

تقييم الخطر البيئي والصحي ومؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة لعينات الغبار في مستشفى سامراء العام - محافظة صلاح الدين / العراق

أحمد غازي عطيه الشمري*، محمود فاضل الجميلي
قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، العراق



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

<https://doi.org/10.54153/sjpas.2024.v6i3.614>

الخلاصة:

معلومات البحث:

جمعت خمس عينات من الغبار المترسب من داخل وخارج بناية مستشفى سامراء العام لغرض تقييم الخطر البيئي والصحي. أجريت عليها تحليل لقياس نسبة الملوثات بالأشعة السينية المفلورة (XRF) باستخدام جهاز (PEDX). أظهرت النتائج تسجيل تراكيز عالية من عشرين عنصر ثقيل التي لها تأثير متباين على صحة الإنسان. استخدمت عدد من مؤشرات التلوث لتقييم حالة التلوث في المستشفى وهي عامل الاغناء (EF). بين هذا العامل إن العناصر الثقيلة (As, Sb, Hg, Ni, Cd, Bi, Mo, U, Te) تقع ضمن صنف إغناء شديد إلى إغناء فائق الشدة. أما نتائج عامل التلوث (CF) أظهرت أن العناصر (Ni, Se, Cd, Sb, Te, Hg, Bi, Zn) تقع ضمن صنف تلوث عال جداً. وبين مؤشر درجة التلوث (Cdeg) إن مواقع العينات الخمسة ذات درجة تلوث عالية جداً. وسجل مؤشر الخطر البيئي المحتمل (PERI) خطر عال جداً لجميع مواقع العينات في المستشفى. في حين إن موديل تقييم الخطر الصحي للعناصر الثقيلة (As, Cd, Co, Ni, Pb) يشير إلى وجود مخاطر صحية مسرطنة محتملة للعينات داخل وخارج بناية المستشفى للأشخاص البالغين والصغار عند التعرض للغبار الملوث بهذه العناصر.

تاريخ الاستلام: 2023/07/05

تاريخ التعديل: 2023/08/08

تاريخ القبول: 2024/09/20

تاريخ النشر: 2024/09/30

الكلمات المفتاحية:

تلوث بيئي، العناصر الثقيلة، مؤشرات التلوث، مستشفى سامراء العام

معلومات المؤلف

الإيميل:

الموبايل:

المقدمة

يعد العراق من المناطق التي يتصف مناخه بارتفاع درجات الحرارة وزيادة التصحر وقلة الساقط المطري وبذلك أصبحت العواصف الغبارية من الظواهر الهامة في العراق وخاصة في وسط وجنوب العراق التي تمثل خطر طبيعي يهدد حياة الإنسان من جراء نقل الملوثات التي تحملها هذه العواصف الغبارية من مصادرها الخارجية إلى المدن والابنية السكنية ومؤسسات الدولة مسببة تلوث بيئي كبير [1]، لهذا السبب اكتسبت جودة الهواء الداخلي في الأماكن المغلقة اهتماما واسعا في السنوات الأخيرة وذلك لما لها من آثار صحية ضارة على الأشخاص الذين يقضون معظم الوقت في الداخل، ومهما المؤسسات الصحية إذ وجد الأطباء والموظفين والمرضى، المقيمين لمدة طويلة في هذه الأماكن، واصبحت جودة الهواء الداخلي مصدر قلق كبير في المناطق الحضرية لما تسببه من تأثيرات بيئية ضارة إذ تؤدي إلى انتشار الأمراض إلى الأماكن التي تصل إليها [2].

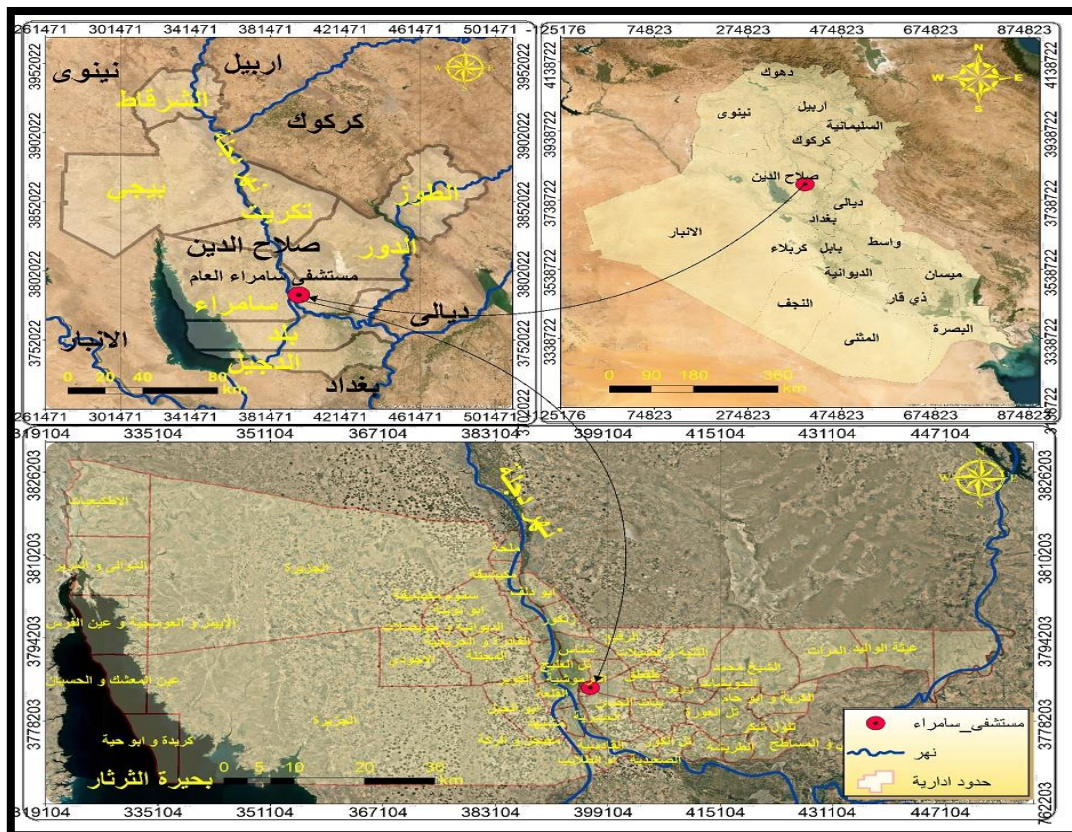
العواصف الغبارية تحتوي على جزيئات مختلفة الأحجام من الرمل الناعم والطين ومعادن طينية وأكاسيد مختلفة تمتز على أسطحها عناصر ثقيلة ملوثة مختلفة، مقاومة للتحلل والتفكك تبقى في البيئة لمدة طويلة وهذا هو مصدر قلق لتسببها في تلوث النظام البيئي إذ وجدت فضلا عن احتوائها على مواد عضوية وغير عضوية بعضها سام وملوث للبيئة [3]. المكونات الكيميائية والميكروبية العالقة مع دقائق الغبار في البيئة الخارجية تتغير مع الوقت متأثرة بعدة عوامل بما في ذلك التساقط المطري، اتجاه الرياح، عمليات التجوية للصخور المنكشفة على سطح الأرض وبما تغذيه من عناصر ثقيلة مع جزيئات الغبار واختلاف درجات الحرارة هذه العوامل تساعد على قدرة الميكروبات وما تحملها العواصف من ملوثات على البقاء في البيئة وانتقالها لمسافات طويلة لتصل إلى المناطق الحضرية مسببة مشاكل صحية كثيرة [4]، فضلا عن ذلك يحتوي الغبار الخارجي على الانبعاثات الملوثة من

عوادم السيارات، حرق الوقود الاحفوري في محطات توليد الطاقة الكهربائية، مخلفات المصانع والأنشطة البشرية والزراعية المختلفة، استخدام الأسمدة الزراعية والمبيدات الكيميائية وقطع غيار السيارات التي تستهلك اثناء الاستخدام والجسيمات العالقة من الطرق والترربة الملوثة، جميع هذه المصادر تؤدي الى تدهور جودة الهواء الداخلي وبالتالي يكون مصدر تلوث صحي خطير تؤثر كثيرا على صحة الانسان بما في ذلك امراض الجهاز التنفسي، امراض القلب، سرطان الرئة، تحسس الجلد وحساسية العيون [5].

انتشار ظاهرة تلوث الهواء الخارجي أصبحت تشكل مشكلة بيئية وصحية بفعل العوامل الطبيعية والأنشطة البشرية والزراعية فضلاً عن تلوث الهواء الداخلي من جراء الأنشطة البشرية والطبيعية على حد سواء في المنازل والأماكن المغلقة والمؤسسات الصحية على وجه الخصوص الذي يؤثر سلباً على صحة الأشخاص العاملين فيها او المراجعين لهذه المؤسسات. مشكلة البحث الرئيسية هي تشخيص عوامل التلوث ومعرفة مستوياتها وماهي التأثيرات الصحية على الأشخاص وكيفية معالجتها والحفاظ على جودة الهواء الداخلي وتوفير البيئة السليمة للعاملين. تناول البحث تحليل العناصر الثقيلة الملوثة التي تنتقل عن طريق العواصف الغبارية من الخارج الى داخل المباني السكنية ومؤسسات الدولة المختلفة والمستشفيات فضلاً عن مصادر التلوث الداخلي وخاصة في مستشفى سامراء العام إذ يعد الغبار من الملوثات الخطيرة والهامة التي تؤثر على صحة الأشخاص بطرق مختلفة تظهر أعراضها على الأشخاص البالغين والصغار بصورة متفاوتة. هذا يتطلب معرفة مصادر التلوث واتخاذ كافة إجراءات الصحة والسلامة البيئية للحفاظ على جودة الهواء الداخلي وبيئة نظيفة من اجل سلامة جميع العاملين في المؤسسات الصحية العامة، يتم ذلك من دراسة وتحليل عدد من مؤشرات التلوث وأهمها عامل الاغناء (Enrichment Factor (EF)، عامل التلوث (Contamination Factor (CF)، درجة التلوث (Degree of Contamination (C_{deg}، مؤشر الخطر البيئي المحتمل (Potential Ecological Risk Index (PERI) وموديل الخطر الصحي [6]. تهدف الدراسة الحالية الى تحليل تراكيز العناصر الثقيلة الملوثة في الغبار المترسب داخل الأبنية وخارجها فضلاً عن تحليل مؤشرات التلوث ومدى تأثيرها على البيئة وعلى جودة الهواء الداخلي مع تطبيق مؤشرات المخاطر الصحية وتأثيراتها على الأشخاص المقيمين والمراجعين سواء الأشخاص البالغين أو الاطفال في مستشفى سامراء العام.

موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الجنوبي من محافظة صلاح الدين بين دائرتي عرض ($34^{\circ}20'00''$ - $43^{\circ}15'00''$) شمالاً وخطي طول ($44^{\circ}30'00''$ - $43^{\circ}40'00''$) شرقاً، يحدها من الشمال قضاء الدور، من الغرب الثرثار ومن الشرق محافظة ديالى ومن الجنوب قضائي بلد والدجيل. كما مبينة في الشكل (1) الذي يوضح موقع مستشفى سامراء العام ضمن مدينة سامراء.



الشكل 1: موقع مستشفى سامراء العام

طرق جمع العينات

تم جمع خمس عينات غبار من مواقع مختلفة اثنان منهما عينات داخلية تمثلت بفلاتر مكيفات الهواء والأخرى الغبار المترسب داخل الأبنية والغرف وردهات المرضى، أما المواقع الخارجية تمثلت بعينة 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، وزنت من كل عينة ما يقارب (100) غرام ووضعت العينات الغبار في أكياس البولي إيثيلين شفاقة محكمة الغلق لحين الاستعمال.

المواد وطرائق العمل

نقلت العينات التي تم جمعها من المستشفى الى مختبر الجيوكيمياء في قسم علوم الارض التطبيقية في كلية العلوم/ جامعة تكريت إذ جففت عينات الغبار بالفرن على درجة (50) مئوية لمدة (24) ساعة لغرض تجفيف العينات من الرطوبة، ونخلت عينات الغبار باستخدام مناخل قياسية بحجم 75 مايكرومتر (0.075) ملمتر، وتم وزن (25) غرام من كل عينة وارسلت إلى مختبر الجيولوجيا الهندسية في جامعة انقرة / تركيا، لأغراض تحليل وفحص العينات. تم تحديد تراكيز العناصر الثقيلة في التربة والغبار وذلك عن طريق اختيار الطريقة التحليلية المناسبة لتحديد ومعرفة تلك التراكيز وهي مسألة مهمة جداً من حيث توفر الموثوقية والدقة في القياسات وفي الحسابات الرياضية المستخدمة، تم استخدام طريقة التحليل هي فحص (PEDXRF) Fluorescence Polarized Energy Dispersive لتحديد تراكيز العناصر الثقيلة المدرجة في الجدول (8) [7]، واستخدمت المعادلات الرياضية الخاصة لمؤشرات التلوث ومؤشرات الخطر الصحي لبيان مستويات التلوث للعناصر الثقيلة ومدى تأثيرها وخطورتها على صحة الأشخاص العاملين في مستشفى سامراء العام، ومن هذه المؤشرات هي:

1. عامل الاغناء (EF) Enrichment Factor

يعد عامل الاغناء من اهم العوامل المستخدمة في تقييم التأثيرات البشرية من تطبيق الحسابات الجيوكيميائية إجراء دراسات على تراكيز العناصر الثقيلة في العينات البيئية المختلفة، ويعد عامل الاغناء أداة قوية للتمييز بين المصادر البشرية المنشأ التي تحدث بشكل طبيعي من التلوث بالعناصر الثقيلة والمصادر الطبيعية التي تنشأ في التربة السطحية. تم استخدام المعادلة رقم (1) لغرض حساب عامل الاغناء [8].

$$EF = \frac{\left(\frac{C_n}{C_{ref}}\right)_{sample}}{\left(\frac{B_n}{B_{ref}}\right)_{Earth\ Crust}} \dots \dots \dots (1)$$

إذ ان:

نسبة تركيز العنصر المقاس في التربة الى تركيز العنصر المرجعي وهو (السترونشيوم Sr) الذي اعتمد في عينة التربة.

تركيز العنصر المقاس في الوفرة الطبيعية للقشرة الأرضية نسبة الى تركيز الوفرة الطبيعية للعنصر المرجعي (Sr) في القشرة الأرضية.

عامل الاغناء يعد طريقة مناسبة للتمييز بين مصادر إغناء العناصر الثقيلة في التربة سواء كانت مصادرها طبيعية أو بشرية، غالباً ما تستخدم العناصر (Al, Ca, Sc, Ti, Mn, Fe, Sr and Zr) كعناصر مرجعية في تحديد الوفرة الطبيعية، إذ تتميز هذه العناصر بقلّة تباين في التراكيز في القشرة الأرضية، في هذه الدراسة تم اختيار عنصر السترونشيوم (Sr) كعنصر مرجعي كونه العنصر المرجعي الوحيد الأكثر تركيزاً في هذه الدراسة فضلاً عن أنه العنصر الأقل تأثيراً بالأنشطة البشرية والأكثر استقراراً في البيئة [9]. تم تصنيف عامل الاغناء الى سبعة أصناف كما في الجدول (2). [10]

الجدول 1: تصنيف عامل الاغناء (EF)

معامل الاغناء (EF)	تصنيف مستوى الاغناء
(EF<1)	عدم وجود اغناء
(1<EF<3)	اغناء قليل
(3<EF<5)	اغناء متوسط
(5<EF<10)	اغناء متوسط الى عالٍ
(10<EF<25)	اغناء عالٍ
(25<EF<50)	اغناء عالٍ جداً
(50<EF)	اغناء عالٍ جداً للغاية

2. عامل التلوث (CF) Contamination Factor

يعرف عامل التلوث بأنه حصول تراكيز من الفلزات والعناصر النزرة في التربة اعلى من الوفرة الطبيعية الموجودة في القشرة الارضية، وهو اداة فعالة لمراقبة التلوث بالعناصر الثقيلة الذي يستخدم لتقييم درجة التلوث كنتيجة للنشاط البشري ويمكن استخدامه للتمييز بين أصل العناصر الثقيلة سواء كانت من أصل بشري او من التأثيرات الطبيعية [11]. يقاس عامل التلوث (CF) في تصنيف مستوى تلوث العناصر في عينات التربة والغبار عن طريق قسمة تركيز كل عنصر في التربة او الغبار على تركيز الوفرة الطبيعية او الخلفية الطبيعية لذلك العنصر [12]. تستخدم المعادلة رقم (2) في احتساب عامل التلوث وكما يأتي:

$$CF = \frac{(C_m)_{sample}}{(C_m)_{background}} \dots \dots \dots (2)$$

إذ ان:

$(C_m)_{sample}$ هو تركيز عنصر معين في عينة التربة او الغبار.

$(C_m)_{background}$ هو التركيز الطبيعي لنفس العنصر في القشرة الأرضية.

تم تقسيم عامل التلوث الى اربعة اقسام او اصناف وكما مذكورة في الجدول (3) [13].

الجدول 2: تصنيف عامل التلوث ومستوى التلوث (CF)

مقدار عامل التلوث (CF)	تصنيف عامل التلوث
(CF < 1)	عامل تلوث قليل
(1 ≤ CF < 3)	عامل تلوث متوسط
(3 ≤ CF < 6)	عامل تلوث عالٍ
(CF > 6)	عامل تلوث عالٍ جداً

3. درجة التلوث (C_{deg}) Degree of Contamination

تستخدم درجة التلوث (C_{deg}) في تقييم تلوث في أي وسط يقع تحت الدراسة، إذ يعبر عن مجموع مؤشرات التلوث لجميع العناصر الثقيلة الداخلة في الحساب التي ادت الى حصول تلوث بيئي، إذ تمثل اجمالي ومدى درجة التلوث في منطقة الدراسة نسبة الى تراكيز الوفرة الطبيعية لصخور القشرة الارضية. تحسب درجة التلوث بموجب المعادلة رقم (3). [14]

$$C_{deg} = \sum_{i=1}^n C_f \dots \dots \dots (3)$$

إذ ان:

C_f = عامل التلوث

n = عدد العناصر التي تم تحليلها في منطقة الدراسة.

تم تصنيف مؤشر درجة التلوث الى أربعة مستويات كما في الجدول (4). [15]

الجدول 3: تصنيف درجة التلوث (C_{deg})

مستوى التلوث	قيمة مؤشر التلوث
تلوث قليل	$(C_{deg} < 8)$
تلوث متوسط	$(16 > C_{deg} \geq 8)$
تلوث عال	$(32 > C_{deg} \geq 16)$
تلوث عال جدا	$(C_{deg} \geq 32)$

4. مؤشر الخطر البيئي المحتمل (PERI) Potential Ecological Risk Index

يستعمل مؤشر الخطر البيئي المحتمل لإظهار احتمالية حصول المخاطر البيئية للتلوث في التربة او الغبار المتجمع على سطح الأرض استنادا الى مدى درجة السمية للعناصر الثقيلة ومدى استجابة البيئة لها [14]. تم تصنيف المخاطر البيئية المحتملة كما في الجدول (5). تم احتساب مؤشر الخطر البيئي المحتمل (PERI) وفق المعادلة (4) و (5) و (6) وكما يأتي:

$$PERI = \sum_{i=1}^n E_r^i \dots \dots \dots (4)$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_r^i \dots \dots \dots (5)$$

$$C_r^i = \frac{C_m^i}{C_n^i} \dots \dots \dots (6)$$

إذ ان:

$PERI$ - مؤشر الخطر البيئي المحتمل وهو حاصل جمع عامل الخطر البيئي (E_r^i) لجميع العناصر الفلزية الثقيلة

E_r^i - عامل الخطر البيئي المحتمل للعناصر الفلزية الثقيلة

T_r^i - معامل الاستجابة السمية لبعض العناصر الثقيلة التي لها عامل استجابة سمية في منطقة الدراسة وهي قيمة ثابتة

للعناصر المذكورة في الجدول (6) فقط. [16]

C_r^i - عامل التلوث للعنصر الثقيل المقاس في منطقة الدراسة

C_m^i - تركيز العنصر المقاس في العينة.

C_n^i - تركيز العنصر في القشرة الأرضية.

الجدول 4: تصنيف مؤشر الخطر البيئي المحتمل

E_r^i	RI	مستوى مؤشر الخطر البيئي
$E_r^i < 40$	$RI < 150$	واطئ
$40 \leq E_r^i < 80$	$150 \leq RI < 300$	معتدل
$80 \leq E_r^i < 160$	$300 \leq RI < 600$	متوسط
$160 \leq E_r^i < 320$		عالٍ
$E_r^i \geq 320$	$RI \geq 600$	عالٍ جداً

الجدول 5: معامل الاستجابة السمية لبعض العناصر الثقيلة.

العنصر	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Hg	Co
معامل الاستجابة السمية	5	5	1	5	10	30	40	2

5. موديل تقييم الخطر الصحي Health Risk Assessment Model

اعتمدت كافة حسابات تقييم الخطر الصحي على اساس ان البالغين من الرجال والنساء فضلا عن الاطفال هم الذين يتعرضون التربة بشكل مباشر من ثلاث مسارات رئيسة هي:

- الابتلاع عن طريق الفم.

- استنشاق دقائق الغبار عن طريق الفم والانف.

- الامتصاص الجلدي عن طريق التلامس مع دقائق الغبار والتربة. [17]

تم استخدام المعادلات الآتية رقم (7)، (8) و (9)، لتقدير قيمة الامتصاص اليومي المزمّن Chronic Daily Intake ((CDI لكل مسار من مسارات التعرض المذكورة انفاً [18]، [17]. المتغيرات والبيانات المذكورة في المعادلات الآتية المستخدمة في حساب جرعة الامتصاص اليومي المزمّن مدرجة ومعرفة في الجدول رقم (7).

$$CDI_{ing} = C_{soil} \times \frac{Ring \times EF \times ED}{BW \times AT} \times CF \dots\dots\dots (7)$$

$$CDI_{drm} = C_{soil} \times \frac{SA \times SAF \times DA \times EF \times ED}{BW \times AT} \times CF \dots\dots (8)$$

$$CDI_{inh} = C_{soil} \times \frac{Ring \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT} \times CF \dots\dots\dots (9)$$

تم حساب التأثيرات الجانبية المسرطنة وغير المسرطنة لكل عنصر بشكل منفرد من العناصر الثقيلة التي تم حسابها ولكل مسار. تم تقدير الخطر السمي غير المسرطن عن طريق حساب حاصل الخطر {Hazard Quotient (HQ)}، تم تطبيق المعادلة رقم (10)، [19]. بموجب هذه المعادلة، إذا تجاوزت قيمة HQ القيمة (1)، فان ذلك يدل الى حدوث تأثيرات غير مسرطنة. يتم احتساب مؤشر الخطر {Hazard Index (HI)} من حاصل الجمع لحاصل الخطر لمسارات التعرض الثلاث وحسب المعادلة رقم (11) [17]. إذا كانت قيم ($HI < 1$) فان ذلك يشير الى عدم وجود خطر كبير للأثار غير المسرطنة، اما إذا كانت قيم ($HI > 1$) فان ذلك يعني ان هناك احتمال حدوث أثار غير مسرطنة، ويزداد هذا الاحتمال مع زيادة قيم (HI). [19].

$$HQ = \frac{CDI_{pathway}}{Rfd} \dots\dots\dots 10$$

$$HI = \sum HQ = HQ_{ing} + HQ_{drm} + HQ_{inh} \dots\dots 11$$

أما للعناصر المسرطنة، فتم استخدام متوسط الجرعة اليومية التي يتعرض لها الانسان Life time Average daily dose (LADD) في تقييم الخطر السرطاني للعناصر الثقيلة وتم استخدام المعادلة رقم (12). [20]

$$LADD = \frac{C \times EF}{AT} \times \left(\frac{CR_{child} \times ED_{child}}{BW_{child}} + \frac{CR_{adult} \times ED_{adult}}{BW_{adult}} \right) \dots\dots 12$$

إذ ان المتغيرات (C, BW, AT, ED, EF) تم ذكرها وتعريفها في الجدول رقم (2-9)، (CR) هي معدل التلامس او الامتصاص، (CR=RIng) تمثل معدلات الابتلاع، (CR=RInh) تمثل معدلات الاستنشاق والامتصاص الجلدي هو (CR=SA x SAF x DA). مؤشر الخطر الصحي المسرطن (R) هو الذي يعد العامل الرئيسي في تحديد الخطر الناتج عن الأثار المسرطنة وذلك بضرب معدل الجرعة اليومية لحياة الانسان في عامل الانحدار (Slope Factor (SF للعناصر الثقيلة وحسب المعادلة رقم (13). [21]

$$R = LADD \times SF \dots\dots\dots 13$$

إذ ان (R) تمثل الخطر المسرطن، وان (SF) يمثل عامل الانحدار للعناصر المسرطنة. أظهرت الدراسة ان عامل الانحدار عن طريق الاستنشاق للعناصر [As, Cd, Co, Ni] هي: [0.84, 9.8, 6.3, 15.1] ملغم/كغم/يوم على التوالي، في حين أظهرت النتائج ان عامل الانحدار عن طريق الهضم لعنصر الرصاص (Pb) هو (0.0085) ملغم/كغم/يوم، وان عامل الانحدار عن طريق التلامس الجلدي لعنصر الارسنك (As) هو (3.66) ملغم/كغم/يوم. قيمة الخطر السرطاني الذي يقع بين (-410) و (-610) يشير الى مخاطر صحية محتملة، اما إذا كانت القيمة أكثر من (-410) فإنها تقترح وجود مخاطر محتملة عالية. [14]

الجدول 6: الثوابت الداخلة في حساب تقييم الخطر الصحي

القيمة		المعنى	المتغير
البالغين	الاطفال		
	(حياة الانسان $\times 365$)	المعدل الزمني للتأثيرات المسرطنة	AT_c (day)
	($ED \times 365$)	المعدل الزمني للتأثيرات غير المسرطنة	AT_{nc} (day)
70	15	معدل وزن جسم الانسان	BW (Kg)
		تركيز العنصر الثقيل في التربة	C_{soil} ($\frac{mg}{Kg}$)
	10^{-6}	عامل التحويل	CF
0.07	0.02	معامل الامتصاص الجلدي للإنسان	DA (unitless)
	مدرجة في الجدول رقم (13) و(14).	الجرعة اليومية للامتصاص من الابتلاع	CDI_{ing} ($\frac{mg}{Kg/day}$)
		الجرعة اليومية للامتصاص من التماس الجلدي	CDI_{arm} ($\frac{mg}{Kg/day}$)
		الجرعة اليومية للامتصاص من الاستنشاق من عملية التنفس	CDI_{inh} ($\frac{mg}{Kg/day}$)
30	6	زمن التعرض	ED (year)
	350	اعادة التعرض	EF (day / year)
100	200	كمية ابتلاع التربة	R_{ing} ($\frac{mg}{day}$)
20	7.6	كمية التنفس	R_{inh} ($\frac{m^3}{day}$)
	1.36×10^9	مقدار انتشار الدقائق	PEF ($\frac{m^3}{Kg}$)
5700	2800	المساحة الجلدية المتعرضة	SA (cm^2)
0.07	0.2	معامل التماس الجلدي	SAF (mg/cm^2)
	As=0.0003, Ba=0.2, Cd=0.0005, Co=As, Cu=0.049, Ni=0.02, Pb=0.0014, Sb=0.0004, Se=0.005, Sr=0.6, U=0.003, Zn=0.3, Mo=0.05	الجرعة المرجعية الفموية المزمدة	RfD_{ing} ($\frac{mg}{Kg/day}$)
	As = 0.0003, Ba = 0.014, Cd = 0.000025, Co = 0.00006, Cu = 0.008, Ni = 0.0008, Pb = 0.00042, Sb = Co=U, Se = 0.00015, Sr = 0.12, Zn = 0.06, MO = 0.0019	الجرعة المرجعية عن طريق التلامس الجلدي المزمدة	RfD_{arm} ($\frac{mg}{Kg/day}$)

$$\begin{aligned} \text{As} &= 1.5 \times 10^{-5}, \text{Ba} = 2.2 \times 10^{-3}, \text{Cd} = 1 \times 10^{-5}, \text{Co} = 5.71 \times 10^{-6}, \\ \text{Cu} &= 4.02 \times 10^{-2}, \text{Ni} = 2.06 \times 10^{-2}, \text{Pb} = 3.52 \times 10^{-3}, \text{Sb} = 4.8 \times 10^{-6}, \\ \text{Se} &= 2 \times 10^{-2}, \text{Se} = \text{unavailable}, \text{U} = 4 \times 10^{-5}, \text{Zn} = 3 \times 10^{-1}, \\ \text{Mo} &= \text{unavailable} \end{aligned}$$

الجرعة المرجعية عن طريق التنفس المزمّن

$$RfD_{inh} \left(\frac{mg}{Kg/day} \right)$$

النتائج والمناقشة تراكيز العناصر الثقيلة

أجريت في هذه الدراسة قياس معدلات التراكيز لبعض العناصر الثقيلة وبعد مقارنتها مع معدلات التراكيز للوفرة الطبيعية في صخور القشرة الأرضية (الجدول 7)، تبين أن هناك معدلات تراكيز عالية لبعض من هذه العناصر الثقيلة في مستشفى سامراء إذ أظهرت النتائج إن المستشفى تعتبر عرضة للتلوث بالعناصر الثقيلة وهي (Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Cd, Sn, Sb, Te, Hg, Pb, Bi, U) سبب الزيادة في تراكيز العناصر يعود 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 المبيدات الحشرية. العناصر (Rb, Zr, Ba, Tl) لم تُظهر أي تراكيز عالية في مستشفى سامراء. (الجدول 8) يبين مديات تراكيز كل عنصر في المستشفى.

الجدول 7: تراكيز العناصر الثقيلة لمستشفى سامراء العام مقاسة بوحدات (PPM)

رمز العنصر	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Cd	Sn	Sb	Te	Ba	Hg	Tl	Pb	Bi	U
اسم العنصر	الكوبالت	النكل	النحاس	الزنك	الزرنيخ	السيينيوم	الروبيديوم	السترونتيوم	الزركونيوم	الموليبدينوم	الكاديوم	التنكستن	الانتيموني	التيلوريوم	الباريوم	الزئبق	التاليوم	الرصاص	البيزموث	اليورانيوم
عينة مكيف الهواء	39.3 0	132.2 0	313.0 0	176.8	8.3 0	0.3 0	35.1 0	535.2 0	120.5 0	3.30	0.8 0	11. 20	3.3 0	1.1 0	245. 50	0.8 0	0.9 0	54. 50	1.3 0	8.1 0
عينة الغبار الداخلي	58.6 0	97.60	157.7 0	337.5	7.8 0	0.3 0	33.9 0	682.7 0	130.1 0	3.10	0.8 0	7.0 0	1.2 0	1.1 0	368. 30	0.8 0	0.7 0	40. 30	0.7 0	7.6 0
معدل قيم التراكيز الداخلية	48.9 0	114.9 0	235.3 0	257.1	8.0 50	0.3 0	34.5 0	608.9 0	125.3 0	3.20	0.8 0	9.1 0	2.2 0	1.1 0	306. 90	0.8 0	0.8 0	47. 40	1.0 0	7.8 50
عينة التربة للحديقة الامامية	45.3 0	156.9 0	31.60	81.5	5.9 0	0.3 0	40.9 0	441.4 0	153.1 0	2.80	0.8 0	2.3 0	1.3 0	1.1 0	217. 40	0.8 0	0.9 0	13. 00	0.6 0	7.9 0
عينة التربة المجاورة للمحرقة	48.9 0	104.8 0	81.00	427.2	6.7 0	0.3 0	35.1 0	591.8 0	155.4 0	3.70	0.9 0	12. 20	9.4 0	1.2 0	360. 70	0.8 0	0.8 0	30. 10	0.6 0	7.9 0
عينة على بعد 50 متر من المحرقة	25.8 0	119.1 0	121.0	537.1	5.6 0	0.3 0	40.0 0	630.9 0	155.7 0	5.00	0.4 0	3.9 0	2.1 0	0.7 0	278. 10	0.8 0	0.5 0	77. 00	1.2 0	7.7 0
معدل قيم التراكيز الخارجية	40.0 0	126.9 0	77.80	348.6 0	6.0 60	0.3 0	38.6 0	554.7 0	154.7 0	3.80	0.7 0	6.1 0	4.2 0	1.0 0	285. 40	0.8 0	0.7 0	40. 00	0.8 0	7.8 0

الجدول 8: مديات تراكيز كل عنصر في مستشفى سامراء

رمز العنصر	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Zr	Mo	Cd	Sn	Sb	Te	Ba	Hg	Tl	Pb	Bi	U
اسم العنصر	الكوبالت	النكل	النحاس	الزنك	الزرنيخ	السيينيوم	الروبيديوم	السترونتيوم	الزركونيوم	الموليبدينوم	الكاديوم	التنكستن	الانتيموني	التيلوريوم	الباريوم	الزئبق	التاليوم	الرصاص	البيزموث	اليورانيوم
اوطاً تركيز	25.80	97.60	31.60	81.50	5.60	0.30	33.90	441.40	120.50	2.80	0.40	2.30	1.20	0.70	217.40	0.80	0.50	13.00	0.60	7.60
اعلى تركيز	58.60	156.90	313.00	537.10	8.30	0.30	40.90	682.70	155.70	5.00	0.90	12.20	9.40	1.20	368.30	0.80	0.90	77.00	1.30	8.10
المعدل	43.50	122.10	140.80	312.00	6.80	0.30	37.00	576.40	142.90	3.50	0.70	7.30	3.40	1.00	294.00	0.80	0.70	42.90	0.80	7.80
الوفرة الطبيعية	10.00	20.00	55.00	70.00	1.80	0.050	90.00	375.00	165.00	1.50	0.10	2.50	0.20	0.0050	400.00	0.070	0.50	15.00	0.20	2.00

عامل الاغناء (EF) Enrichment Factor

تظهر في منطقة الدراسة تراكيز عالية للعناصر الثقيلة في عينات الغبار والتربة، والسبب في ذلك قد يكون من التأثيرات الطبيعية والبشرية مثل انبعاثات عوادم السيارات، محطات توليد الطاقة الكهربائية، وحرق الغاز المصاحب، ونواتج استهلاك إطارات السيارات، ورمي النفايات الصناعية، وفضلات البطاريات، والأنشطة الزراعية، وتأثير حالة الطقس التي يمكن ان تؤدي الى ترسيب العناصر الثقيلة من الغبار الجوي فضلاً عن امتزاز بعض العناصر الثقيلة من قبل المعادن الطينية التي تساعد على

تركيزها في التربة أو الغبار. تم تصنيف هذا العامل حسب الجدول رقم (1) ودرجت نتائج هذه التصنيف للمستشفى المذكور في الجدول (9)، إذ كان تصنيف عامل الاغناء هو شديد الى إغناء فائق الشدة للعناصر (As, Sb, Hg, Ni, Cd, Bi, Mo, U, Te).

الجدول 9: قيم عامل الاغناء لمستشفى سامراء العام.

رمز العنصر	عينة الغبار الداخلي	عينة على بعد (50) متر من المحرقة	عينة التربة المجاورة للمحرقة	عينة التربة للحديقة الامامية	عينة مكيف الهواء	عامل الاغناء (EF)
Rb	0.200	0.260	0.240	0.380	0.270	عدم وجود إغناء
Zr	0.430	0.560	0.590	0.780	0.510	$EF < 1$
Ba	0.500	0.410	0.570	0.460	0.430	
Cu	.....	.....	0.930	0.490	.....
Pb	.....	.....	.....	0.740	.....
Sn	.....	0.920	.....	0.780	.....
Tl	0.760	0.590	.....	.....	.....
Co	.....	1.50	.....	.....	2.80	أغناء بسيط
Zn	2.60	.....	.....	1.00	1.80	$1 \leq EF < 3$
Sr	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Mo	.....	.....	.....	.....	1.540	
Tl	.....	.....	1.010	1.520	1.260	
As	2.40	1.80	2.40	2.80	.....
Mo	1.130	1.980	1.560	1.850	.....
Pb	1.840	.....	.....	.....	.....
Cu	1.570	1.310	.....	.....	.....
U	2.080	2.280	2.500	.....	2.830	
Cd	.....	2.380	.....	.....	.....
Ni	2.70	.....	.....	.....	.....
Bi	1.920	.....	1.900	2.540	.....
Pb	1.480	.....	1.270	.....	2.550	
Sn	1.530	.....	.....	.....	.....
Ni	.....	3.50	3.30	.....	4.60	إغناء متوسط
Cu	.....	.....	.....	.....	3.990	$3 \leq EF < 5$
As	.....	.....	.....	.....	3.20	
Sn	.....	.....	3.090	.....	3.130	
Bi	.....	3.560	.....	.....	4.550	
Co	3.20	.....	3.10	3.80	.....
Zn	.....	4.60	3.90	.....	.....
Se	3.290	3.560	3.80	.....	4.20	
Pb	.....	3.050	.....	.....	.....
Cd	4.390	.....	.....	.....	.....
Sb	3.290	.....	.....	.....	.....
U	.....	.....	.....	3.350	.....
Ni	.....	.....	.....	6.70	.....	إغناء متوسط الى شديد
Se	.....	.....	.....	5.090	.....	$5 \leq EF < 10$
Cd	.....	.....	5.70	6.80	5.610	
Sb	.....	6.240	.....	5.520	.....
Hg	6.270	6.760	7.240	9.70	8.00	
Sb	.....	.....	.....	.....	11.560	إغناء شديد
						$10 \leq EF < 25$

Sb	.....	.....	29.780	.....	.....	إغناء عالٍ الشدة $25 \leq EF < 50$
Te	120.840	83.210	152.070	186.90	154.140	إغناء فائق الشدة $50 < EF$

عامل التلوث (CF) Contamination Factor

تظهر العناصر الثقيلة تراكيز عالية في التربة والغبار المترسب في مستشفى سامراء العام، هذا الشذوذ في التراكيز يعود الى المدخلات الطبيعية والأنشطة البشرية التي تؤثر على منطقة الدراسة. من اجل تقدير واحتماب أفضل لمدخلات الأنشطة البشرية تم احتساب مؤشر عامل التلوث (CF)، وهو اداة فعالة لمراقبة التلوث بالعناصر الثقيلة الذي يستخدم لتقييم درجة التلوث كنتيجة لتأثير الانسان ونشاطاته البشرية او ما يسمى (Anthropogenic)، ويمكن استخدامه للتمييز بين أصل العناصر الثقيلة سواء كانت من أصل بشري او من التأثيرات الطبيعية، وان ظهور اي زيادة في قيم عامل التلوث CF يعطي مؤشر عن درجة التلوث في ذلك الموقع [22]. تم تصنيف هذه التراكيز حسب الجدول (3)، ودرجت نتائج هذا التصنيف حسب الجدول (10) لمستشفى سامراء العام، التي توضح مدى قيم عامل التلوث للعناصر الفلزية، إذ كانت قيم عامل التلوث عال الى عالٍ جداً للعناصر الثقيلة وهي: (Co, Ni, As, Mo, Cd, Bi, U, Se, Sb, Te, Pb, Zn, Hg, Cu, Sn, Rb, Zr, Ba, Tl, Sr)، فقد أظهرت تلوث واطى الى معتدل. في حين يوجد تباين في قيم تراكيز بعض العناصر من موقع الى آخر ضمن المستشفى اعتمادا على مصادر هذه العناصر الثقيلة التي يكون قسم منها منقول بواسطة العواصف الغبارية والقسم الاخر ضمن التربة السطحية او من جراء الأنشطة البشرية المختلفة.

الجدول 10: قيم مؤشر عامل التلوث (CF) في مستشفى سامراء العام.

اسم العنصر	عينة الغبار الداخلي	عينة على بعد (50) متر من المحرقة	عينة التربة المجاورة للمحرقة	عينة التربة للحديقة الامامية	عينة مكيف الهواء	المعدل	مستوى التلوث
Rb	0.38	0.44	0.39	0.45	0.39	0.41	عامل تلوث واطى $CF < 1$
Ba	0.92	0.70	0.90	0.54	0.61	0.73	
Zr	0.79	0.94	0.94	0.93	0.73	0.75	
Cu	----	----	----	0.57	----	0.57	
Sn	----	----	----	0.92	----	0.92	
Pb	----	----	----	0.87	----	0.87	
Sn	2.80	1.56	----	----	----	2.18	عامل تلوث معتدل $1 \leq CF < 3$
Sr	1.82	1.68	1.58	1.18	1.43	1.53	
Mo	2.07	----	2.47	1.87	2.20	2.15	
Tl	1.40	1.00	1.60	1.80	1.80	1.52	
Cu	2.87	2.20	1.47	----	----	2.18	
Pb	2.69	----	2.01	----	----	2.35	
Co	----	2.58	----	----	----	2.58	
Zn	----	----	----	1.16	2.53	1.84	
Co	5.86	----	4.89	4.53	3.93	4.80	عامل تلوث عال $3 \leq CF < 6$
Cu	----	----	----	----	5.69	5.69	
As	4.33	3.11	3.72	3.28	4.61	3.81	
Mo	----	3.33	----	----	----	3.33	
Sn	----	----	4.88	----	4.48	4.68	
Pb	----	5.13	----	----	3.63	4.38	
U	3.80	3.85	3.95	3.95	4.05	3.92	
Ni	4.88	5.96	5.24	----	----	5.36	
Bi	3.50	----	3.00	3.00	----	3.16	
Cd	----	4.00	----	----	----	4.00	
Zn	4.82	----	----	----	----	4.82	

Ni	----	----	----	7.85	6.61	7.23	عامل تلوث عال
Se	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	جداً
Cd	8.00	----	9.00	8.00	8.00	8.25	CF > 6
Sb	6.00	10.50	47.00	6.50	16.50	17.3	
Te	220.00	140.00	240.00	220.00	220.00	208.00	
Hg	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	11.43	
Bi	----	6.00	----	----	6.50	6.25	
Zn	----	7.67	6.10	----	----	6.88	

درجة التلوث (C_{deg})

درجة التلوث مؤشر آخر يستخدم لتقييم التلوث، إذ يعبر عن مجموع عوامل التلوث لجميع العناصر التي أدت الى حدوث هذا التلوث، يمكن تقييم درجة التلوث الكلي للمواقع التي تم اخذ العينات منها على أساس درجة تلوث التربة والغبار، وتشير درجة التلوث الى اجمالي ومدى مستوى التلوث بموقع الدراسة. تم توزيع قيم درجة التلوث الى أربعة أصناف كما أشير لها في الجدول (3)، وسجلت النتائج لمستشفى سامراء العام في الجدول (11). ووفقاً للتصنيف التي اقترحه [23] تعتبر منطقة الدراسة ذات درجة تلوث عالية جداً ولجميع مواقع العينات ويعود السبب الى ان قيم مؤشر عامل التلوث (CF) لبعض العناصر عالية جداً.

الجدول 11: قيم درجة التلوث (C_{deg}) لمستشفى سامراء العام.

مستوى التلوث	عينة مكيف الهواء	عينة التربة للحديقة الامامية	عينة التربة المجاورة للمحرقة	عينة على بعد (50 متر من المحرقة)	عينة الغبار الداخلي
تلوث منخفض $C_{deg} < 8$	----	----	----	----	----
تلوث معتدل $16 > C_{deg} \geq 8$	----	----	----	----	----
تلوث عال $32 > C_{deg} \geq 16$	----	----	----	----	----
تلوث عال جداً $C_{deg} \geq 32$	348.060	335.650	315.730	173.500	307.710

مؤشر الخطر البيئي المحتمل (PERI) Potential Ecological Risk Index

1. **عامل الخطر البيئي الأحادي E_r^i** : يمثل هذه العامل الخطر البيئي المحتمل لكل عنصر من العناصر الثقيلة لمستشفى سامراء العام على التوالي، يعرض الجدول (12) قيم عامل الخطر البيئي الأحادي (E_r^i) لكل عنصر مع قيم مؤشر الخطر البيئي المحتمل (PERI) لكل مواقع من مواقع العينات الخمسة ضمن المستشفى أظهرت النتائج ان عامل الخطر البيئي الأحادي (E_r^i) للعناصر الثقيلة في مواقع العينات كانت للعناصر (Cu, Pb, Zn, Ni, As, Co) تقع ضمن التصنيف من واطئ الخطر الى متوسط الخطورة. تراوحت قيم (E_r^i) لعنصر النحاس (2.9-28.5)، عنصر الرصاص (4.3-25.7)، عنصر الخارصين (1.2-7.7)، عنصر النيكل (24.4-39.2)، عنصر الارسنك (33.9-93.3)، عنصر الكوبالت (5.1-11.5). العناصر الثقيلة التي أظهرت عامل الخطر البيئي من عالي الخطر الى عالي جداً إذ تراوحت قيم E_r^i لعنصر الكاديوم تراوح بين (240.0-270.0). عنصر الزئبق تراوح بين (457.1-2800) اظهر خطورة عالية جداً في جميع مواقع العينات لمستشفى سامراء العام وكان أشدها في عينة الحديقة الامامية. يمكن ان يعزى سبب الزيادة في عامل الخطر البيئي الأحادي لعنصر الزئبق الى الأنشطة الطبية في المستشفى لدخول العنصر في معظم الاستخدامات الطبية وعدم التخلص من النفايات الطبية بصورة صحيحة، اما عنصر الكاديوم تعود الزيادة له الى الأنشطة البشرية المتعددة واهمها استخدام الأسمدة الزراعية الكيميائية الفوسفاتية وإمكانية وصولها مع الغبار الى المستشفى، مواد الطلاء، عوادم السيارات، حرق النفايات وآلية التخلص منها فضلاً عن انبعاثات الغازات من جراء حرق الوقود الاحفوري والغاز المصاحب [10].

2. **مؤشر الخطر البيئي المحتمل PERI**: يعتمد هذا المؤشر من ناحية الحسابات على عامل الخطر البيئي الأحادي (E_r^i) فهو يمثل حاصل جمع عامل الخطر البيئي (E_r^i) لجميع العناصر الثقيلة. إذ بين هذا المؤشر اعطى تسجيل خطر عالٍ جداً لجميع مواقع العينات في المستشفى وتراوحت مديات الخطر بين (3222.5-794.2). قيم المؤشر تشير الى جميع مواقع العينات تشكل خطراً بيئياً كبيراً والسبب يعود الى الزيادة في تراكيز عنصر الزئبق لعامل الخطر البيئي (E_r^i) في جميع مواقع العينات الذي سجل مستويات عالية جداً لعامل الخطر ويعد Hg أكثر العناصر سجلت تراكيز عالية لعامل الخطر البيئي الذي ساهم الى حد كبير في رفع مؤشر المخاطر البيئية المحتمل PERI [24]، ويعود السبب في ذلك ان عنصر Hg ذو سمية عالية جداً ومصدره من الأنشطة البشرية والعمليات الصناعية فضلاً عن المصادر الطبيعية [10].

الجدول 11: عامل الخطر البيئي (E_r^i) ومؤشر الخطر البيئي المحتمل (PERI) لمستشفى سامراء العام.

اسم العنصر	عينة غبار داخلي	عينة تربة على بعد (50) متر من المحرقة	عينة تربة مجاور المحرقة	عينة تربة الحديقة الامامية	عينة فلتر مكيف الهواء	تصنيف التلوث
Cu	14.30	11.00	7.40	2.90	28.50	$E_r^i < 40$
Pb	13.40	25.70	10.00	4.30	18.20	منخفض
Zn	4.80	7.70	6.10	1.20	2.50	
Ni	24.40	29.80	26.20	39.20	33.10	
As	.....	33.90	.....	.....	.....
Co	5.30	8.20	5.10	11.50	7.90	
As	78.90	.....	42.20	.....	62.20	قليل $40 \leq E_r^i < 80$
As	.....	.....	.....	93.30	.....	متوسط $80 \leq E_r^i < 160$
Cd	240.00	270.00	240.00	270.00	270.00	مرتفع $160 \leq E_r^i < 320$
Hg	457.10	457.10	457.10	2800.00	457.10	مرتفع جدا $E_r^i \geq 320$
مؤشر الخطر البيئي المحتمل PERI						
عينة غبار داخلي	عينة تربة على بعد (50) متر من المحرقة	عينة تربة مجاور المحرقة	عينة تربة الحديقة الامامية	عينة فلتر مكيف الهواء	تصنيف التلوث	
.....	.....	.....	.....	.....		منخفض $PERI < 150$
.....	.....	.....	.....	.....		$150 \leq PERI < 300$ قليل
.....	.....	.....	.....	.....		$300 \leq PERI < 600$ متوسط
838.30	843.30	794.20	3222.50	879.50		مرتفع جدا $PERI \geq 600$

موديل تقييم الخطر الصحي Health Risk Assessment Model

ان الغرض من تقييم المخاطر الصحية على الانسان من تحديد الاثار الصحية الضارة نتيجة لتعرض الانسان سواء كان بالغاً بالعمر او الاطفال الذين يتواجدون في داخل او خارج الابنية للخطر المسرطن وغير المسرطن للعناصر الثقيلة [25] يتعرض الانسان الى دقائق الغبار الجوي او جزيئات التربة الحاملة للعناصر الثقيلة من نشاطاته اليومية عن طريق ثلاث مسارات التي تشكل مخاطر صحية بدرجات مختلفة [26] وهي:

- مسار الابتلاع عن طريق الجهاز الهضمي Ingestion Pathway
- مسار التلامس والامتزاز الجلدي Dermal Contact Pathway
- مسار الاستنشاق عن طريق الجهاز التنفسي Inhalation Pathway

تم حساب معدل الجرعة اليومية للعناصر الثقيلة (CDI) للأشخاص ولمسارات التعرض الثلاثة حسب المعادلات (7, 8, 9) التي بها تم حساب مؤشر الخطر غير المسرطن (Hazard Quotient, HQ) للبالغين (Adult) والصغار (Child) في داخل وخارج مستشفى سامراء العام. مؤشر الخطر الصحي غير المسرطن (Non-Carcinogenic Hazard Index, HI) يساوي حاصل جمع (HQ) لمسارات التعرض الثلاثة للبالغين والصغار كل على حدة [7]. الجدول (13) و(14). تم حساب مؤشر الخطر الصحي غير المسرطن (HI) بموجب المعادلات (10 و11).

مؤشر الخطر الصحي المسرطن (Carcinogenic Risk, R) يستخدم هذا المؤشر لتخمين أو حساب معدل الجرعة اليومية التي يتعرض لها كل شخص على حدة للمخاطر الصحية المسرطنة في حياة الانسان ومن مسارات التعرض الثلاثة وهي Ring, Rderm, Rinhal مؤشر الخطر الصحي المسرطن الكلي (R) يمثل حاصل جمع قيم المخاطر الصحية المسرطنة لمسارات التعرض الثلاثة. حساب قيمة مؤشر الخطر الصحي المسرطن (R) بموجب المعادلة (12 و13) وادرجت القيم في الجدول (13)، (14) لغرض تقييم موديل الخطر الصحي المسرطن وغير المسرطن سيتم مناقشة نتائج المستشفى كالاتي: -

● **معدل تراكيز العينات الداخلية:** تبين من تطبيق معادلات حساب قيم حاصل الخطر الصحي غير المسرطن (HQ) للعناصر الثقيلة في غبار العينات الداخلية لمستشفى سامراء العام ولمسارات التعرض الثلاثة وحساب قيم مؤشر الخطر الصحي غير المسرطن (HI) جميعها كانت اقل من واحد وهذا يشير الى خطر صحي غير مسرطن واطى، ماعدا عنصر الكوبالت (Co) ولمسار الابتلاع فقط بالنسبة للصغار كانت القيمة اكبر من واحد وتساوي (2.084) وقيمة مؤشر الخطر الصحي غير المسرطن (HI) لعنصر (Co) كذلك تساوي (2.090)، هذا يعطي احتمال وجود خطر صحي غير مسرطن عالي في الوقت الحاضر وهناك احتمال ان يتحول الى عنصر ضار ومسرطن في حالة استمرار تعرض الأطفال لعنصر (Co) عن طريق الابتلاع او هناك تلوث بالأطعمة المتناولة من قبلهم او تلوث الايدي بصورة مستمرة. قيم مؤشر الخطر الصحي المسرطن (R) تتراوح بين $1.538 \cdot 10^{-5}$ - $8.017 \cdot 10^{-7}$ للعناصر الثقيلة (As, Co, Pb, Cd, Ni) التي تشير الى وجود مخاطر صحية مسرطنة محتملة من جراء التعرض لهذه العناصر عن طريق الغبار الملوث الداخلي، الجدول (13).

● **معدل تراكيز العينات الخارجية:** - تم حساب قيم حاصل الخطر الصحي غير المسرطن (HQ) للعناصر الثقيلة في تربة العينات الخارجية ولجميع مسارات التعرض فضلا عن حساب قيمة مؤشر الخطر الصحي غير المسرطن (HI) وكانت جميع القيم اقل من واحد مما يدل على وجود خطر صحي غير مسرطن واطى، ماعدا قيمة عنصر (Co) بالنسبة للأطفال الصغار ولمسار الابتلاع فقط كانت قيمة (HQ) أكبر من واحد وتساوي (1.705)، وقيمة (HI) لعنصر (Co) يساوي (1.710) مما يشير الى وجود خطر صحي غير مسرطن عالي لعنصر (Co) بالنسبة للأطفال من جراء التعرض الى التربة الملوثة بهذا العنصر الثقيل ويمكن ان يتحول الى عنصر مسرطن اذا استمر الأطفال في التعرض له عن طريق مسار الابتلاع لتربة ملوثة الجدول (13). قيم مؤشر الخطر الصحي المسرطن (R) فتتراوح بين $4.748 \cdot 10^{-5}$ - $7.015 \cdot 10^{-7}$ للعناصر الثقيلة (Ni, Co, Pb, Cd, As) وهذا يشير الى وجود مخاطر صحية مسرطنة محتملة لهذه العناصر عند التعرض للتربة الخارجية الملوثة بهذه العناصر للمستشفى، الجدول (14).

الجدول 13: قيم الخطر الصحي لنتائج تراكيز العناصر الثقيلة الداخلية في مستشفى سامراء العام.

El	معدل التركيز	Adult						
		CDI Ingestion	HQ Ingestion	CDI Dermal	Hq Dermal	CDI Inhalation	Hq Inhalation	HIΣHQs (adult)
As	8.05	$1.103 \cdot 10^{-5}$	$3.676 \cdot 10^{-2}$	$1.320 \cdot 10^{-6}$	$4.400 \cdot 10^{-3}$	$1.622 \cdot 10^{-9}$	$1.081 \cdot 10^{-4}$	$4.127 \cdot 10^{-2}$
Ba	306.9	$4.204 \cdot 10^{-4}$	$2.102 \cdot 10^{-3}$	$1.677 \cdot 10^{-6}$	$1.198 \cdot 10^{-4}$	$6.183 \cdot 10^{-8}$	$2.810 \cdot 10^{-5}$	$2.250 \cdot 10^{-3}$
Cd	0.8	$1.096 \cdot 10^{-6}$	$2.192 \cdot 10^{-3}$	$4.373 \cdot 10^{-9}$	$1.749 \cdot 10^{-4}$	$1.612 \cdot 10^{-10}$	$1.612 \cdot 10^{-5}$	$2.383 \cdot 10^{-3}$
Co	48.9	$6.699 \cdot 10^{-5}$	$2.233 \cdot 10^{-1}$	$2.673 \cdot 10^{-7}$	$4.455 \cdot 10^{-3}$	$9.851 \cdot 10^{-9}$	$1.725 \cdot 10^{-3}$	$2.295 \cdot 10^{-1}$
Cu	235.3	$3.223 \cdot 10^{-4}$	$6.578 \cdot 10^{-3}$	$1.286 \cdot 10^{-6}$	$1.608 \cdot 10^{-4}$	$4.740 \cdot 10^{-8}$	$1.179 \cdot 10^{-6}$	$6.740 \cdot 10^{-3}$
Ni	114.9	$1.574 \cdot 10^{-4}$	$7.870 \cdot 10^{-3}$	$6.280 \cdot 10^{-7}$	$7.850 \cdot 10^{-4}$	$2.315 \cdot 10^{-8}$	$1.124 \cdot 10^{-6}$	$8.656 \cdot 10^{-3}$
Pb	47.4	$6.493 \cdot 10^{-5}$	$4.638 \cdot 10^{-2}$	$2.591 \cdot 10^{-7}$	$6.168 \cdot 10^{-4}$	$9.549 \cdot 10^{-9}$	$2.713 \cdot 10^{-6}$	$4.700 \cdot 10^{-2}$
Sb	2.2	$3.014 \cdot 10^{-6}$	$7.534 \cdot 10^{-3}$	$1.202 \cdot 10^{-8}$	$2.004 \cdot 10^{-4}$	$4.432 \cdot 10^{-10}$	$9.233 \cdot 10^{-5}$	$7.827 \cdot 10^{-3}$
Se	0.3	$4.110 \cdot 10^{-7}$	$8.219 \cdot 10^{-5}$	$1.640 \cdot 10^{-9}$	$1.093 \cdot 10^{-5}$	$6.044 \cdot 10^{-11}$	$3.022 \cdot 10^{-9}$	$9.313 \cdot 10^{-5}$
Sr	608.9	$8.341 \cdot 10^{-4}$	$1.390 \cdot 10^{-3}$	$3.328 \cdot 10^{-6}$	$2.773 \cdot 10^{-5}$	$1.227 \cdot 10^{-7}$	غير متوفر	$1.418 \cdot 10^{-3}$
U	7.85	$1.075 \cdot 10^{-5}$	$3.584 \cdot 10^{-3}$	$4.291 \cdot 10^{-8}$	$7.151 \cdot 10^{-4}$	$1.581 \cdot 10^{-9}$	$3.953 \cdot 10^{-5}$	$4.339 \cdot 10^{-3}$

Zn	257.1	3.522 ⁻⁰⁴	1.174 ⁻⁰³	1.405 ⁻⁰⁶	2.342 ⁻⁰⁵	5.179 ⁻⁰⁸	1.726 ⁻⁰⁷	1.198 ⁻⁰³
Mo	3.2	4.384 ⁻⁰⁶	8.767 ⁻⁰⁴	1.749 ⁻⁰⁸	9.205 ⁻⁰⁶	6.446 ⁻¹⁰	غير متوفر	8.859 ⁻⁰⁴

Child

El	معدل التراكيز	CDI Ingestion	HQ Ingestion	CDI Dermal	Hq Dermal	CDI Inhalation	Hq Inhalation	HIΣHQs (child)
As	8.05	1.029 ⁻⁰⁴	3.431 ⁻⁰¹	8.645 ⁻⁰⁷	2.882 ⁻⁰³	2.876 ⁻⁰⁹	1.917 ⁻⁰⁴	3.461 ⁻⁰¹
Ba	306.9	3.924 ⁻⁰³	1.962 ⁻⁰²	1.099 ⁻⁰⁶	7.848 ⁻⁰⁵	1.096 ⁻⁰⁷	4.983 ⁻⁰⁵	1.975 ⁻⁰²
Cd	0.8	1.023 ⁻⁰⁵	2.046 ⁻⁰²	2.864 ⁻⁰⁹	1.146 ⁻⁰⁴	2.858 ⁻¹⁰	2.858 ⁻⁰⁵	2.060 ⁻⁰²
Co	48.9	6.252 ⁻⁰⁴	2.084 ⁺⁰⁰	1.751 ⁻⁰⁷	2.918 ⁻⁰³	1.747 ⁻⁰⁸	3.059 ⁻⁰³	2.090 ⁺⁰⁰
Cu	235.3	3.008 ⁻⁰³	7.521 ⁻⁰²	8.424 ⁻⁰⁷	1.053 ⁻⁰⁴	8.406 ⁻⁰⁸	2.091 ⁻⁰⁶	7.532 ⁻⁰²
Ni	114.9	1.469 ⁻⁰³	7.345 ⁻⁰²	4.113 ⁻⁰⁷	5.142 ⁻⁰⁴	4.105 ⁻⁰⁸	1.993 ⁻⁰⁶	7.397 ⁻⁰²
Pb	47.4	6.060 ⁻⁰⁴	4.329 ⁻⁰¹	1.697 ⁻⁰⁷	4.040 ⁻⁰⁴	1.693 ⁻⁰⁸	4.811 ⁻⁰⁶	4.333 ⁻⁰¹
Sb	2.2	2.813 ⁻⁰⁵	7.032 ⁻⁰²	7.876 ⁻⁰⁹	1.313 ⁻⁰⁴	7.859 ⁻¹⁰	1.637 ⁻⁰⁴	7.061 ⁻⁰²
Se	0.3	3.836 ⁻⁰⁶	7.671 ⁻⁰⁴	1.074 ⁻⁰⁹	7.160 ⁻⁰⁶	1.072 ⁻¹⁰	5.359E-09	7.743 ⁻⁰⁴
Sr	608.9	7.785 ⁻⁰³	1.298 ⁻⁰²	2.180 ⁻⁰⁶	1.817 ⁻⁰⁵	2.175 ⁻⁰⁷	غير متوفر	1.299 ⁻⁰²
U	7.85	1.004 ⁻⁰⁴	3.346 ⁻⁰²	2.810 ⁻⁰⁸	4.684 ⁻⁰⁴	2.804 ⁻⁰⁹	7.011 ⁻⁰⁵	3.399 ⁻⁰²
Zn	257.1	3.287 ⁻⁰³	1.096 ⁻⁰²	9.204 ⁻⁰⁷	1.534 ⁻⁰⁵	9.185 ⁻⁰⁸	3.062 ⁻⁰⁷	1.097 ⁻⁰²
Mo	3.2	4.091 ⁻⁰⁵	8.183 ⁻⁰³	1.146 ⁻⁰⁸	6.029 ⁻⁰⁶	1.143 ⁻⁰⁹	غير متوفر	8.189 ⁻⁰³
El	معدل التراكيز	LADD Ingestion	LADD Inhalatio n	LADD Dermal	Risk Ingestio n	Risk Inhalation	Risk Derm	RISK
As	8.05	1.355 ⁻⁰⁵	1.280 ⁻⁰⁶	6.398 ⁻⁰⁶	2.032 ⁻⁰⁵	1.933 ⁻⁰⁵	2.342 ⁻⁰⁵	6.307 ⁻⁰⁵
Cd	0.8		1.272 ⁻⁰⁷			8.017 ⁻⁰⁷		8.017 ⁻⁰⁷
Co	48.9		7.778 ⁻⁰⁶			7.623 ⁻⁰⁵		7.623 ⁻⁰⁵
Ni	114.9		1.831 ⁻⁰⁵			1.538 ⁻⁰⁵		1.538 ⁻⁰⁵
Pb	47.4	7.977 ⁻⁰⁵	7.554 ⁻⁰⁶		6.781 ⁻⁰⁷			6.781 ⁻⁰⁷

الجدول 14: نتائج الخطر الصحي لمعدل تراكيز العناصر الثقيلة الخارجية في مستشفى سامراء العام.

Adult

El	معدل التركيز	CDI Ingestion	HQ Ingestion	CDI Dermal	Hq Dermal	CDI Inhalation	Hq Inhalation	HIΣHQs (adult)
As	6.06	8.301 ⁻⁰⁶	0.028	9.937 ⁻⁰⁷	0.003	1.221 ⁻⁰⁹	8.139 ⁻⁰⁵	0.031
Ba	285.4	3.910 ⁻⁰⁴	0.002	1.560 ⁻⁰⁶	0.000	5.749 ⁻⁰⁸	2.613 ⁻⁰⁵	0.002
Cd	0.7	9.589 ⁻⁰⁷	0.002	3.826 ⁻⁰⁹	0.000	1.410 ⁻¹⁰	1.410 ⁻⁰⁵	0.002
Co	40	5.479 ⁻⁰⁵	0.183	2.186 ⁻⁰⁷	0.004	8.058 ⁻⁰⁹	1.411 ⁻⁰³	0.188
Cu	77.8	1.066 ⁻⁰⁴	0.002	4.252 ⁻⁰⁷	0.000	1.567 ⁻⁰⁸	3.899 ⁻⁰⁷	0.002
Ni	126.9	1.738 ⁻⁰⁴	0.009	6.936 ⁻⁰⁷	0.001	2.556 ⁻⁰⁸	1.241 ⁻⁰⁶	0.010
Pb	40	5.479 ⁻⁰⁵	0.039	2.186 ⁻⁰⁷	0.001	8.058 ⁻⁰⁹	2.289 ⁻⁰⁶	0.040
Sb	4.2	5.753 ⁻⁰⁶	0.014	2.296 ⁻⁰⁸	0.000	8.461 ⁻¹⁰	1.763 ⁻⁰⁴	0.015
Se	0.3	4.110 ⁻⁰⁷	0.000	1.640 ⁻⁰⁹	0.000	6.044 ⁻¹¹	3.022 ⁻⁰⁹	0.000
Sr	554.7	7.599 ⁻⁰⁴	0.001	3.032 ⁻⁰⁶	0.000	1.117 ⁻⁰⁷	غير متوفر	0.001
U	7.8	1.068 ⁻⁰⁵	0.004	4.263 ⁻⁰⁸	0.001	1.571 ⁻⁰⁹	3.928 ⁻⁰⁵	0.004
Zn	348.6	4.775 ⁻⁰⁴	0.002	1.905 ⁻⁰⁶	0.000	7.023 ⁻⁰⁸	2.341 ⁻⁰⁷	0.002
Mo	3.8	5.205 ⁻⁰⁶	0.001	2.077 ⁻⁰⁸	0.000	7.655 ⁻¹⁰	غير متوفر	0.001

Child

El	معدل التراكيز	CDI Ingestion	HQ Ingestion	CDI Dermal	Hq Dermal	CDI Inhalation	Hq Inhalation	HIΣHQs (child)
As	6.06	7.75 ⁻⁰⁵	0.258	6.508 ⁻⁰⁷	0.002	2.165 ⁻⁰⁹	0.000	0.261
Ba	285.4	3.65 ⁻⁰³	0.018	1.022 ⁻⁰⁶	0.000	1.020 ⁻⁰⁷	0.000	0.018
Cd	0.7	8.95 ⁻⁰⁶	0.018	2.506 ⁻⁰⁹	0.000	2.501 ⁻¹⁰	0.000	0.018
Co	40	5.11 ⁻⁰⁴	1.705	1.432 ⁻⁰⁷	0.002	1.429 ⁻⁰⁸	0.003	1.710
Cu	77.8	9.95 ⁻⁰⁴	0.025	2.785 ⁻⁰⁷	0.000	2.779 ⁻⁰⁸	0.000	0.025
Ni	126.9	1.62 ⁻⁰³	0.081	4.543 ⁻⁰⁷	0.001	4.533 ⁻⁰⁸	0.000	0.082
Pb	40	5.11 ⁻⁰⁴	0.365	1.432 ⁻⁰⁷	0.000	1.429 ⁻⁰⁸	0.000	0.366
Sb	4.2	5.37 ⁻⁰⁵	0.134	1.504 ⁻⁰⁸	0.000	1.500 ⁻⁰⁹	0.000	0.135
Se	0.3	3.84 ⁻⁰⁶	0.001	1.074 ⁻⁰⁹	0.000	1.072 ⁻¹⁰	0.000	0.001
Sr	554.7	7.09 ⁻⁰³	0.012	1.986 ⁻⁰⁶	0.000	1.982 ⁻⁰⁷	غير متوفر	0.012

U	7.8	9.97 ⁻⁰⁵	0.033	2.792 ⁻⁰⁸	0.000	2.786 ⁻⁰⁹	0.000	0.034
Zn	348.6	4.46 ⁻⁰³	0.015	1.248 ⁻⁰⁶	0.000	1.245 ⁻⁰⁷	0.000	0.015
Mo	3.8	4.86 ⁻⁰⁵	0.010	1.360 ⁻⁰⁸	0.000	1.358 ⁻⁰⁹	غير متوفر	0.010
El	معدل التراكم	LADD Ingestion	LADD Inhalation	LADD Dermal	Risk Ingestion	Risk Inhalation	Risk Derm	RISK
As	6.06	1.020 ⁻⁰⁵	9.639 ⁻⁰⁷	4.816 ⁻⁰⁶	1.530 ⁻⁰⁵	1.456 ⁻⁰⁵	1.763 ⁻⁰⁵	4.748 ⁻⁰⁵
Cd	0.7		1.113 ⁻⁰⁷			7.015 ⁻⁰⁷		7.015 ⁻⁰⁷
Co	40		6.362 ⁻⁰⁶			6.235 ⁻⁰⁵		6.235 ⁻⁰⁵
Ni	126.9		2.022 ⁻⁰⁵			1.699 ⁻⁰⁵		1.699 ⁻⁰⁵
Pb	40	6.732 ⁻⁰⁵	6.375 ⁻⁰⁶		5.722 ⁻⁰⁷			5.722 ⁻⁰⁷

الاستنتاجات

يشير عامل الاغناء (EF) بأن غبار وتربة مستشفى سامراء العام ملوثة بالعناصر الثقيلة. والعناصر التي أظهرت اغناءً شديداً هو عنصر الانتيوموني (Sb) لعينات فلتر مكيف الهواء وعينة تربة مجاور المحرقة اما عنصر التيليريوم (Te) صنف على انه ذات اغناء فائق الشدة في جميع مواقع العينات. يوجد تباين في قيم عامل التلوث لعينات العناصر الثقيلة من موقع الى آخر وذلك اعتماداً على مصادر انتشار العناصر الثقيلة في الغبار والتربة السطحية ويشير مؤشر درجة التلوث ان المستشفى قيد الدراسة ذات درجة تلوث عالية جداً ولجميع مواقع العينات. مؤشر الخطر البيئي المحتمل لكل العناصر PERI كانت قيم هذا التصنيف ضمن حدود الخطر العالي جداً لجميع مواقع العينات في مستشفى سامراء العام. إن قيم مؤشر الخطر الصحي المسرطن (R) للعناصر (As, Co, Pb, Cd, Ni) تشير الى وجود مخاطر صحية مسرطنة من جراء التعرض لهذه العناصر للأشخاص البالغين والأطفال. ونقترح اجراء صيانة دورية وادامة مستمرة لفلاتر مكيفات الهواء مع التنظيف المستمر والغسل بالماء للردهات والممرات والأماكن المتروكة والمحافظة على نظام تهوية محكم وغلط النوافذ والابواب ولا سيما عند هبوب الرياح والعواصف الغبارية.

References

1. AL-Dabbas, M.A., Mahdi, K.H., AL-Khafaji, R and Obayes, K.H. (2023). Heavy metals characteristics of settled particles of street dust from Diwanayah City-Qadisiyah Governorate-Souther, Iraq. IOP Conf. Series: Journal of Physics: conf. Series1003(2018)012023. Doi: 10.1088/1742-6596/1003/1/012023.
2. Men, C., Lill, R., Xu, F., Wang, Q., Guo, L and Shen, Z. (2018). Pollution characteristics, Risk Assessment and sources Apportionment of Heavy Metals in Road Dust in Beijing, China. Sci. Total Environ., 612, pp. 138-147.
3. Wahab, Ahmed Zeyad. 2019, Analysis of the Climatology and Transport Pathways of Iraq Dust Storms between 1985-2013, Unpublished thesis submitted to the University of Manchester for the degree of Doctor of Philosophy.
4. Ahmed, U.A., Fahmi, A.H., Abood, M.A and Najemalden, M.A. (2021). Assessment of Pollution and heavy metals Hazards in Kirkuk city.
5. Dytlow, S and Gorka-Kostrubiec, B. (2021). Concentration of heavy metals in street dust. An Impliation at using different Geochemical Background data in Estimating the level of heavy metal pollution. Environ Geochem Health, 43, pp.521-535.
6. Wang X., Sun Y., Li S. and Wang H. (2019). Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in soil from the Raoyanghe Wetland, China. PLOS ONE 14 (8): e0220409.

7. USEPA. (US Environmental Protection Agency). (2021). Indoor Air Quality. An official website of the United States Government. Available online. <https://www.epa.gov/report-environment/indoor-air-quality>.
8. Al-Anbari R., Abdul Hameed M. J., Fatima HJ. Abd Ali. (2015). Pollution Loads and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in the Urban Soil Affected by various anthropogenic Activities. *International Journal of advanced research*, Volume 3, Issue 2, 104 – 110.
9. Wana Na., (2020). Ecological risk assessment of heavy metals in soil around mining area: comparison of different assessment method. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 525 012074 doi:10.1088/1755-1315/525/1/012974.
10. Salem, Mansour A., Alzarga, Ali A., Alnash, Afia S., Sharif, Omar M., and Nassar, Yasser F. (2022). Evaluation of the environmental impact resulting from the spread of various industrial activities and fuel station in the northwestern region of the coast extending from Tajoura in the east to maya in the west and south to Qasr Bin-Ghashir and Al-Azeziez. *Sebha University Journal of Pure and Applied Science* Vol. 21 No. 1.
11. Timothy E., Tour La. (1989). Analysis of Rock using X-ray Fluorescence Spectrometry, *The Rigaku Journal*, 6/1, 3 – 9.
12. 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):175 – 189.
13. Tomlinson, D.C. Wilson, J.G. Harris, C.R. and Jeffrey, D.W. (1980). Problems in the assessment of heavy metals in estuaries and the formation pollution index. *Helgoland Marine Research*, 33, pp: 566-575.
14. Islam. M. S., Ahmed. M. K., Habibullah-Al-Mamun. M. and Masunaga. S., (2015). Potential ecological risk of hazardous element in different land-use urban soils of Bangladesh. *Sci. Total Environ.* 512-513: 9-102.
15. Blanchard, Dallou Guy, Ngoa Engola Louis, Abdourahimi, Bongue Daniel, Ndjana Nkoulou, Joseph Emmanuel and Kwato Moise Godfroy. (2018). Environmental Pollution by Heavy Metals in the Gold Mining Region of East Cameron. *American Journal of Environmental Science.* 14 (5), 212-225.
16. Hussain A, Manjeeta Priyadarshi, Fazil Qureshi and Salman Ahmed.)2021(. Risk assessment on human health with effect of heavy metals. *Applied water science* Vol 1, Fundamentals and Applications, 401-420. Scriver publishing LLC.
17. Bassam T. (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://mdpi.com/journal/ijerph.

18. Kabata-Pendias A. & Mukherjee A. B., (2007). Trace Elements from Soil to Human. Springer, Berlin. DOI: 10.1007/978-3-540-32714-1. ISBN: 978-3-540-32713-4.
19. 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.
20. Lorens J.F., Fernandez J.L., Querol X. (2000). The fate of trace elements in a large coal-fired power plant. *Environ. Geol.* 40:409–446.
21. Ruaa I. Muslim, Zinah S. Ankaz, and Mohanad R. Al-Owaidi, (2023). Estimation and Distribution of Some Heavy Metals in Urban Soils at Kufa. Iraq Journal of Science, Vol 64 No 3. doi:<https://doi.org/10.24996/ijs.2023.64.3.23>
22. 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.
23. Hakanson L. (1980) An ecological risk index for aquatic pollution control of sediment ecological approach. *Water Res* 14:975 – 1000.
24. Luo, X. S., Yu. S., Zhu. Y. G and Li. X.D. (2012). Trace Metal concentration in urban soils of china, sci. *Total Environ.* 421-422:17-30.
25. USEPA (US Environmental Protection Agency), (2001), “Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume III–Part A, Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment”. EPA 540-R-02-002; U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 385p.
26. Zhou, Li., Liu, G., Shen, M., Hu, R., Sun, M and Liu, Y. (2019). Charae teris tics and health risk assessment of heavy metals in indoor dust from different functional areas in Hefei, China. *Environmental Pollution*. Volume 251, August 2019, p.p.839-849.

Evaluation of the Environmental and Health Risk Assessments and Pollution Indices for Heavy Elements of Dust Samples in the Samarra General hospitals in Salah al-Din Governorate/Iraq

Ahmed Ghazi Atiya AL-Shammary* and Mahmood Fadhil Abed Al-Jumaily³

Department Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Iraq

Article Information

Received: 05/07/2023

Revised: 08/08/2023

Accepted: 20/09/2023

Published: 30/09/2024

Keywords:

Environmental Pollution, Heavy Metals, Pollution Indices, Samarra General Hospital

Corresponding Author

E-mail:

Mobile:

Abstract

Five samples of dust deposited are collected from indoors and outdoors the hospital under research to evaluate health and environmental risks. X-ray fluorescence (XRF) analysis was carried out using the PEDXRF device. The results showed the concentrations of twenty heavy elements, varying effects on human health. A number of pollution indices are used to assess the contamination status in the hospital, namely the Enrichment factor (EF). This factor has shown that the heavy elements (As, Sb, Hg, Ni, Cd, Bi, Mo, U and Te) fall into the category of intense to an ultra-rich. The pollution factor (CF) results revealed that the elements (Ni, Se, Cd, Sb, Te, Hg, Bi, and Zn) fall within a very high pollution class. The pollution degree index (Cdeg) shows that the five sample sites had a very high pollution. The Potential Environmental Hazard Index (PERI) recorded a very high risk for all sample sites in the hospital. As for the model of evaluating the health risks of heavy elements (As, Cd, Co, Ni, and Pb), they indicated the presence of potential carcinogenic health risks for samples indoors and outdoors in the hospital building for adults and children when exposed to dust-contaminated with these elements.