

## تقييم مستويات تراكيز عناصر (Pb, As, Cr) في المياه الجوفية وتأثيراتها

### البيئية في منطقة يايجي، كركوك/ شمالي العراق

دنيا نجدت حسيب<sup>1</sup>، حسن أحمد الجميلي<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> قسم الجيولوجيا التطبيقية، كلية العلوم، جامعة كركوك، كركوك، العراق.

<sup>1</sup>dunyanajdat3303@gmail.com, <sup>2</sup>hassanalauk@uokirkuk.edu.iq

#### المخلص

تهدف الدراسة الحالية إلى تقييم تلوث المياه الجوفية بالعناصر الثقيلة السامة وتأثيراتها الصحية المسرطنة والغير المسرطنة في منطقة الدراسة، ولهذا الغرض تم أخذ 5 نماذج من مياه الابار الجوفية وخلصت لمحتواها من العناصر ( Pb, As, Cr ) باستخدام جهاز ICP-MS في مختبر أكمي في فانكوفر/كندا. أظهرت النتائج لهذه الآبار الخمسة بأن معدلات تراكيزها ازدادت وحسب الترتيب الآتي  $Pb > Cr > As$  إذ بلغت  $45.34, 11.8, 0.74 \mu g l^{-1}$  على التوالي، وكانت مستويات الرصاص والزرنيخ والكروم في العينات الخمسة المدروسة ضمن المديات المسموح بها بحسب معايير منظمة الأغذية والزراعة، وظهر التوزيع المكاني للعناصر الثلاثة بان تركيز الرصاص في المياه الجوفية كانت عالية في المناطق الشرقية والذي قد يعود الى تأثير انبعاثات المركبات والانشطة الزراعية، بينما تراكيز الزرنيخ والكروم كانت عالية في وسط والمناطق الجنوبية الغربية من منطقة الدراسة والتي قد يعزى الى تأثيرات الانشطة الزراعية والصناعية. وتبين من خلال تطبيق مؤشري تلوث العناصر الثقيلة (MI, HPI) ومعاملات المخاطر الصحية بأن مياه الآبار الخمسة قيد الدراسة غير ملوثة إلى قليلة التلوث بهذه العناصر على التوالي، ولا تشكل أية خطورة سرطانية وغير سرطانية على البالغين والاطفال من سكان منطقة الدراسة من خلال مسار التماس الجلدي.

**الكلمات الدالة:** العناصر الثقيلة السامة، تلوث المياه الجوفية، التأثيرات الصحية المسرطنة والغير المسرطنة.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2020.15.1.3>

## **Assessment of Levels of Elements Concentrations (Pb, As, Cr) in Groundwater and its Environmental Impacts in the Yaychi Region, Kirkuk / Northern Iraq**

Dunya N. Hasseb<sup>1</sup>, Hassan A. Al-Jumaily<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Applied Geology, College of Science, Kirkuk University, Kirkuk, Iraq.

<sup>1</sup>dunyanajdat3303@gmail.com, <sup>2</sup>hassanalauk@uokirkuk.edu.iq

### **Abstract**

The present study aims to assess the pollution of groundwater with toxic heavy elements and their carcinogenic and non-carcinogenic effects on health in the study area. For this purpose, 5 samples of groundwater wells were taken and analyzed for their content of the elements (Pb, As, Cr) using the ICP-MS device in the ACME laboratory in Vancouver / Canada. The results of these five wells showed that their concentrations rates increased according to the following order Pb> Cr> As, as they reached 45.34, 11.8, and 0.74  $\mu\text{g l}^{-1}$ , respectively, and the lead, arsenic and chromium levels in the five samples were within the permitted ranges according to FAO standards, the spatial distribution of the three elements showed that the lead concentration in groundwater was high in the eastern regions, which may be due to the impact of vehicle emissions and agricultural activities, while arsenic and chromium concentrations were high in the central and southwestern regions of the study area, which may be attributed to the effects of agricultural and industrial activities. And it was found by applying the indicators of heavy elements pollution (MI, HPI) and health risk factors that the five wells under study are not contaminated to low pollution with these elements respectively, and do not pose any carcinogenic and non-carcinogenic health risks to the population of the study area of adults and children through skin contact pathway.

**Keywords:** Toxic heavy elements, groundwater pollution, carcinogenic and non-carcinogenic health effects.

**DOI:** <http://doi.org/10.32894/kujss.2020.15.1.3>

## 1. المقدمة:

تعرف العناصر السامة الثقيلة بأنها تمتلك وزناً ذرياً مرتفعاً وكثافة ذات نوعية تتجاوز الكثافة النوعية للماء بخمس مرات أو أكثر، وانها سامة لأشكال الحياة وليست ضرورية للحفاظ عليها [1]. وإن نسبة تلوث المياه الجوفية تكون اعلى مقارنة مع المياه السطحية، بسبب تفاعل الصخور مع هذه المياه، وتجوية وانحلال المعادن وفترة الاحتفاظ العالية [2]، إن تلوث أغلب الموارد المائية بالأيونات الموجبة والأيونات السالبة الرئيسية والعناصر الثقيلة السامة تنشأ من مصادر متنوعة بما في ذلك عمليات التجوية وانحلال الرواسب المعدنية والأنشطة البركانية وحرق الفحم وأنشطة التعدين والمياه العادمة السائلة [3]، ومن مخلفات الصناعات المختلفة وحركة المرور والنفايات المحلية ومواقع دفن النفايات الخطرة فضلاً عن استخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية للأغراض الزراعية والتي تتسبب في زيادة تلوث المياه الجوفية وبشكل مستمر [4]، إذ تنتشر هذه العناصر إلى المياه الجوفية والتي تنتقل على طول مسارات المياه وتترسب في نهاية الامر في خزانات المياه الجوفية أو يتم خلبيها بوساطة الجريان السطحي الى المياه السطحية مؤدية إلى تلوثها [5].

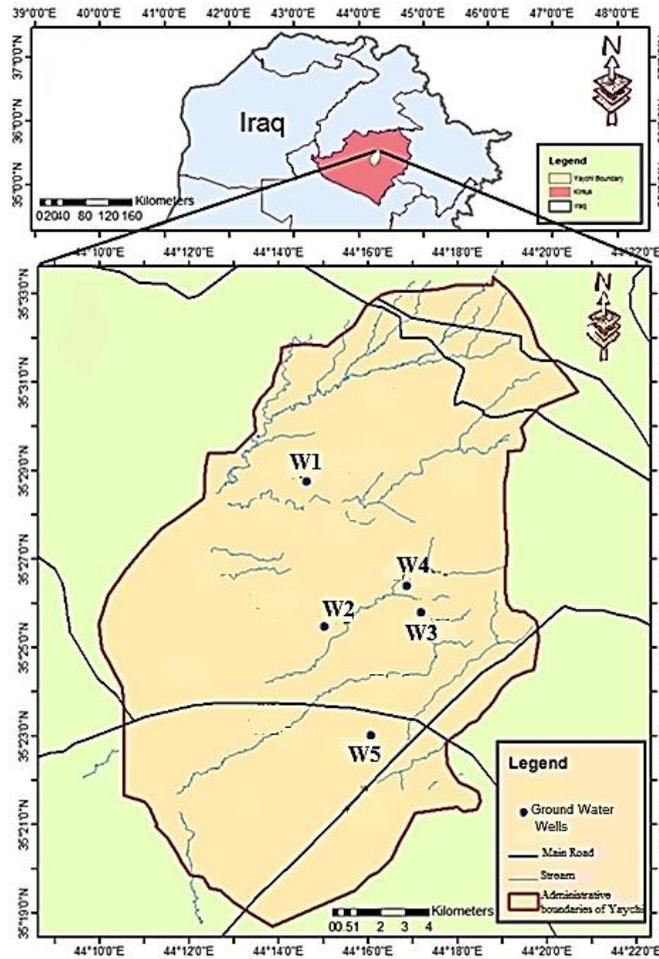
تنتقل العناصر السامة إلى جسم الإنسان عن طريق استهلاك مياه الشرب الملوثة ومحاصيل الحبوب والخضروات التي تنمو في التربة والرواسب الملوثة بالعناصر الثقيلة [6]. وإن الابتلاع المزمن لهذه العناصر له مخاطر صحية على البشر، وتصبح هذه المخاطر ملحوظة فقط بعد عدة سنوات من التعرض لها [7]. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى تقدير تراكيز العناصر الثقيلة السامة في المياه الجوفية لمنطقة ياجي، فضلاً عن تقييم وتحديد مستويات تلوثها بهذه العناصر السامة فضلاً عن تحديد المخاطر الصحية المسرطنة والغير المسرطنة التي تسببه هذه العناصر على الأطفال ومن ثم البالغين في منطقة الدراسة.

## 2. منطقة الدراسة:

تقع منطقة ياجي إلى الشمال الشرقي من العراق وإلى الجزء الغربي من مدينة كركوك بين دائرتي عرض ( 33' 35° و 41.585' 18' 35° N - 21.953" N) وخطي طول (44° 09' 57.905"E - 44° 20' 39.438" E) شكل 1. ومن الناحية التكتونية فإنها تقع ضمن الرصيف الغير المستقر ضمن نطاق الطيات الوائنة Low folded zone والمتمثل بحزام ججمال-أربيل [8]، بينما طباقياً فإنها تكون مغطاة برواسب العصر الرباعي [9]. وإن مناخ منطقة الدراسة يتميز

بكونه قارياً إلى شبه قاري، ومعتدل إلى بارد في الشتاء وجاف حار إلى شديدة الحرارة في الصيف أما فهو معتدل الامطار

[10].



شكل 1: موقع منطقة الدراسة موزعاً عليها مواقع العينات.

### 3. المواد وطرق العمل:

#### 3.1 النمذجة والتحليل الكيميائي:

تم جمع (5) نماذج من المياه الجوفية للآبار الموزعة في منطقة ياجي وعلى أعماق متباينة من سطح الأرض، والتي تستخدم وبشكل واسع لأغراض ري المحاصيل المختلفة وذلك لقلّة مياه الأمطار في فصل الشتاء ولبعد قرى منطقة الدراسة عن المياه السطحية. تضمنت عملية النمذجة تشغيل المضخة لمدة عشرة دقائق لغرض التخلص من المياه الراكدة في البئر

وقد استخدمت لهذا الغرض قناني سعة (لتر واحد) مغسولة بالماء المقطر ومن ثم تم ملئها بماء النموذج وأغلق هذه القناني بإحكام، واحتفظت بها في مكان بارد ( $4C^{\circ}$ )، غير معرض لأشعة الشمس في الحقل كما وتم ترميزها وترقيمها ومن ثم تم تحليلها لمحتواها من العناصر الثقيلة السامة باستخدام جهاز (ICP-MS) في مختبر أكمي في فانكوفر/كندا.

### 3.2 طرائق تقييم تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة بالعناصر السامة الثقيلة وتأثيراتها الصحية:

#### 3.2.1 تقييم تلوث المياه الجوفية بالعناصر السامة الثقيلة:

إن مؤشرات تقييم تلوث المياه هي معاملات لتحديد حالة جودة المياه والتي تتطلب معرفة المبادئ والمفاهيم الأساسية للمياه والمشاكل ذات الصلة [11]، وفي الدراسة الحالية طبقت مؤشر تلوث العناصر الثقيلة Heavy Metal Pollution Index (HPI) إلى جانب مؤشر العناصر Metal Index (MI) وكما يأتي:

#### 3.2.1.1 مؤشر تلوث العناصر السامة الثقيلة (HPI) Toxic Heavy Metal Pollution Index :

يُمثل Heavy Metal Pollution Index (HPI) إجمالي جودة المياه بالنسبة للعناصر الثقيلة [12]. ويتم

حسابه باستخدام المعادلات المقترحة من قبل Mohan et al. [13]:

$$W_i = \frac{K}{S_i} \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i}} \quad (2)$$

$$Q_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i - I_i}{S_i - I_i} \right) * 100 \quad (3)$$

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Q_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (4)$$

حيث أن  $W_i$  يُمثل الوزن النسبي للعناصر الثقيلة، وال  $S_i$  عبارة عن أقصى مدى موصى به لهذه العناصر في مياه الري (وتم الاعتماد على معيار منظمة الأغذية والزراعة [14]) بوحدة ( $\mu g I^{-1}$ ) لكون الاستخدام الوحيد لهذه المياه في منطقة الدراسة هي لري المحاصيل الزراعية، و  $n$  هو عدد العناصر الثقيلة المستخدمة، وتُمثل  $Q_i$  المؤشر الفرعي للعناصر جدول 1، وال  $M_i$  و  $I_i$  يُمثل مستويات العناصر السامة الثقيلة في المياه الجوفية جدول 2 والقيم المثالية لها على التوالي

وتساوي هذه القيم المتألية للعناصر صفر بحسب [15]، وتشير علامة (-) إلى الفرق العددي بين القيمتين [13]. وصنف

[16] قيم HPI إلى ثلاثة فئات كما في جدول 3.

جدول 1: القيم القياسية للعناصر السامة الثقيلة المستخدمة في قياس مؤشر تلوث العناصر الثقيلة HPI.

Metals	S <sub>i</sub> FAO [14]	1/S <sub>i</sub>	K	W <sub>i</sub>				
Pb	5000	0.0002	49.50495	0.009				
As	100	0.01		0.495				
Cr	100	0.01		0.495				
		$\sum \frac{1}{S_i} = 0.0202$		$\sum W_i = 0.999$				
Samples No.	Q <sub>i</sub>			Q <sub>i</sub> *W <sub>i</sub>			$\sum W_i * Q_i$	HPI
	Pb	As	Cr	Pb	As	Cr		
W1	0.7	0.5	1.2	0.006	0.24	0.59	0.83	0.83
W2	0.54	1	24.4	0.004	0.49	12.07	12.56	12.57
W3	1.31	0.5	1.6	0.011	0.24	0.79	1.04	1.04
W4	0.85	1	16	0.007	0.49	7.92	8.41	8.41
W5	1.12	0.7	15.8	0.010	0.34	7.82	8.17	8.17
Avg.	0.90	0.74	11.8	0.007	0.36	5.83	6.20	6.20

جدول 2: مستويات العناصر الثقيلة السامة لعينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة.

Sample No.	Wells Depth (m)	Pb µg l <sup>-1</sup>	As µg l <sup>-1</sup>	Cr µg l <sup>-1</sup>
W1	35	35.0	0.5	1.2
W2	175	27.1	1.0	24.4
W3	105	65.8	0.5	1.6
W4	102	42.7	1.0	16.0
W5	120	56.1	0.7	15.8

جدول 3: فئات مؤشر تلوث العناصر الثقيلة للمياه [16].

HPI	مستويات التلوث
< 15	تلوث قليل بالعناصر الثقيلة
15-30	تلوث متوسط بالعناصر الثقيلة
>30	تلوث عالي بالعناصر الثقيلة

### 3.2.1.2 : Metal Index (MI) مؤشر العناصر

يتم استخدام مؤشر العناصر الثقيلة (MI) Metal Index لتقييم حالة التلوث بالعناصر الثقيلة في المياه الجوفية

[17]. وتم حسابها من خلال المعادلة المقترحة من قبل [18] Gabriella and Renzo:

$$MI = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(MAC)_i} \quad (5)$$

[18]

حيث أن الـ  $C_i$  تمثل مستويات العناصر الثقيلة السامة في هذه المياه، بينما  $(MAC)_i$  تمثل أقصى تركيز مسموح به من العناصر الثقيلة السامة في مياه الري حسب مقاييس منظمة الأغذية والزراعة [14] لكون الاستخدام الوحيد لهذه المياه في منطقة الدراسة هي لري المحاصيل الزراعية. وصُنف جودة ونوعية المياه الجوفية الى عدة فئات بحسب [19]، جدول 4.

جدول 4: تصنيف جودة المياه الجوفية ونوعيتها بحسب (MI) بحسب [19].

MI	نوعية المياه
< 0.3	نقية جداً
0.3-1.0	نقية
1.0-2.0	قليلة التلوث
2.0-4.0	متوسطة التلوث
4.0-6.0	عالية التلوث
> 6.0	شديدة التلوث

### 3.2.2 تقييم الخطر الصحي المحتمل بالعناصر السامة الثقيلة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة:

ان خطر التعرض لهذه العناصر السامة المتواجدة في هذه المياه يحدث من خلال التماس الجلدي فقط لأن الاستخدام الوحيد لهذه المياه في منطقة الدراسة هي لري المحاصيل الزراعية وبالتالي فإن الخطر الذي سوف تُشكله على السكان يكون فقط من خلال حدوث التماس مع هذه المياه إثناء الزراعة، وعليه ففي هذه الدراسة تم تقييم الخطر الصحي المسرطن وغير المسرطن لهذه العناصر في هذه المياه من خلال التماس الجلدي فقط وكالآتي:

### 3.2.2.1 : جرعة الامتصاص اليومي المزمن (CDI) Chronic Daily Intake

تم احتساب جرعة الامتصاص اليومي المزمن المسرطن والغير المسرطن للبالغين والأطفال لمعدل هذه العناصر السامة في هذه المياه لمسار التماس الجلدي فقط باستخدام المعادلة الاتية [20] وكما يلي:

$$CDI_{\text{derm}} = \frac{C_{\text{water}} * SA * K_p * ET * EF * ED * CF}{BW * AT} \quad (6)$$

والمقاييس التي تم استعمالها في المعادلة أعلاه مؤشرة في جدول 5.

### 3.2.2.2 : تقييم الخطر الغير المسرطن Non Carcinogenic Risk Assessment

تم تقييم الخطر غير السرطاني لمعدل هذه العناصر السامة (Pb, As, Cr) في هذه المياه لمسار التماس الجلدي من خلال المعادلة الاتية [20]:

$$HI = \sum HQ = HQ_{\text{derm}} = \frac{CDI_{\text{derm-nc}}}{RfD_{\text{derm}}} \quad (7)$$

إذ أن HI و  $\sum HQ$  يُمثل مؤشر الخطر ومجموع حاصل الخطر على التوالي، و  $HQ_{\text{derm}}$  يُمثل حاصل الخطر الناتج عن طريق التماس الجلدي جدول 11، و تُمثل  $CDI_{\text{derm-nc}}$  معدل جرعة الامتصاص اليومي المزمن الغير المسرطن للعناصر الثقيلة السامة لمسار التماس الجلدي ( $\text{mg kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ) جدول 10، بينما  $RfD_{\text{derm}}$  تعبر عن الجرعة المرجعية لهذه العناصر لمسار التماس الجلدي ( $\text{mg kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ) جدول 6.

إذ أن HI و  $\sum HQ$  يُمثل مؤشر الخطر ومجموع حاصل الخطر على التوالي، و  $HQ_{\text{derm}}$  يُمثل حاصل الخطر الناتج عن طريق التماس الجلدي جدول 11، و تُمثل  $CDI_{\text{derm-nc}}$  معدل جرعة الامتصاص اليومي المزمن الغير المسرطن للعناصر الثقيلة السامة لمسار التماس الجلدي ( $\text{mg kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ) جدول 10، بينما  $RfD_{\text{derm}}$  تعبر عن الجرعة المرجعية لهذه العناصر لمسار التماس الجلدي ( $\text{mg kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ) جدول 6.

جدول 5: المعايير المستخدمة لتقييم الخطر الصحي لها في منطقة الدراسة للبالغين والأطفال [21] [22].

الأطفال	البالغين	المعايير	الرموز
Pb/ 45.34 $\mu\text{g l}^{-1}$ As/ 0.74 $\mu\text{g l}^{-1}$ Cr/ 11.8 $\mu\text{g l}^{-1}$		معدل تراكيز العناصر السامة الثقيلة في الدراسة الحالية	$C_{\text{water}}$
6600 $\text{cm}^2$	18000 $\text{cm}^2$	مساحة سطح الجلد المكشوفة	SA
Pb/ $1*10^{-4} \text{ cm h}^{-1}$ As/ $1*10^{-3} \text{ cm h}^{-1}$ Cr/ $2*10^{-3} \text{ cm h}^{-1}$		معامل نفاذية الجلد	$K_p$
1 $\text{h day}^{-1}$	0.58 $\text{h day}^{-1}$	زمن التعرض	ET
350 $\text{days year}^{-1}$	350 $\text{days year}^{-1}$	تكرار التعرض	EF
6 year	30 year	فترة التعرض	ED
$10^{-6} \text{ l cm}^{-3}$	$10^{-6} \text{ l cm}^{-3}$	عامل التحويل	CF
15 kg	70 kg	وزن الجسم	BW
ED * 365 days 70 * 365 days	ED * 365 days 70 * 365 days	معدل الزمن: للغير المسرطن للمسرطن	AT

جدول 6: المعايير المستخدمة في تقييم الخطر السرطاني والغير السرطاني في المياه قيد الدراسة للبالغين والأطفال [23]

[24].

Heavy elements	$Rfd_{\text{derm}}$	$SF_{\text{derm}}$
Pb	$5.25*10^{-4}$	-
As	$1.23*10^{-4}$	3.66
Cr	$6*10^{-5}$	-

### 3.2.2.3 Carcinogenic Risk Assessment تقييم الخطر المسرطن

تم تقييم المخاطر السرطانية لمعدل العناصر السامة (Pb, As, Cr) في هذه المياه لمسار التماس الجلدي من خلال

المعادلة الآتية [20]:

$$\text{Cancer Risk} = \text{Risk}_{\text{derm}} = \text{CDI}_{\text{derm-c}} * \text{SF}_{\text{derm}} \quad (8)$$

إذ أن Risk<sub>derm</sub> يعبر عن المخاطر السرطانية من خلال مسار التماس الجلدي، بينما CDI<sub>derm-c</sub> تُمثل معدل الجرعة المسرطنة اليومية من خلال مسار التماس الجلدي ( $\text{mg kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ )، و SF<sub>derm</sub> تُمثل عامل الانحدار للعناصر السامة من خلال التماس الجلدي ( $\text{mg kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ ) جدول 6.

#### 4. النتائج والمناقشة:

##### 4.1 العناصر السامة الثقيلة في المياه الجوفية:

من أجل معرفة تراكيز ومديات هذه العناصر في هذه المياه قيد الدراسة ونظراً لكون منطقة ياجي متأثرة بعدة أنشطة بشرية تكون مصدراً لها، بالإضافة إلى دور الطبقات الخازنة لها في إضافة هذه العناصر لمياه الآبار نتيجة لتفاعلات الصخر-الماء، تم تحليلها باستخدام جهاز ICP-MS جدول 7.

جدول 7: معدلات ومديات مستويات العناصر الثقيلة السامة بوحدة ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) لعينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة.

Sample No.	Pb $\mu\text{g l}^{-1}$	As $\mu\text{g l}^{-1}$	Cr $\mu\text{g l}^{-1}$
W1	35.0	0.5	1.2
W2	27.1	1.0	24.4
W3	65.8	0.5	1.6
W4	42.7	1.0	16.0
W5	56.1	0.7	15.8
Range	27.1-65.8	0.5-1.0	1.2-24.4
Average	45.34	0.74	11.8
FAO [14]	5000	100	100

أظهرت نتائج معدلات تراكيز هذه العناصر السامة في المياه المدروسة بأنها تزداد وحسب الترتيب الآتي  $\text{Pb} > \text{Cr} > \text{As}$  إذ بلغت  $\text{As}$   $45.34, 11.8, 0.74 \mu\text{g l}^{-1}$  على التوالي جدول 7. ووصل معدل تركيز الرصاص والزرنيخ والكروم ( $45.34 \mu\text{g l}^{-1}$ ) و ( $0.74 \mu\text{g l}^{-1}$ ) و ( $11.8 \mu\text{g l}^{-1}$ ) ويمدى ( $27.1-65.8 \mu\text{g l}^{-1}$ ) و ( $0.5-1.0 \mu\text{g l}^{-1}$ ) و ( $1.2-24.4 \mu\text{g l}^{-1}$ ) على التوالي وكانت في المواقع الخمسة المدروسة ضمن المديات المسموح بها في مياه الري وبحسب مقاييس منظمة الأغذية والزراعة [14] وبالغلة ( $5000 \mu\text{g l}^{-1}$ ) و ( $100 \mu\text{g l}^{-1}$ ) و ( $100 \mu\text{g l}^{-1}$ ) على التوالي. مما يشير إلى أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة غير ملوثة وصالحة للري فيما يتعلق بمحتواها من هذه العناصر.

ويبين من خلال توزيع هذه العناصر في المياه الجوفية في منطقة الدراسة بان عنصر الرصاص بشكل عام تزداد تراكيزها باتجاه الجهة الشرقية لمنطقة الدراسة وذلك قد يكون بفعل الانشطة الزراعية [25] والحركة المرورية الكثيفة في تلك المناطق التي تمر من خلالها عدة طرق سريعة، إذ ان الرصاص المنبعث من المركبات والتي تترسب لاحقا على التربة قد تصل الى المياه الجوفية نتيجة لعمليات الغسل المتكررة التي تتعرض لها التربة بسبب الري المستمر ومياه الامطار، ومما تجدر الإشارة اليه بأن عملية النمذجة تمت في الموسم الرطب في شهر كانون الثاني لسنة 2019 شكل 2a، أما بالنسبة لعنصري الزنك والكروم تبين بان تراكيزهما تكون مرتفعة في وسط منطقة الدراسة والمناطق الجنوبية الغربية منها والتي قد تعزى الى كثرة استخدام الاسمدة الزراعية والمبيدات الحشرية في هذه المناطق فضلا عن تأثرها بمصادر التلوث المختلفة المتمثلة بشركة غاز الشمال ومحطة ملا عبد الله الغازية وحقل الخباز النفطي ووادي النفط شكل 2b, 2c.

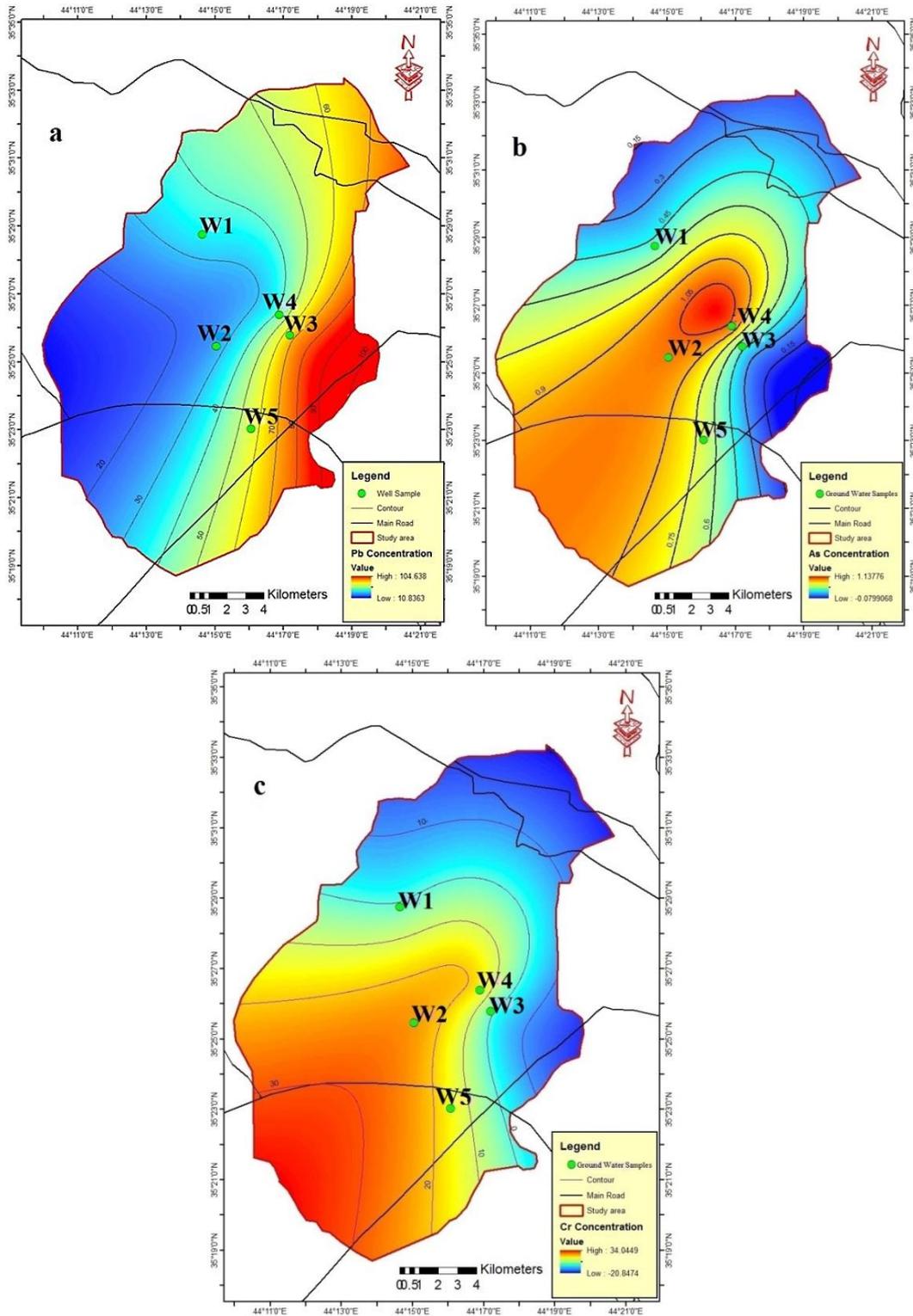
#### 4.2 تقييم تلوث المياه الجوفية بالعناصر الثقيلة السامة:

##### 4.2.1 مؤشر تلوث العناصر السامة الثقيلة (HPI) Toxic Heavy Metal Pollution Index :

تبين من خلال تطبيق مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة للآبار الخمسة بأن معدل (HPI) بلغت (6.20) جدول 8 مما يشير بأنها وفي جميع المواقع الخمسة قليلة التلوث بالعناصر (Pb, As, Cr) مُجمعة حسب فئات مؤشر تلوث العناصر الثقيلة للمياه جدول 3.

جدول 8: قيم مؤشر تلوث العناصر السامة الثقيلة للمياه الجوفية المدروسة.

Sample No.	HPI
W1	0.83
W2	12.57
W3	1.04
W4	8.41
W5	8.17
Average	6.20



شكل 2: توزيع العناصر الثقيلة السامة في المياه الجوفية: (a) الرصاص، (b) الزرنيخ، (c) الكروم.

#### 4.2.2 مؤشر العناصر (MI) Metal Index:

تبين من خلال تطبيق مؤشر العناصر الثقيلة للآبار الخمسة بأن معدل (MI) بلغت (0.134) **جدول 9** مما يشير بأنها وفي جميع المواقع الخمسة غير ملوثة بالعناصر (Pb, As, Cr) مُجمعة إذ تقع ضمن فئة نقية جداً حسب فئات مؤشر العناصر الثقيلة للمياه **جدول 4 شكل 3**.

#### **جدول 9: قيم مؤشر العناصر للمياه الجوفية في منطقة الدراسة**

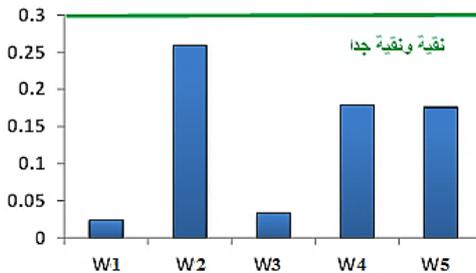
Sample No.	MI
W1	0.024
W2	0.259
W3	0.034
W4	0.178
W5	0.176
Average	0.134

#### 4.3 تقييم التأثيرات الصحية المحتملة للعناصر السامة الثقيلة في المياه الجوفية :

ولأجل تقييم المخاطر الصحية التي تشكله هذه العناصر في المياه الجوفية على صحة البشر تم استخدام عدة معاملات وكما يلي:

#### 4.3.1 جرعة الامتصاص اليومي المزمّن (Chronic Daily Intake (CDI) :

يتضح من **جدول 10** بأن معدل جرعة الامتصاص اليومي المزمّن الغير المسرطن لهذه العناصر السامة ومن خلال مسار التماس الجلدي كانت أعلى لدى الأطفال مقارنةً بالبالغين، في حين معدل جرعة الامتصاص اليومي المزمّن المسرطن للعناصر السامة من خلال التماس الجلدي كانت أعلى لدى البالغين مقارنةً بالأطفال.



**شكل 3: تقييم العناصر الثقيلة السامة بمؤشر العناصر للمواقع قيد الدراسة.**

جدول 10: قيم جرعة الامتصاص اليومي المزمين الغير المسرطن والمسرطن للعناصر السامة في المياه قيد الدراسة.

Age	CDI <sub>derm- non cancer</sub>		
	Pb	As	Cr
Adults	$6.48 \times 10^{-7}$	$1.05 \times 10^{-7}$	$3.37 \times 10^{-6}$
Children	$1.91 \times 10^{-6}$	$3.12 \times 10^{-7}$	$9.95 \times 10^{-6}$
Age	CDI <sub>derm- cancer</sub>		
	Pb	As	Cr
Adults	$2.77 \times 10^{-7}$	$4.53 \times 10^{-8}$	$1.44 \times 10^{-6}$
Children	$1.63 \times 10^{-7}$	$2.67 \times 10^{-8}$	$8.53 \times 10^{-7}$

#### 4.3.2 تقييم الخطر الغير المسرطن Non Carcinogenic Risk Assessment:

تشير قيمة HI و HQ الأقل من واحد إلى عدم وجود الخطر الغير المسرطن، بينما الأكبر من واحد يشير إلى أن هناك تأثيرات ضارة غير مسببة للسرطان للعناصر قيد الدراسة والمتواجدة في هذه المياه على صحة الإنسان [20]. ويتبين من جدول 11 بأن قيم جميع العناصر ولكلا الفئتين العمريتين كانت أقل من واحد مما يدل على أنه ليست هنالك أية مخاطر غير سرطانية لهذه العناصر في هذه المياه الجوفية في منطقة الدراسة.

جدول 11: قيم حاصل ومؤشر الخطر للعناصر السامة لمسار التماس الجلدي في منطقة الدراسة.

Age	HQ <sub>derm</sub> & HI		
	Pb	As	Cr
Adults	$1.23 \times 10^{-3}$	$8.53 \times 10^{-4}$	$5.61 \times 10^{-2}$
Children	$3.63 \times 10^{-3}$	$2.53 \times 10^{-3}$	$1.65 \times 10^{-1}$

#### 4.3.3 تقييم الخطر المسرطن Carcinogenic Risk Assessment :

تشير قيمة CR الأقل من ( $1 \times 10^{-6} < CR$ ) إلى أن الخطر المسرطن الذي يُشكله هذه العناصر هي ضئيلة، و ( $1 \times 10^{-4} < CR < 1 \times 10^{-6}$ ) مقبولة نوعاً ما، بينما ( $CR > 1 \times 10^{-4}$ ) تشير إلى أن خطورة الإصابة بالسرطان تكون عالية [26] [22]. ويتبين بأن عنصر الزرنيخ في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة لا يُشكل أي خطورة مسرطنة على البالغين والأطفال جدول 12.

جدول 12: قيم الخطر المسرطن للعناصر السامة لمسار التماس الجلدي في مياه منطقة الدراسة.

Age	Risk <sub>derm</sub> & Cancer Risk		
	Pb	As	Cr
Adults	-	$1.65 \times 10^{-7}$	-
Children	-	$9.77 \times 10^{-8}$	-

## 5. الاستنتاجات:

توصل البحث الحالي الى عدة استنتاجات من اهمها:

1. ان مستويات عناصر الرصاص الزرنيخ والكروم كانت ضمن معايير منظمة الأغذية والزراعة FAO مما يشير الى ان المياه الجوفية في منطقة الدراسة صالحة للري فيما يتعلق بمحتواها من هذه العناصر.
2. تبين من خلال التوزيع المكاني للعناصر (Pb, As, Cr) في المياه الجوفية في منطقة الدراسة بأن عنصر الرصاص ازدادت تراكيزها في المناطق الشرقية نتيجة للأنشطة الزراعية والحركة المرورية الكثيفة في تلك المناطق التي تمر من خلالها عدة طرق سريعة، أما بالنسبة لعنصري الزرنيخ والكروم تبين بان تراكيزهما تكون مرتفعة في وسط منطقة الدراسة والمناطق الجنوبية الغربية والتي قد تعزى الى كثرة استخدام الاسمدة الزراعية والمبيدات الحشرية في هذه المناطق فضلا عن تأثرها بمصادر التلوث المختلفة المتمثلة بشركة غاز الشمال ومحطة ملا عبد الله الغازية وحقل الخباز النفطى ووادي النفط.
3. اظهر مؤشري تلوث العناصر السامة الثقيلة (MI و HPI) بان عينات مياه الابار الجوفية الخمسة كانت غير ملوثة إلى قليلة التلوث بعناصر الكروم والزرنيخ والرصاص على التوالي.
4. اظهرت قيم معاملات المخاطر الصحية المسرطنة وغير المسرطنة بان مستويات عناصر (Pb, As, Cr) لا يشكل اية مخاطر على الاطفال والبالغين من السكان القاطنين في المنطقة المدروسة من خلال التماس الجلدي.

## المصادر:

- [1] R.H. Friis, "*Essentials of Environmental Health*", 2<sup>nd</sup> Edition., Jones & Bartlett Learning, LLC, USA (2012).
- [2] Abdur R., Seema A. Khattakb, Liaqat A., Madeeha Z., Shah J., Muhammad A. and Shafi U., "*Geochemical profile and source identification of surface and groundwater*



- 
- pollution of District Chitral, Northern Pakistan*", Microchemical Journal, 145, 1058-1065 (2019).
- [3] Abdur R., Dong-Xing G., Abida F., Sardar K., Salman Z., Shah J., Seema A. Khattak, Muhammad S. Khan and Raees K., *"Fluoride prevalence in groundwater around a fluorite mining area in the flood plain of the River Swat, Pakistan"*, Science of the Total Environment, 635, 203 (2018).
- [4] Innocent O. Igwilo, Onyenmechi J. Afonne, Ugwuona J. Maduabuchi and Orish E. Orisakwe, *"Toxicological Study of the Anam River in Otuocha, Anambra State, Nigeria"*, Archives of Environmental & Occupational Health, 61(5), 205 (2006).
- [5] J. O. Duruibe, M. O. C. Ogwuegbu and J. N. Egwurugwu, *"Heavy metal pollution and human biotoxic effects"*, International Journal of Physical Sciences, 2 (5), 112 (2007).
- [6] C. P. Kulkarni, *"Assessment of heavy metals in vegetables and cereals collected from local market, Mumbai"*, International Journal of Food Science and Nutrition, 2(6), 71 (2017).
- [7] Masayuki I., Zuo-Wen Z., Shinichiro S., Takao W., Haruo N., Chan-Seok M., Naoko M. and Kae H., *"Urban population exposure to lead and cadmium in east and south-east Asia"*, Science of the Total Environment, 249(1-3), 373 (2000).
- [8] J. A. Al-Kadhimi, V. K. Sissakian, D. B. Deikran and A. S. Fattah, *"Tectonic Map of Iraq Scale 1:1000000"*, 2<sup>nd</sup> Edition., GEOSURV, Baghdad, Iraq (1996).
- [9] Varoujan K. Sissakian and Saffa F. A. Fouad, *"Geological Map of Iraq"*, scale 1:1000 000, 4<sup>th</sup> Edition., GEOSURV, Baghdad, Iraq (2012).

- [10] Karen F., *"Irrigation in the Middle East region in figures AQUASTAT Survey-2008"*, Water Reports, (34), Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009).
- [11] M. Nikbakht, *"The Effect Assessment of Ahvaz No.1,2 Water Treatment Plant on Karoon Water Quality"*, M.Sc. Thesis, Ahvaz: IA University, Iran (2004).
- [12] Thomas K. Boateng, Francis O. and Osei A., *"Heavy metal contamination assessment of groundwater quality: a case study of Oti landfill site, Kumasi"*, Applied Water Science, 9(2), 33 (2019).
- [13] S. V. Mohan, P. Nithila and S. J. Reddy, *"Estimation of heavy metals in drinking water and development of heavy metal pollution index"*, Journal of Environmental Science & Health, 31(2), 283-284 (1996).
- [14] R. S. Ayers and D. W. Westcot, *"Water quality for agriculture"*, FAO Irrigation and drainage paper Report No. 29. Rev. 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations (1985).
- [15] Özlem T. Dede, *"Application of the heavy metal pollution Index for surface waters: A Case study for Çamlidere"*, Hacettepe J. Biol. & Chem., 44(4), 499 (2016).
- [16] A. E. Edet, and O. E. Offiong, *"Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring. A study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin (southeastern Nigeria)"*, GeoJournal, 57(4), 295 (2002).
- [17] Zohreh M., Rezvan K. and Farhad E., *"Heavy Metal Contamination Assessment of Groundwater Resources in Behbahan Plain Southwest Zagros"*, Open Journal of Geology, 5(5), 325 (2015).

- [18] Gabriella T. and Renzo C., *"Heavy metals in drinking waters from Mount Amiata (Tuscany, Italy). Possible risks from arsenic for public health in the Province of Siena"*, Science of the Total Environment, 327(1-3), 41 (2004).
- [19] L. Lyulko, T. Ambalova and T. Vasiljeva, *"To integrated water quality assessment in Latvia"*. In J. G. Timmerman, W. P. Cofino, R. E. Enderlein, W. Jülich, P. L. Literathy, J. M. Martin, P. Ross, N. Thyssen, R. K. Turner and R. C. Ward (eds) *"MTM (monitoring tailor-made) III, proceedings of international workshop on information for sustainable water management"*, Netherlands (2001).
- [20] U. S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), *"Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part A)"*, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C., USA, (1989).
- [21] U. S. Environmental Protection Agency, *"USEPA Region III risk-based concentration table: technical background information"*, Unites States Environmental Protection Agency, Washington (2006).
- [22] U.S. Environmental Protection Agency, *"Regional Screening Levels"*, Unites States Environmental Protection Agency, May 2016, prepared by Oak Ridge National Laboratories (2016). available at: <http://epaprgs.ornl.gov/chemicals/index.shtml>.
- [23] [L. Ferreira-Baptista](#) and [E. De Miguel](#), *"Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: a tropical urban environment"*, Atmospheric Environment, 39(25), 4501 (2005).
- [24] Milad M. Aminiyan, Mohammed B. and Farzad M. Aminiyan, *"Evolution of human health risk based on EPA modeling for adults and children and pollution level of potentially toxic metals in Rafsanjan road dust: a case study in a semi-arid region, Iran"*, Environmental Science and Pollution Research, 25(20), 19767-19778 (2018).



- 
- [25] Mustafa H. Ismael, Balsam S. Al-Tawash and Younus I. Al-Saady, "*Hydrochemical characteristics and environmental evaluation of surface and groundwater quality at Al-Tarmiyah Area, Baghdad, Iraq*", Iraqi Journal of Science, 60 (5), 1069 (2019).
- [26] Zheng S. and Jiajun C., "*Risk assessment of potentially toxic elements (PTEs) pollution at a rural industrial wasteland in an abandoned metallurgy factory in North China*", International journal of environmental research and public health, 15(1), 85 (2018).