crops. Swedish Environmental Protection Agency. Vol. 5159. Stockholm, Sweden.
- Eszter Borbala Both, Gavin C. Stonehouse Leonardo warzea, Sirine Fakra, Eizabeth A. H. Pilon-smith., 2019. Selenium to lernance, Accumulation, Localization and speciation in a cardamine hyperaccumulator and a non-hyperaccumulator. *Science of the total Environment*, Elsevier B.V. Publisher, [http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135041](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135041).
- Ewers U., 1988. Environmental Exposure to Thallium. *Sci Total Environ*: 71: 285 = 92. DOI: [1016/0048-9697\(88\)90199-4](https://doi.org/10.1016/0048-9697(88)90199-4)

- Flem, B. Eggen OA, Torgersen E, Kongsvik MK, Ottesen RT., 2018. Urban geochemistry in Kristiansand, Norway. *Environmental Science and Pollution Research. J Geochem Explorer* 187, pp. 21–33. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.03.004>.
- Gondgi D.S., Lawan, L.M., Cebastien,J.G., Jean F.B. and Ateba & saidou., 2022. Assessment of Trace Elements Pollution and their potential health risk in the cobalt- Nickel bearing areas of LomEast Cameroon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, NO. 127, <https://doi.org/10.1007/510661-022-09776-1>.
- Hakanson L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control of sediment ecological approach. *Water Res* 14:975 – 1000. DOI: [10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8).
- Han, X., Lu,X., Zhang, Q. Wuyuntana Ha. Q., Pan, H., 2016. Grain size distribution and contamination characteristics of heavy metal in stat of Baotou, China. *Environ. Earth Sci*, 75, 1-10. DOI: [10.1007/s12665-016-5316-z](https://doi.org/10.1007/s12665-016-5316-z)
- Hem, J.D.,1991. Study and Interpretation at the chemical characteristics at natural water,U.S. Geological survey, Water Supply, paper-2254,263. Library of Congress catalog-card No.85-600603.
- Herath, D. Pitawala A, Gunatilake J, Iqbal MCM., 2018. Using multiple methods to assess heavy metal pollution in an urban city. *Environ Monit Assess* 190(11): 657. <https://doi.org/10.1007/s.10661-018-7016-5>.
- Howard,J.H., 1996. Geochemistry at selenium: formation of ferrose lite and selenium behavior in the vicinity of oxidizing sulfide and uranium deposits. *Geochimic et cosmochimica Acta*, 41(11), pp. 1665-1678. DOI: [1016/0016-7037\(77\)90176-4](https://doi.org/10.1016/0016-7037(77)90176-4).
- Hussain, R., Khattak, S. A., Shah, M. T. and Ali, L., 2015. Multistatistical. Approaches for environmental geochemical assessment of pollut-ants in soils of Gadoon Amazai Industrial Estate, Pakistan. *J. Soils sediments*, Vol, 15, p,p, 1119-1129. DOI: [10-1007/s.11368-015-1075-9](https://doi.org/10.1007/s.11368-015-1075-9)
- Ingengite, A. K., Abasi C.Y. and Walter C., 2015. Application of Pollution Indices for the Assessment of Heavy Metal Pollution in Flood Impacted Soil. *International Research of Pure & Applied Chemistry* 8(3), pp. 175 – 189. ISSN: 2231-3443.
- James, A., M. Percy, O. S. Ameh, and C. Buggy., 2020. Heavy Metals Pollution Status of the Katima Mulilo Urban Open Land Wastewater Disposal Centre and the Immediate Vicinity, *Cogent Environmental Science* 6 (1): 1726093. DOI: [10.1080/23311843.2020.1726093](https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1726093).
- Jassim, S.Z and Goff G.C., 2006. “Geology of Iraq”. Published by Dolin, prague and Moravian Museum, Brno. pp. 345. Printed in Czech Republic
- Kabata-Pendias A. & Mukherjee A. B., 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer, Berlin. DOI: [10.1007/978-3-540-32714-1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-32714-1). ISBN: 978-3-540-32713-4.
- Kabata-Pendias A., 2011. Trace Elements in Sails and Plants, Taylor and Francis Group, LLC, 4th ed. ISBN 978-1-4200-9368-1. pp. 505.
- Krupka, K and Serne, R., 2002., Geochemical Factors Affecting the Behavior of Antimony, Cobalt, Earopium, Technetium, and Uranum in Vadose Sediments, prepared for CH2MHILL Hanford Group, Inc., and the US Department of Energy undar contract 1830 DE-ACO6-76RL0.
- Liorens, J.F., Fernandez, J.L., Querol, X., 2001. The fate of trace elements in a large coal-fired power plant. *Environ Geol.* 404, pp. 409-416. DOI: [10.1007/S002540000191](https://doi.org/10.1007/S002540000191).

- Lu, X.L., Wang, K., Lei, J.H. and Zhai, Y., 2009. Contamination assessment of copper, lead, Zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China, *J. Hazardous*, Vol. 161, p.p. 1058-1062. [DOI: 10.1016/J.jhazmat.2008.04.052](https://doi.org/10.1016/J.jhazmat.2008.04.052).
- Mahmood, F.A., 2009. Pollution caused by vehicle Exhausts and oil Trash Burning in Kirkuk city. *Iraqi National Journal of Earth Sciences*, Vol, 9. No,2 pp. 39-48. [DOI: 10.33899/earth.2009.5494](https://doi.org/10.33899/earth.2009.5494).
- Meng H, Wang L, He J, Wang Z., 2016. The protective effect of gangliosides on lead (Pb)-induced neurotoxicity is mediated by autophagic pathways. *Int J Environ Res Public Health* 13(4):365. <https://doi.org/10.3390/ijerph13040365>.
- Mohammad Saleem, Donald A. Sens, Seema Somji, David Pierce, Yuqlang Wang, August Leopold, Mohammad Ehsanul Haque and Scott H. Garrett., 2023. Contamination Assessment and potential Human Health Risks of Heavy Metals in Urban soils from Grand Forks, North Dakota, USA. *Toxics*, 11, 132. [DOI: 10.3390/toxics//020132](https://doi.org/10.3390/toxics//020132).
- Mohammed, Farhad A., Kettanah, Yawooz A and Smail, Sirwa Q., 2013. Environmental Significance of Major and Trace Elements in the Soils of Selected Areas in Erbil City, Kurdistan Region, Northern Iraq. *Iraqi National Journal of Earth Sciences*, Vol. 13, No. 2, pp. 15 - 32, 2013. [DOI: 10.33899/earth.2013.79658](https://doi.org/10.33899/earth.2013.79658).
- Montgomery, C.W., 2011. *Environmental Geology*. 9th Ed. McGraw-Hill companies, Inc.
- Morrow, H., 2001. Cadmium and Cadmium Alloys. *Encyclopedia chemical Technology*, 5th ed. John Wiley and Sons, New York, USA, 471-507. [DOI: 10.1002/0471238961.03010413011818.a01.pub3](https://doi.org/10.1002/0471238961.03010413011818.a01.pub3)
- Muller, G., 1969. Index of Geoaccumulation in sediment of the Rhine River. *Geojournal*, 2(108): 108-118.
- Nuralykyzy, B., Wang, P. Deng. X., An, S., Huang, Y., 2021. Heavy Metal Content and Assessment of Soil Contamination in Different Land – Use Types in the Qaidam Basin. *Sustainability*, 13, 12020. [DOI: 10.3390/su132112020](https://doi.org/10.3390/su132112020).
- Peccerillo, A. Conticelli, S. Manetti, P., 1987. Petrological characteristics and Genesis of the Recent Magmatism of southern Tuscany and Northern Latium. *Period Mineral*. 56, pp. 157-172.
- Plum, LM, Rink L, Haase H., 2010. The essential toxin: impact of zinc on human health. *Int J Environ Res Public Health* 7(4), pp. 1342–1365. <https://doi.org/10.3390/ijerph7041342>.
- Potentially Harmful Elements Associated with Dust of Morgues: Pollution Status, Sources, and Human Health Risks. *International Journal of Environmental Research and Health*, 20, 2687. Pp. 1-30. www.mdpi.com/journal/ijerph
- Rouhani, a., Makki, M., Hejzman, M., Shirzad, R. and Gusiatin, M. Z., 2023. Risk Assessment and Spatial Distribution of heavy Metals with an Emphasis on Antimony (Sb) in Urban Soil in Bojnourd, IRAN. *Sustainability*, 15, 3495, <https://doi.org/10.3390/su15043495>.
- Sajid, R. AliShah, I. Tulcan, R.X.S. Rashid, W. Sillanpaa, M., 2022. Contamination, exposure, and health risk assessment of Hg in Pakistan: A review. *Environ. Pollut.*, 301, 118995. [DOI: 10.1016/j.envpol.2022.118995](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118995).
- Salminen, R., 2005. FOREGS Geochemical Atlas of Europe. Part1: Background in formation, Methodology and Maps Espoo, Geological survey of Finland, pp. 526.

- Sarifuzzmam, M. Siddique, M. Ferdousi, F.K. Ahmed, E, Alam, A.S. and Ullah, S.M., 2007. Studies of arsenic mobilization with iron, manganese and copper in borehole Sediments of the River Padma. *Pak. J. Anal. Environ. Chem.* Vol.8, No.152(2007)
- Schaller K.-H. E.Merian, M. Anke, M. Ihnat, M. Stoeppler., 2004. Zirconium, In: *Elements and Their Compounds in the Environment*, 2nd ed. 1241–1247, Wiley-VCH, Weinheim. DOI: [10.1002/9783527619634](https://doi.org/10.1002/9783527619634).
- Schlegel, M. L. and Manceau, A., 2006. Evidence for the nucleation and epitaxial growth of Zn phyllosilicate on montmorillonite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(4), 901-917. DOI: [10.1016/j.gca.2005.10.021](https://doi.org/10.1016/j.gca.2005.10.021)
- Shatha A. AL-kahachi, Balsam S. AL-Tawash, Omer S. AL-Tamimi., 2022. Distribution and Enrichments of Abundant and Trace Elements in AL-Khassa sub-Basin soil, Kirkuk, Northeastern of Iraq. *Iraqi Journal of Science*, VOL. 63, NO.12 P.P. 5338-5352. ISSN:0067-2904.
- Shen, HM, Zhang Q.F., 1994. Risk assessment of nickel carcinogenicity and occupational lung cancer. *Environ Health Perspect* 102(suppl 1, pp. 275 <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s1275>.
- Su, K., Wang, Q., Li, L., Cao, R., Xi, Y., & Li, G., 2022. Water quality assessment based on Nemerow pollution index method: A case study of Heilongtan reservoir in central Sichuan province, China. *PLoS one*, 17(8), e0273305. DOI: [10.1371/Journal.Pone.0273305](https://doi.org/10.1371/Journal.Pone.0273305).
- Suporn, Thong Yuan, Tangalak Khanate moon, Paweena Anedo, Aurelie Binot and phitsanu Tulayakul., 2020. Ecological and health risk assessment, carcinogenic and non-carcinogenic effects of heavy metals contamination in the soil from municipal solid waste landfill in central, Thailand. *Human and Ecological Risk Assessment*, Taylor & Francis Group, LLC. DOI: [10.1080/10807039.2020.1786666](https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1786666).
- Waalkes, M.P., 2003. Cadmium carcinogenesis. *Mutat Res Fundam Mol Mech Mutagen* 533(1–2), pp. 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2003.07.011>.
- Wang C. Wang,J, Zhou,S, Tang,J, Jia, Z.,Ge, L. Li, Y. 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 Degrad. Dev.* (31), pp. 383-391. DOI: [10.1002/ldr.3456](https://doi.org/10.1002/ldr.3456).
- Xiao, T., Boyle, D., Guha, J., Rouleau, A., Hong, Y., & Zheng, B., 2003. Groundwater-related thallium transfer processes and their impacts on the ecosystem: southwest Guizhou Province, China. *Applied Geochemistry*, 18(5), 675-691. DOI: [10.1016/S0883-2927\(02\)00154-3](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00154-3)
- Yuan, G.L. Sun, T. H., Han, P. Lang, X., 2014. Source identification and ecological risk assessment of heavy metals in topsoil using environmental geochemical mapping: Typical urban renewal area in Beijing, China. *Geochem. Explor.*, 136, pp. 40-47. DOI: [10.1016/j.gexplo.2013.10.002](https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.10.002).
- Zannoni, D. Valotto G. Visin F. Rampazzo G., 2016. Sources and distribution of tracer elements in road dust: the Venice mainland case of study. *J Geochem Explor* 166, pp.64–72. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.04.007>.