مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد الخامس والعشرون - المجلد الثالث عشر - علوم الكيمياء - آب 2025 م
doi.org/10.52866/esj.2023.13.25.02

المؤشرات الجيوكيميائية للعواصف الغبارية التي شهدتها بغداد عام 2022

م. عدنان جسام حمادي
الجامعة العراقية - كلية التربية

مستخلص:

تم تقييم مستوى التلوث بالمعادن الثقيلة الموجودة في الغبار الذي تم جمعه من ثلاثة مواقع في مدينة بغداد وسط العراق،.حيث تم تحليل الغبار لمعرفة تركيز المعادن الثقيلة بما في ذلك الزرنيخ والكادميوم والكوبالت والكروم والنحاس والمنجنيز والنيكل والرصاص والفناديوم والحديد والزنك باستخدام مطياف الكتلة البلازمية المقترنة بالحث (ICP-MS) لتقييم مستوى تلوث الغبار بالمعادن الثقيلة. تم استخدام مؤشرات مختلفة لتقييم مستوى التلوث، وشملت مؤشر التراكم الجغرافي (Igeo) وعامل الإثراء (EF) وعامل التلوث (CF) ومؤشر حمل التلوث (PLI)، بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام مؤشر المخاطر البيئية المحتملة (RI). أظهرت نتائج مؤشر (Igeo) أن الغبار في منطقة الدراسة كان غير ملوث بالزرنيخ والكوبالت والنحاس والرصاص والفناديوم والخارصين، وغير ملوث إلى ملوث بشكل معتدل بالكادميوم والنيكل والكروم والمنجنيز. أشارت نتائج CF إلى أن درجة تلوث الغبار كانت منخفضة بالنسبة للرصاص، ومعتدلة بالنسبة للزرنيخ والزنك والكوبالت والفناديوم والنحاس والمنجنيز ، وكبيرة بالنسبة للكروم و الكادميوم وكبيرة جدا بالنسبة للنيكل. ووفقًا لنتائج حساب (EF)، فإن هناك اثراءً كبيراً لعنصر النيكل فقط وبقية العناصر تكون ضمن فئة الحد الادنى من الاثراء. أظهرت قيم المخاطر البيئية المحتملة (Er و RI) ان هناك انخفاضاً لجميع العناصر، بينما اظهرت نتائج مؤشر (PLI) ان التلوث موجوداً لجميع العناصر.

الكلمات المفتاحية: مؤشرات ، غبار ، تلوث ، اغناء ، بيئة.

Geochemical indicators of dust storms in Baghdad During 2022

Abstract :

The level of metal contamination in the collected dust from three sites in Baghdad city in central Iraq was assessed, where the concentration of heavy metals including cadmium, cobalt, chromium, copper, manganese, nickel, lead, vanadium, iron and zinc was analyzed using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the ascending level of heavy metals. Different contamination indices were used, the geochemical accumulation index (Igeo), enrichment factor (EF), pollution factor (CF), pollution load index (PLI), and risk index (RI). According to the Igeo index, the dust in the study area was free from arsenic, cobalt, copper, lead, vanadium and zinc contamination, and uncontaminated to moderately contaminate with cadmium, nickel, chromium and manganese. The CF results indicated that contamination levels were low for lead, moderate for arsenic, zinc, cobalt, vanadium, copper and manganese, large for chromium and cadmium and very large for nickel. Given the results of the (EF) calculation, there is only known enrichment for nickel and the rest of the unit is in the minimum enrichment category. Based on the Potential Environmental Hazard values (Er) and Risk Index (RI), there is a decrease in all elements, while the results of the (PLI) index show that contamination is present for all elements.

Key word: Indicators, Dust, Pollution, Enrichment, Environmental.

1 : المقدمة

أدى التصنيع والتحضر السريع إلى مشاكل بيئية خطيرة، بما في ذلك زيادة المعادن الثقيلة في الغبار الناجمة في المقام الأول عن الأنشطة البشرية مثل النشاط الصناعي، واحتراق الوقود الأحفوري، وتآكل الإطارات، والمركبات الآلية، وتآكل وسادات الفرامل، وانبعاثات عوادم المركبات، وأنشطة البناء، فضلاً عن المصادر الطبيعية {1}. الغبار هو العامل الأكثر انتشاراً وأهمية والذي يؤثر على صحة الإنسان ورفاهيته {2}، ويتكون من جسيمات أو مواد صلبة على شكل مسحوق ناعم (أقل من 100 مايكرون)، ملقاة على الأرض أو على سطح الأشياء، أو تتطاير بواسطة قوى ميكانيكية أو طبيعية{3}. يتكون الغبار من مجموعة واسعة من الجزيئات العضوية وغير العضوية التي لها تأثيرات بيئية قوية يمكن أن تضر بالمجتمعات الحضرية{4}. مصادرها هي مصادر طبيعية (الترسيب الجوي، وتآكل التربة) ومصادر بشرية بما في ذلك الانبعاثات الصناعية، والنقل، والتنمية الحضرية، والانبعاثات البلدية {5&6}.

يمكن أن يوفر الغبار معلومات حول مستوى التوزيع وتاثير الملوثات الموجودة على السطح، لذا فهو يعتبر وسطًا بيئيًا مهمًا {7}, ولأن مكونات الغبار المستقر تشبه الجسيمات الموجودة في الغلاف الجوي، فقد استخدمت كمؤشر على التلوث باستخدام المعادن الثقيلة في الغلاف الجوي{8}. يستخدم مصطلح المعدن الثقيل بشكل عام للمعدن المرتبط بتأثيرات التلوث البيئي والسمية والمخاطر الصحية على الكائنات الحية والإنسان والتي كانت موضع قلق كبير، بسبب سميتها وقدرتها على التراكم في جسم الإنسان عن طريق التراكم البيولوجي وطول عمرها في الغلاف الجوي{9}.

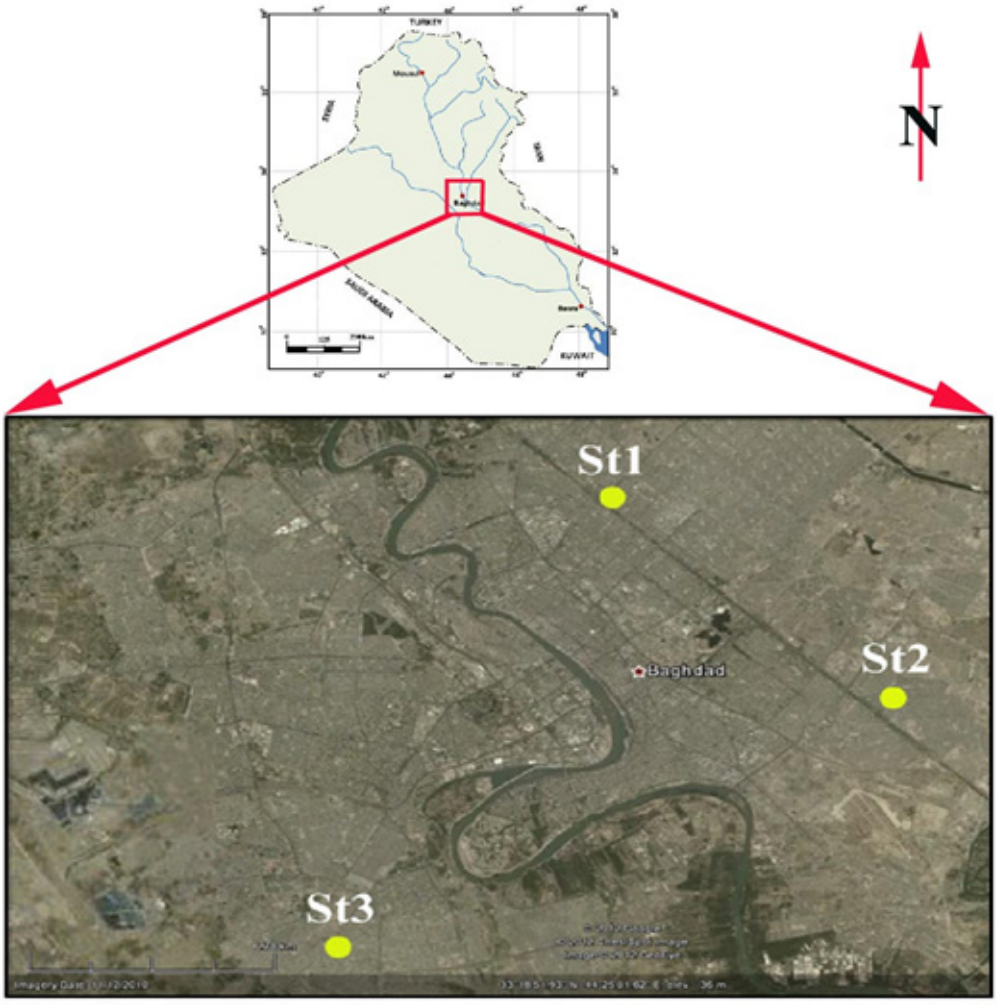
قد يؤدي التعرض للغبار الملوث إلى مخاطر صحية تتراوح من التحسس إلى الإصابة بأمراض خطيرة مثل السرطان {10}, بما في ذلك أعراض الجهاز التنفسي، وتفاقم اضطرابات الجهاز التنفسي والقلب والأوعية الدموية المزمنة، وضعف وظائف الرئة. يمكن أن تدخل الميكروبات الضارة إلى الجسم من خلال ثلاثة طرق رئيسية: 1) الابتلاع 2) الاستنشاق 3) التلامس الجلدي {11}.

الأهداف الأساسية للدراسة الحالية هي: (1) تقييم تركيز المعادن الثقيلة (الزرنيخ، الكادميوم، الكوبالت، النحاس، الكروم، المنغنيز، النيكل، الرصاص، الفناديوم، والزنك) في الغبار الذي تم جمعه. (2) تقييم مستوى تلوث المعادن الثقيلة في الغبار باستخدام عامل التلوث (CF)، ومؤشر التراكم الجغرافي (Igeo)، ومؤشر حمل التلوث (PLI)، وعامل الإثراء (EF)، وتقييم مؤشر المخاطر البيئية المحتملة (Er&RI).

1-1 : منطقة الدراسة

تقع مدينة بغداد في وسط العراق على نهر دجلة عند خط عرض 33 وخط طول 44 درجة، وتقع في منتصف مدن العراق الرئيسية شمالاً وجنوباً كما في الشكل 1، وتبلغ مساحتها حوالي 660 كيلومتراً مربعاً، وهذا الموقع له أهمية كبيرة للمدينة، حيث أنها بعيدة عن مصادر الكوارث الطبيعية كالفيضانات، وقريبة من مصادر المياه والموارد الطبيعية، بالإضافة إلى أن المدينة تمثل حلقة وصل ومحطة مهمة بين دول العالم في جنوب شرق آسيا وتركيا والهند وسوريا{12}.

تنقسم تضاريس منطقة الدراسة إلى منطقة سهل فيضي (أراضي منخفضة) ومنطقة شبه صحراوية (أراضي مرتفعة نسبياً). ويتميز السهل الفيضي بانحدار طفيف من الشمال إلى الجنوب حيث تنحدر المنطقة من ارتفاع 56 متراً إلى ارتفاع 26 متراً فوق مستوى سطح البحر، والمنطقة منبسطة مع بعض الارتفاعات الموقعية الناتجة عن إنشاء قمم ري قديمة وجديدة بالإضافة إلى مجاري الأنهار القديمة. أما المنطقة شبه الصحراوية التي تغطي الجزء الشمالي الغربي فيبلغ ارتفاع المنطقة حوالي (75) متراً في الأجزاء الشمالية الغربية ويصل إلى حوالي (34) متراً فوق مستوى سطح البحر في الأجزاء القريبة من السهل الفيضي. وتتميز المنطقة بشكلها المسطح مع وجود منخفضات ووديان واسعة وضحلة ذات أنظمة تصريف متقطعة وهذه المنطقة بها تعرية طفيفة من الشمال والغرب{13}.

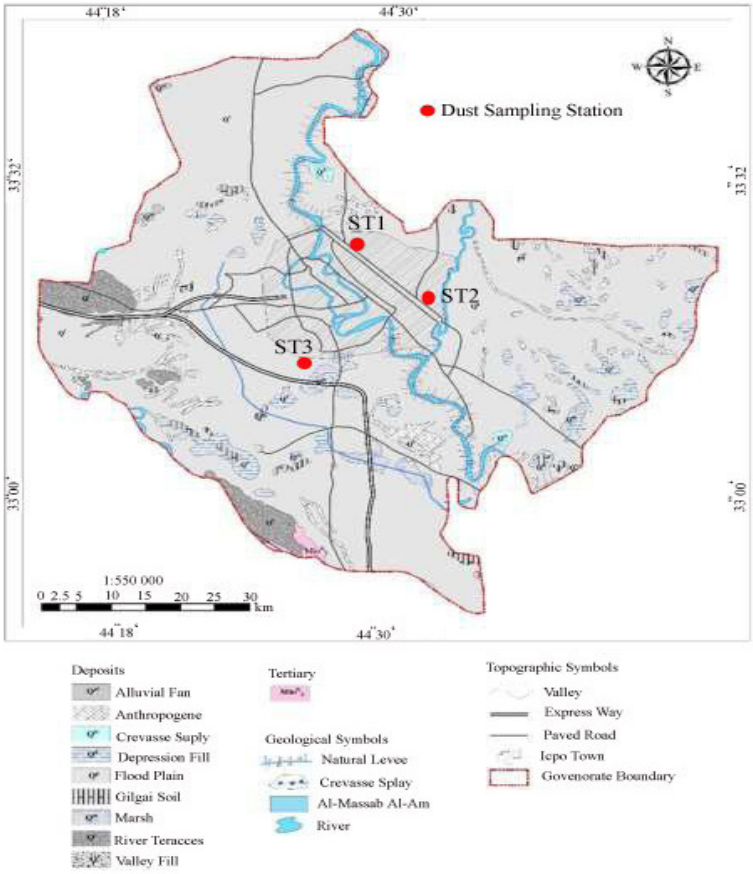


الشكل رقم 1 :. خريطة موقع منطقة الدراسة

1 – 2 : جمع **العينات**

تم جمع العينات أثناء العواصف باستخدام طبقة نايلون على أسطح مرتفعة من المباني العالية والتي كانت بمثابة محطات لجمع العينات وكانت مساحة الأرض المغطاة بالنايلون متر مربع واحد لجمع الغبار المتساقط عليها وكانت مدة جمع العينات مستمرة حتى نهاية العاصفة.

تم إنشاء ثلاث محطات محلية ضمن محافظة بغداد لغرض جمع عينات الغبار، كما في الشكل 2.



الشكل رقم 2 : محطات منطقة الدراسة وجيولوجية المنطقة

وتم اختيار المناطق وفق الجدول رقم 1 كالتالي:

الجدول (1) الإحداثيات الجغرافية لمنطقة الدراسة التي تم جمع عينات منها لبعض العواصف التي ضربت بغداد خلال عام 2022 .

رقم المحطة	المقاطعة	موقع	خط عرض	خط طول
1	حي اور	الشمال الغربي	N 14 41 33	E 09 41 44
2	المشتل	جنوب شرق	N 01 33 33	E 49 49 44
3	حي الشباب	الجنوب الغربي	N 06 14 33	E 05 20 44

1 – 3 : تحليل العينات

تم تحليل العينات لمعرفة تراكيز المعادن الثقيلة (As، Cd، Co، Cr، Cu، Mn، Ni، Pb، V، و Zn) في عينات الغبار باستخدام تقنية مطيافية البلازما المقترنة بالحث (MS-ICP) في خدمات المختبرات الأسترالية (ALS) في إسبانيا.

1 – 4 : منهجية تقييم التلوث

تم استخدام مؤشر التراكم الجغرافي (Igeo)، وعامل التلوث (CF)، وعامل الإثراء (EF)، ومؤشر حمل التلوث (PLI)، والمخاطر البيئية المحتملة (Er)، ومؤشر المخاطر (RI) لتقييم مستوى تلوث المعادن الثقيلة في عينات الغبار التي تم جمعها من جميع مواقع الدراسة داخل المنطقة وتقييم مخاطرها البيئية. وفي غياب قيم مرجعية محددة للمعادن الثقيلة في الغبار، تم استخدام القيم المرجعية للمعادن الثقيلة في التربة لتقييم مؤشرات التلوث والمخاطر البيئية، باتباع المنهجية التي حددها كباتا 2011{14}.

* مؤشر التراكم الجغرافي

Geographical accumulation index(*Igeo*)

يستخدم مؤشر التراكم الجغرافي (Igeo)، كمقياس مستخدم على نطاق واسع لتقييم مدى تلوث المعادن. وفي سياق دراستنا، استخدمنا مؤشر التراكم الجغرافي لتقييم مستوى تلوث المعادن الثقيلة الموجود في عينات الغبار {15}.يحسب هذا المؤشر وفق المعادلة التالية:

$$\text{Igeo} = \log_2\left[\frac{Cn}{1.5*Bn}\right] \quad (1) \quad \{15\}$$

حيث ان Cn تركيز المعدن في الغبار، و Bn قيمة مرجعية لتركيز المعدن في التربة. ومن أجل التخفيف من التأثير المحتمل للاختلافات في القيم المرجعية الناشئة عن الاختلافات الليثولوجية في الرواسب، تم تقديم عامل تصحيح قدره 1.5 {16}, بالإضافة إلى ذلك، تم تصنيف مؤشر التراكم الجغرافي (Igeo) إلى سبع مجموعات مميزة بواسطة مولر (1969) {15} لتسهيل تصنيف القيم، كما في الجدول رقم 2 للرجوع إليها والتفسير.

الجدول 2. فئات مؤشر التراكم الجغرافي (Igeo)

range Igeo	Category
Igeo≤ 0	Unpolluted
1 > Igeo >0	Unpolluted to Moderately pollution
2> Igeo >1	Moderately pollution
2 <Igeo<3	Moderately to pollution highly
3 <Igeo<4	Highly polluted
4 <Igeo<5	Highly to polluted extremely
5 ≤ Igeo	Extremely polluted

*عامل التلوث (Contamination factor (CF

ويستخدم معامل التلوث (CF) لحساب درجة التلوث بالمعادن الثقيلة {17}، من خلال المعادلة التالية:

$$CF=\frac{(Cn)sample}{(Bn)background} \qquad (2)$$

حيث أن (Cn) هي تركيز المعدن الثقيل في الغبار، وقيمة الخلفية (Bn) هي القيمة المرجعية للمعدن الثقيل. وقد قسم هاكانسون (1980) {17} عامل التلوث (CF) إلى أربع فئات، الجدول 3.

الجدول 3. فئات معامل التلوث (CF)

Value	Category CF
1 > CF	contamination Low
CF<3≥1	contamination Moderate
CF≤6≥3	considerable contamination
6<CF	contamination high Very

*مؤشر حمل التلوث Pollution Load (PLI) Index

يتم استخدام مؤشر حمل التلوث (PLI) لتقدير مواقع تلوث المعادن الثقيلة في الغبار. تم تحديد قيمة مؤشر حمل التلوث باستخدام المعادلة التالية بواسطة (Thomas et al. ، 1980 {18}, والذي صنّف الغبار الى ثلاثة اصناف حسب هذا المؤشر كما في الجدول رقم 4 :

$$PLI=\sqrt[N]{CF1\times CF2\times CF3\dots CFn} \qquad (3)$$

حيث N هو عدد المعادن المدروسة وCF هو عامل التلوث المحسوب في المعادلة (2).

الجدول 4. درجة تصنيف PLI.

contamination of Degree	PLI
pollution Not	1>PLI
pollution Moderate	1=PLI
Pollution	1<PLI

*عامل الإثراء Enrichment factor (EF)

إن معامل التلوث (EF) هو نقطة مرجعية للتمييز بين مصادر المعادن الطبيعية والمصادر البشرية ويتم حسابه لتقييم درجة التلوث. وقد تم حساب معامل التلوث لأول مرة من قبل (Bud Menard- و Chesselet في عام 1979) {19} وتم حسابه باستخدام المعادلة:

$$EF=\frac{\left(\frac{Cn}{Fe}\right)sample}{(Bn/Fe)background} \qquad (4)$$

حيث تمثل القيمة (Fe/Cn) نسبة المعادن الثقيلة إلى الحديد في غبار الحقل، وتمثل القيمة (Bn /

Fe) نسبة المعدن الثقيل الى الحديد كمتوسط عالمي للتربة. ولأنه من المعادن الجيوكيميائية المتميزة بوفرتها في البيئة فقد تم اختيار Fe كمعدن مرجعي {20}. إذا كانت قيمة EF أقل من 1 فهذا يعني أن المعادن الثقيلة تنتج عن التجوية الطبيعية أو من المواد الخام، أما إذا كانت قيمة EF أكبر من 1 فهذا يعني أن المعادن الثقيلة تنتج عن الصناعة أو النشاط البشري {21} وقد اقترح (Sutherland, 2000){22} خمسة ملوثات لعوامل الإثراء (EF) مدرجة في الجدول 5.

الجدول 5. فئات عامل الإثراء (EF)

EF Category	Enrichment factor
Deficiency to minimal enrichment	EF<2
enrichment Moderate	EF<5 >2
enrichment Significant	EF <20 >5
enrichment high Very	EF <40 >20
enrichment high Extremely	40 < Ef

❋ المخاطر البيئية المحتملة Potential En- (Er) vironmental Hazard ومؤشر المخاطر Risk (RI) Index

يُستخدم مؤشر المخاطر البيئية المحتملة عادةً لحساب التأثيرات السامة المحتملة للمعادن الثقيلة على الرواسب والغبار والتربة {23}. توفر هذه المنهجية حسابًا للتأثيرات البيئية الضارة للمعادن الثقيلة في الغبار {24}. يمكن حساب هذا المؤشر بالمعادلة التالية :

$$Er = Ti \times CF \quad (5)$$

$$RI = \int Er \quad (6)$$

حيث Er هو مؤشر المخاطر البيئية للمعدن الثقيل، Ti هو مقدار الاستجابة السامة لكل معدن سام معين (Zn =Mn=1، V=Cr=2، Cu=Pb=Ni=5، Co=30=Cd، و As= 10).{25} ، تم الكشف عن Er كخطر بيئي محتمل، ويشار إلى CF كمعامل للتلوث. هناك خمس فئات {23} من Er وأربع فئات من RI مدرجة في الجدول 6.

الجدول 6. تصنيف عامل الخطر البيئي (Er) ومؤشر الخطر البيئي المحتمل (RI).

Er		RI	
Er<40	risk ecological potential Low	150>RI	risk ecological Low
Er<80 ≥40	risk ecological potential Moderate	Er <300 ≥150	ecological Moderate risk
Er<160 ≥80	risk ecological potential Considerable	Er<600 ≥300	ecolog- Considerable risk ical
Er<320≥160	risk ecological potential high	600≤RI	ecological high Very risk
320≤Er	ecological high Very risk	_____	_____

2 : النتائج والمناقشة

2 – 1 : تراكيز المعادن الثقيلة

يبين الجدول رقم 7 تراكيزالمعادن الثقيلة التي تم تحليلها ومتوسط التربة العالمي. تجاوز متوسط تركيز المعادن الثقيلة في الغبار الذي تم جمعه في منطقة الدراسة القيمة المرجعية باستثناء الرصاص وكانت قيم الكروم والنيكل والمنجنيز والكادميوم أعلى من تلك القيمة المرجعية، مما يشير إلى أن هذه القيم قد تتأثر بعوامل خارجية مثل النشاط البشري {26}, بينما كانت قيم الرصاص اقل من القيمة المرجعية، وكانت القيم لباقي العناصر متقاربة مع قيمها المرجعية.

الزرنيخ (As)

التركيز الاعلى للزرنيخ كان في الموقع الشمالي الغربي ثم الموقع الجنوبي الغربي وبعدها الموقع الجنوبي الشرقي (جدول 7). يدخل الزرنيخ إلى البيئة من خلال العديد من الأنشطة البشرية والزراعية، مثل التعدين وصهر المعادن واحتراق الوقود الأحفوري واستخدام المبيدات الحشرية الزراعية{27}.

الكادميوم (Cd)

تراوح تركيزه بين 1.6 الى 2 جزء من المليون ويمكن ان يعزى هذا التركيز في الغبار الى النشاط الصناعي وتآكل الإطارات والزراعة وزيوت التشحيم وإنتاج واستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية {28}.

الكوبالت (Co)

بلغ تركيزه الاعلى في الموقع الجنوبي الغربي ثم في الموقع الشمالي الغربي وبعدها في الموقع الجنوبي الشرقي .يدخل الكوبالت إلى البيئة من مصادر طبيعية وبشرية وتشمل المصادر البشرية

الجدول 7: تراكيز المعادن الثقيلة (جزء في المليون) في غبار منطقة الدراسة والقيم المرجعية لها في التربة.

Metals	west North	South East	South West	Referece value	Metals	NW	SE	SW	value.Ref
pb	11.36	12.66	12.26	27	Co	9.8	13.26	17.3	11.3
v	189	173.33	199.33	129	Cu	45.9	45.6	50.1	38.9
Cr	280.3	328.89	341.36	59.5	Mn	946.1	920.4	1004.5	488
Ni	237.1	231.15	251.33	29	Zn	104.4	99.7	107.83	70
As	8.433	6.8	7.666	6.83	Cd	2	2	1.66	0.41
Fe	55136	51830	58123	40000					

حرق الوقود الأحفوري، وتعدين وصهر خامات الكوبالت، ومعالجة مخاليط الكوبالت، الأسمدة الفوسفاتية في المناطق الصناعية والتي قد تنتقل عن طريق الرياح وتتسبب في ارتفاع تركيز الكوبالت في أجزاء أخرى من منطقة الدراسة {29}.

الكروم (Cr)

تراوح تركيزه بين 280الى 341 جزء من المليون وهذا يفوق كثيرا عن القيمة المرجعية له (59.5) .يدخل الكروم في الصناعة بشكل واسع لاستخداماته العديدة مثل الدباغة وصباغة المنسوجات والطلاء بالكروم وتصنيع السبائك المختلفة كمثبطات للتآكل ومعالجة الأخشاب، وتلك الصناعات ربما تكون السبب وراء ارتفاع تركيزه في منطقة الدراسة {30}.

النحاس (Cu)

تراوح تركيزه بين 50-45 جزء من المليون وهذا التركيز اكثر قليلا من التركيز الطبيعي له في الترب (38.9).وقد تكون مصادره طبيعية وبشرية، بما في ذلك دواسات الفرامل للمركبات، والعوادم من كل من البنزين والديزل المركبات، ويتم إطلاق النحاس أثناء أنشطة مثل معالجة المعادن وصهرها بالإضافة إلى وجوده في مواد البناء {31}.

المنغنيز (Mn)

تراوح تركيزه بين 920 الى 1004 ج.م.م وهو اكثر من التركيز الطبيعي له في الترب. تشمل مصادر المنغنيز قطاعات التعدين والتصنيع واللحام وقد يكون السبب وراء ارتفاع تركيز المنغنيز هو المصادر البشرية وخاصة النشاط الصناعي وحركة المرور في هذه المناطق {32}.

النيكل (Ni)

فاق تركيزه كثيرا في منطقة الدراسة (231-251) ج.م.م عن تركيزه الطبيعي في التربة (29). ينتشر النيكل على نطاق واسع في البيئة، من خلال مصادر طبيعية وبشرية. وينطلق إلى الغلاف الجوي من احتراق وقود الديزل ووقود النفط والفحم وحرق النفايات وصناعة الأسمدة {33}.

الرصاص (Pb)

كان تركيزه في المواقع الثلاث اقل بكثير من تركيزه الطبيعي في التربة. قد يأتي الرصاص من مصادر صناعية مثل إنتاج بطاريات الرصاص الحمضية وحرق الوقود المحتوي على الرصاص ومن مواد الطلاء. {34}.

الفاناديوم (V)

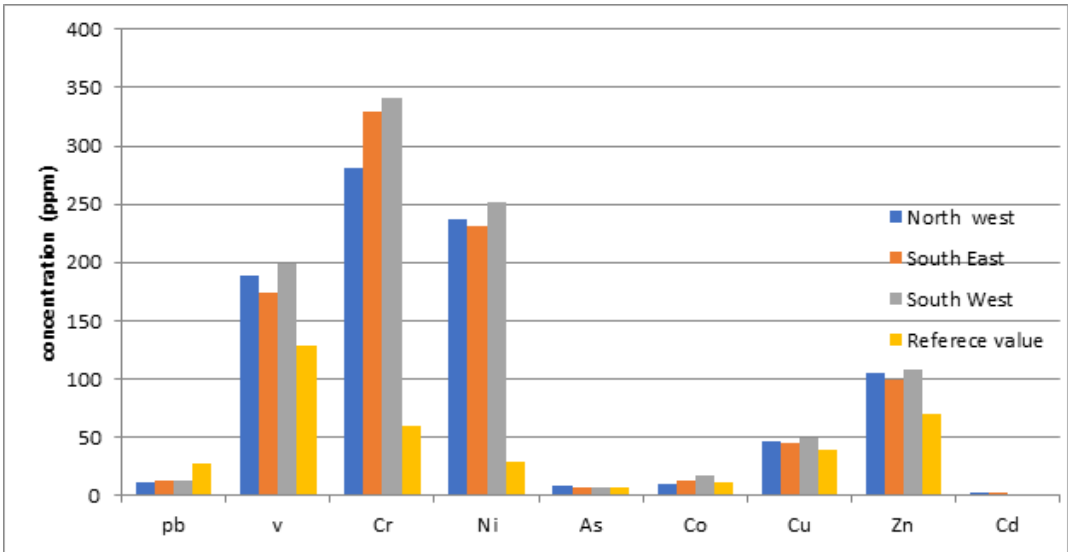
تراوح تركيزه في منطقة البحث بين 173 -199.3 ج م م وهو اكبر من المعدل الطبيعي له في الترب(129) . يوجد الفاناديوم في الغلاف الجوي من مصادر طبيعية وبشرية. ويشمل المصدر الطبيعي الغبار والانبعاثات القارية والبركانية والضباب الجوي البحري، حيث يمثل الغبار القاري أكبر مصدر في الهواء، يليه الهباء الجوي البحري، بينما تمثل الانبعاثات البركانية جزءًا صغيرًا مقارنة بهذين المصدرين {35}, أو يتم إطلاقه في البيئة السطحية من خلال احتراق الوقود الأحفوري والتعدين واستخدام الأسمدة الفوسفاتية {36}.

الزنك (Zn)

يتراوح تركيز الزنك في منطقة البحث من 99.7 إلى3 107.8 ج.م.م وهو اكثر من الوجود الطبيعي له في التربة (70). ان أكبر المصادر البشرية للزنك هي تلك المتعلقة بإنتاج المعادن، بما في ذلك حرق النفايات، واستخدام الأسمدة الفوسفاتية، واستهلاك الوقود، وإنتاج الأسمنت. وتشمل المصادر الأخرى بطانات الفرامل وتآكل الإطارات

المرتبط بحركة المرور، وكلها قد تزيد من تركيز الزنك في منطقة الدراسة {37}.

ويبين الشكل 3 ان هناك ارتفاعاً ملحوظاً عن القيمة المرجعية لعناصر الكروم، النيكل، والفناديوم.

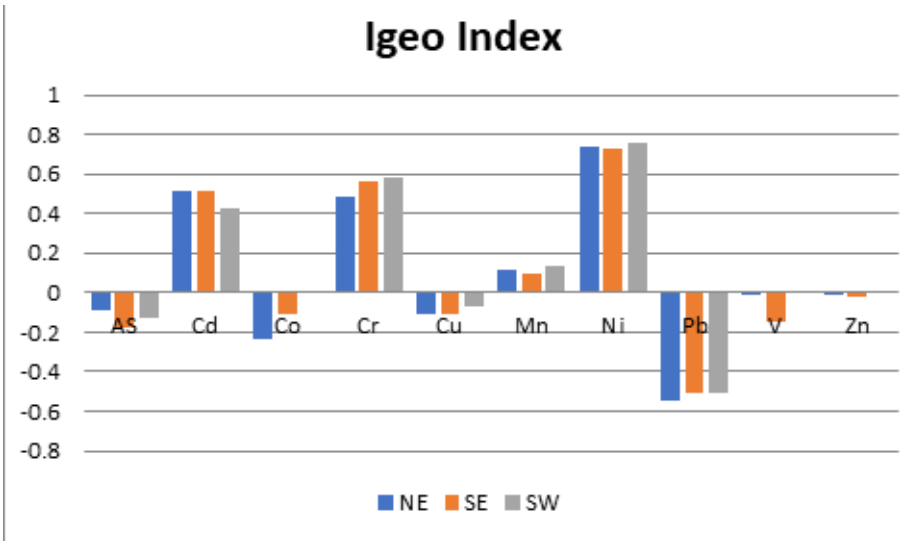


الشكل 3 : قيم تراكيز العناصر في منطقة الدراسة والقيم المرجعية لها

2-2: مؤشرات التلوث

*مؤشر التراكم الجغرافي (Igeo)

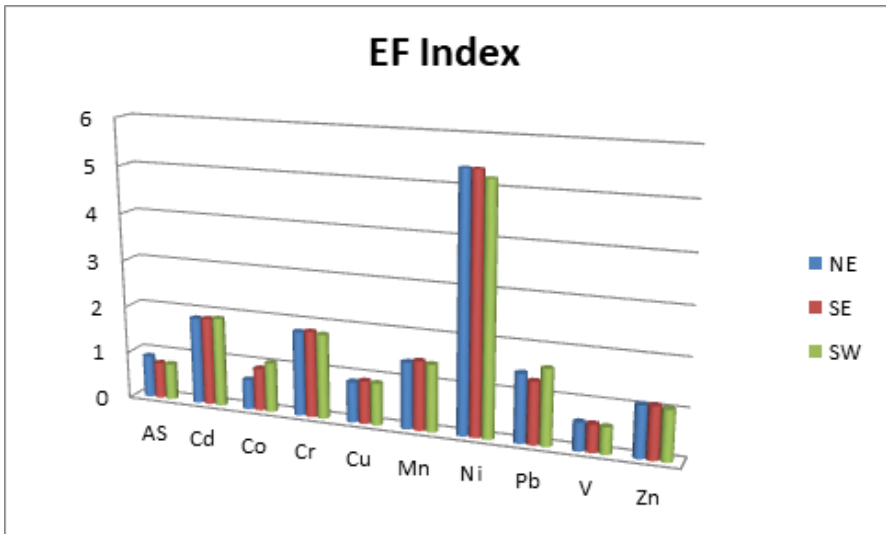
كشفت النتيجة أن ترتيب قيم Igeo كان بالشكل التالي Ni>Cr>Cd>Mn>Zn>Cu>As>V>Pb، كما في الشكل 4. يتم تصنيف الغبار الذي تم جمعه من المناطق السكنية والحدائق حسب فئة Igeo على أنه غير ملوث بالنسبة للزرنيخ، الكوبالت، النحاس، الرصاص، الفناديوم، والخارصين، بينما يكون غير ملوث إلى ملوث بشكل معتدل بالنسبة للنيكل، الكروم، الكادميوم، والمنغنيز.



الشكل 4: قيم مؤشر التراكم الجغرافي للعناصر في منطقة الدراسة

*عامل الإثراء (EF)

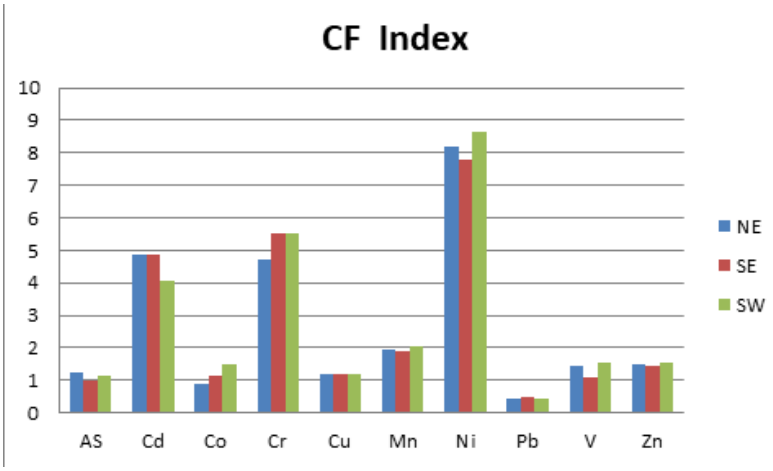
تظهر النتيجة التي تم الحصول عليها لقيم عامل الاثراء (EF) للمعادن الثقيلة في المواقع الثلاثة على الترتيب التنازلي التالي Ni>Cd> Cr> Mn>Pb>Zn>Cu>Co>As ، كما في الشكل 5. وفقًا لتصنيف EF، فان هناك اثراء كبير لعنصر النيكل فقط وباقي العناصر تكون في فئة الحد الادنى من الاغناء.



الشكل 5: قيم عامل الاثراء في منطقة الدراسة

*عامل التلوث (CF)

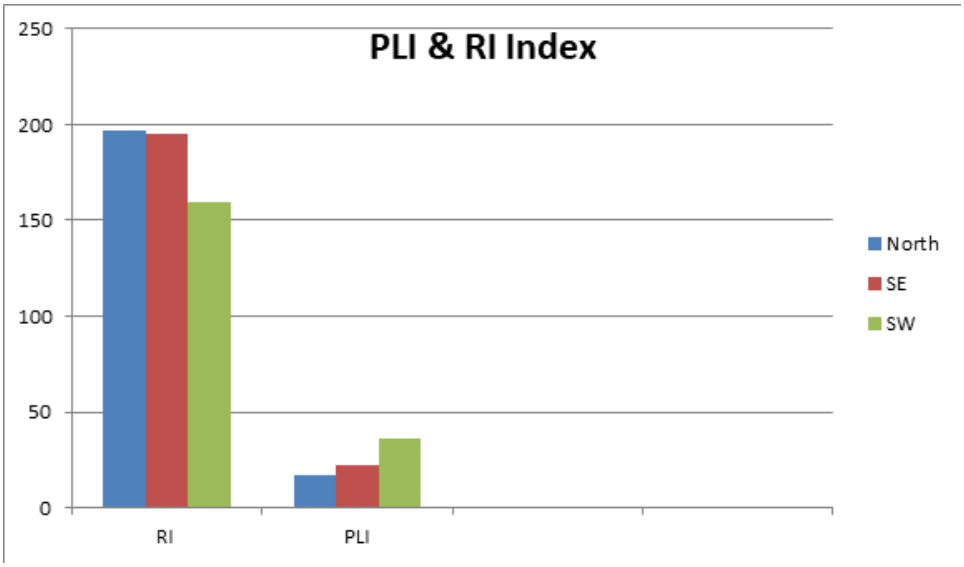
تم إدراج النتيجة الحالية لقيم CF للمعادن الثقيلة المقاسة في عينات الغبار للمواقع الثلاثة وفق الترتيب التنازلي التالي Ni> Cr> Cd> Mn> Zn> V> Cu> Co> As>Pb , كما في الشكل 6. أظهرت النتائج أن مستوى التلوث بالـ رصاص هو تلوث منخفض، في حين أن مستوى التلوث بالـ As وZn و Co و Cu و Mn و V هو متوسط، في حين أظهرت النتيجة التي تم الحصول عليها أن عينات الغبار ملوثة بشكل كبير بالكادميوم والكروم وكبير جدا بالنسبة للنيكل.



الشكل 6: قيم عامل التلوث (CF) لعينات الغبار في منطقة الدراسة

* مؤشر حمل التلوث (PLI)

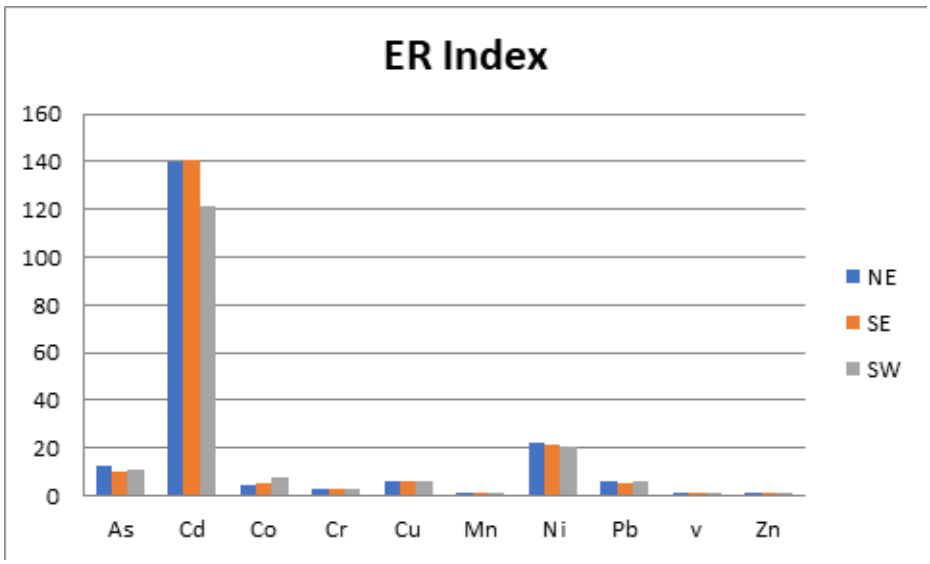
كانت قيمة PLI لجميع المعادن الثقيلة في جميع مواقع أخذ العينات أكبر من 1، كما في الشكل 7، وبناءً على تصنيف هاكانسون (1980){17} ، فإن مواقع أخذ العينات ملوثة.



الشكل 7: قيم مؤشر حمل التلوث (PLI) ومؤشر المخاطر (RI)

* المخاطر البيئية المحتملة (Er) ومؤشر المخاطر (RI)

تشيرالنتائج الى انخفاض قيمة المخاطر البيئية المحتملة حسب التصنيف المتبع في هذه الدراسة {23} (ER<40) باستثناء عنصر الكادميوم كما في الشكل رقم 8 وكذلك بالنسبة لمؤشر المخاطر الكلي (RI<150).



الشكل 8: قيم المخاطر البيئية المحتملة للعناصر الثقيلة في منطقة الدراسة

الجدول : قيم Igeo و CF و EF و Er للمعادن الثقيلة في غبار منطقة الدراسة

Site	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	v	Zn
Igeo										
NE	0.084-	0.512	0.239-	0.490	0.104-	0.111	0.736	0.546-	0.010-	0.002-
SE	0.178-	0.512	0.106-	0.566	0.107-	0.099	0.725	0.505-	0.148-	0.022-
SW	0.125-	0.431	0.008	0.582	0.066-	0.137	0.761	0.505-	0.012	0.011
Average	0.129-	0.485	0.112-	0.546	0.092-	0.116	0.741	0.519-	0.049-	0.004-
CF										
NE	1.234	4.878	0.867	4.710	1.179	1.938	8.175	0.420	1.461	1.491
SE	0.995	4.878	1.143	5.527	1.172	1.886	7.790	0.468	1.064	1.424
SW	1.122	4.048	1.491	5.537	1.207	2.050	8.666	0.454	1.545	1.540
Average	1.117	4.601	1.167	5.258	1.186	1.958	8.21	0.447	1.357	1.485
EF										
NE	0.895	1.849	0.629	1.792	0.856	1.406	5.374	1.444	0.591	1.081
SE	0.768	1.863	0.905	1.823	0.904	1.455	5.369	1.307	0.581	1.099
SW	0.772	1.891	1.053	1.786	0.886	1.416	5.204	1.596	0.557	1.059
Average	0.812	1.868	0.862	1.8	0.882	1.426	5.316	1.449	0.576	1.08
Er										
NE										
SE	9.956	140.34	5.715	2.929	5.860	1.455	21.552	5.290	0.933	1.099
SW	11.122	121.463	7.455	2.858	6.035	1.416	20.816	6.436	0.891	1.059
Average	11.142	134.048	5.835	2.905	5.93	1.426	21.433	5.87	0.929	1.08

الجدول 12. قيم PLI و RI للمعادن الثقيلة في غبار منطقة الدراسة

	North east	SE	SW	Average
RI	197.11	195.129	159.551	183.93
PLI	16.913	22.276	36.159	25.116

3 : الاستنتاجات

أظهـرت النتائـج ارتفاعًـا في مـؤشرات التلـوث لعنـاصر النيـكل، الكـروم، الكاديـوم، والمنغنيـز مقارنـةً ببقيـة العناصر.امـا بالنسـبة لمـؤشرات المخاطـر البيئيـة المحتملـة (Er , RI) فقـد أظهـرت النتائـج ان هنـاك انخفاضـاً لهـذه القيـم لجميـع العناصر المدروسـة.

References

1- Fan, X., Lu, X., Yu, B.o., Zuo, L., Fan, P., Yang, Y., Zhuang, S., Liu, H., Qin, Q., 2021. Risk and sources of heavy metals and metalloids in dust from university campuses: A case study of Xi'an China. Environ. Res. 202, 111703.

2- Yongming, H., Pexixuan, D., Junji, C., Posmentier, E,S.,2006. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China Science of the Total Environment, 355: 176-186.

3- Adekola, F., Dosumu, O., 2001. Heavy metal determination in household dust from Ilorin City. Nigeria. J. Nigeria Society for Experimental Biology, 3: 217 – 221.

4- Awadh, S.M. and Al-Hamdani, J.A.J.M.Z., 2019. Urban geochemistry assessment using pollution indices: a case study of urban soil in Kirkuk, Iraq. Environmental Earth Sciences, 78(20),587.

5- Torghabeh, A.K.; Jahandari, A.; Jamasb, R., 2019.Concentration, contamination level, source identification of selective trace elements in Shiraz atmospheric dust sediments (Fars Province, SW Iran). Environmental Science and pollution Research, 26(7):6424-6435.

6- Gupta, V., Bisht, L., Deep, A.,2022 Gautam, S. Spatial distribution, pollution levels, and risk assessment of potentially toxic metals in road dust from major tourist city, Dehradun, Uttarakhand India. Stochastuc Enviromental Research and Risk Assessment, 36, 3517–3533.

7- Jassim, H.H., Salman, I.M. and Al-Khafaji, R.M.N., 2021. Sedimentological and Heavy metals characteristics of streets dust in some areas east of Baghdad for 2020. The Iraqi Geological Journal, 117-125.

8- Awadh, S.M., 2015. Cd, Ni, and Pb distribution and pollution assessment in roadside dust from Baghdad City and Western Iraqi Desert. Arabian Journal of Geosciences, 8, 315-323.

9- Ali, A.R., Al-Mufti, T.M. and Taqi, C.M., 2021. Geochemical distribution of some heavy metals in agricultural soil and their environmental impacts in Kirkuk, Northern Iraq. The Iraqi Geological Journal, 75-92.

10- Taiwo, A.M., Musa,M.O.,Oguntoke,O.,A folabi,T.A., Sadiq,A.Y., Akan-

and Pollution Research, 28,5040-50419.

17- Hakanson, L., 1980. An Ecological risks index for aquatic pollution control a sedimentological approach, Water Research, 14 (8), 975–1001.

18- Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R. and Jeffrey, D.W., 1980. Problems in the Assessment of Heavy-Metal Levels in Estuaries and the Formation of a Pollution Index. Helgoländer Meeresuntersuchungen, 33, 566-575.

19- Buat-Menard, P. and Chesselet, R., 1979. Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry.

20- Chandrasekaran, A., Ravisankar, R., Harikrishnan, N., Satapathy, K. K., Prasad, M. V. R., Kanagasabapathy, K. V., 2015. Multivariate statistical analysis of heavy metal concentration in soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu,

21- Jiang, F., Ren, B., Hursthouse, A., Deng, R., Wang, Z., 2019. Distribution, source identification, and ecological- health risks of potentially toxic elements (PTEs) in soil of thallium mine area (southwestern Guizhou, China). Environmental Science and Pollution Research, 26 (16), 16556–16567.

22- Sutherland, R. A., 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environmental Geology,6, 611–627.

23- Hu, J., Lin, B., Yuan, M., Lao, Z., Wu, K., Zeng, Y., Liang, Z., Li, H., Li, Y., Zhu, D., Liu, J. and Fan, H., 2019. Trace metal pollution and ecological risk assessment in agricultural soil in Dexing Pb/Zn mining area, China. Environmental Geochemistry

ji,M.A., Shehu,M.R.,2020. Spatial distribution, pollution index, receptor modelling and health risk assessment of metals in road dust from Lagos metropolis, Southwestern Nigeria. Environmental Advance, 2,100012

11- Al-Shidi, H.K., Al-Reasi, H.A., Sulaiman, H., 2020. Heavy metals levels in road dust from Muscat, Oman: relationship with traffic volumes, and ecological and health risk as sessments. International Journal of Enviromental Health Research ,32(2), 264-276 .

12- D. Lorenzi, J.A. Entwistle, M. Cave, J.R. Dean, Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban street dust: implications for human health Chemosphere 83, 970–977.2011.

13-] R. Boonyatumanond, M. Murakami, G. Wattayakorn, Togo, H. Takad. Sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in street dust in a tropical Asian megacity Bangkok. Thailand. Sci. Total Environ. 384, 420–432.2007.

14- Kabata-Pendias, A., 2011. Trace elements in soils and plants. 4th ed. CRC press, Taylor and Francis Group, LLC. Boca Raton, USA, 137-400.

15- Muller, G. 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geology Journal 2,108-118.

16- Dat, N.D.; Nguyen, V.T., Vo, T.D., Bui, X.T., Bui, M.H., Nguyen, L.S.P., Nguyen, X.-C.; Tran, A.T.-K., Nguyen, T.-T., Ju, Y.-R,et al.2021. Contamination, source attribution, and potential health risks of heavy metals in street dust of a metropolitan area in Southern Vietnam. Environmination Science

risk of heavy metals in street dust .Environmental medicine and its impacts on human health,26(2),327-345.

32- Wu, R., Yao, F., Li, X., Shi, C., Zang, X., Shu, X., Liu, H. and Zhang, W. 2022. Manganese Pollution and Its Remediation: A Review of Biological Removal and Promising Combination Strategies. Microorganisms, 1012.2411.

33- Cempel, M., and Nikel, G., 2006. Nickel: a review of its sources and environmental toxicology. Pol. J. Environ. Stud. 15, 375–382.

34- Sarker, A., Masud, M.A.A., Deepo, D.M., Das, K., Nandi, R., Ansary, M.W.R., Islam, A.R.M.T. and Islam, T., 2023. Biological and green remediation of heavy metal contaminated water and soils: A state-of-the-art review. Chemosphere, 138861.

35- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K. and Sutton, D.J., 2014. Heavy Metal Toxicity and the Environment. Experientia Supplementum, 101(1), 133–164.

36- Orecchio, S., Amorello, D., Barreca, S. and Pettignano, A., 2016. Speciation of vanadium in urban, industrial and volcanic soils by a modified Tessier method. Environmental Science: Processes & Impacts, 18(3), 323–329.

37- Councell, T.B., Duckenfield, K.U., Landa, E.R., Callender, E., 2004. Tire wear particles as a source of Zn to the environment. Environmental Science and Technology 38(15), 4206e4214.

and Health, 41(2):967-980.

24- Saeedi, M., Li, L.Y. and Salmanzadeh, M., 2012. Heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons: Pollution and ecological risk assessment in street dust of Tehran. Journal of Hazardous Materials, 227-228,.9–17.

25- Wang, C., Yang, Z., Zhang, Y., Zhang, Z. and Cai, Z., 2018. PAHs and heavy metals in the surrounding soil of a cement plant Co-Processing hazardous waste. Chemosphere, 210, 247–256.

26- Shi, J., Wang, H., Xu, J., Wu, J., Liu, X., Zhu, H., Yu, C., 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing, China. Environmental Geology. 52 (1), 1–10.

27- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K. and Sutton, D.J., 2014. Heavy Metal Toxicity and the Environment. Experientia Supplementum, 101(1), 133–164.

28- Li, Y., Yu, Y., Yang, Z., Shen, Z., Wang, X. and Cai, Y.,2016. A comparison of metal distribution in surface dust and soil among super city, town, and rural area. Environmental Science and Pollution Research, 23(8), 7849–7860.

29- Zadnipryany, I.V., Tretiakova, O.S., Sataieva, T.P. and Walery Zukow. 2017. Experimental review of cobalt induced cardiomyopathy. 6(1), 0103–0103.

30- Zhitkovich, A. 2011. Chromium in Drinking Water: Sources, Metabolism, and Cancer Risks. Chemical Research in Toxicology, 24,(10), 1617–1629.

31- Aguilera,A.,Bautista, F.,Goguitchaichvili, A., Garcia-Oliva, F., 2021.Health