Vol.(5),No.(2),(2017),62-69
MUTHANNA JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY (MJET)
مجلة المثنى للهندسة والتكنولوجيا
Journal homepage:www.muthjet.com
Print ISSN:2572-0317, Online ISSN:2572-0325

تقييم المخاطر الصحية ومؤشرات التلوث للمياه الجوفية في منطقة العلم في محافظة صلاح الدين، العراق

سلوى هادي احمد

قسم هندسة البيئة – كلية الهندسة – جامعة تكريت

ARTICLE INFO

Received: 22/8/2017

Accepted: 15/11//2017

الكلمات المفتاحية:
المياه ، HPI الثقيلة، العناصر الجوفية،المخاطر الصحية.

الخلاصة

تم في هذه الدراسة تقييم تلوث المياه الجوفية بالعناصر الثقيلة في منطقة العلم في محافظة صلاح الدين. جمعت عينات مياه من ٢٥ بئر في منطقة الدراسة خلال شهر شباط ٢٠١٧ لتحديد تراكيز العناصر الثقيلة (الرصاص والكادميوم والنيكل والكروم) باستخدام جهاز الامتصاص الذري. تم مقارنة النتائج مع مواصفات منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب وكانت تراكيز الرصاص والكادميوم اعلى من المواصفة بينما النيكل والكروم ضمن المواصفات. طبق موديل تقييم المخاطر الصحية لتقييم خطورة استخدام المياه الجوفية عن طريق الابتلاع (الشرب) والتماس الجلدي (الاستحمام) على البالغين والاطفال وتبين عدم وجود مخاطر صحية للعناصر الثقيلة (Pb, Cd, Ni, Cr) على كليهما. تم تطبيق مؤشرات تقييم التلوث لتصنيف جودة المياه وتحديد درجة تلوثها بالعناصر الثقيلة. وتبين ان قيمة مؤشر HPI لجميع ابار منطقة الدراسة كانت أعلى بكثير من الحد الأقصى للمؤشر الحرج البالغ ٧٥. اما قيمة HEI فكانت تتراوح بين (٥,٤- ١٥,٩) بينما Cd تتراوح بين (١,٤- ١١,٩) لجميع ابار منطقة الدراسة. تبين هذه النتائج أن نوعية المياه في منطقة الدراسة تكون ملوثة بدرجة خفيفة الى متوسطة بالعناصر الثقيلة (Pb, Cd, Ni, Cr) وغير مناسبة لأغراض الشرب الا بعد معالجتها.

©2017 AL-Muthanna University. All rights reserved

Health Risk Assessment and Pollution Indices In The Groundwater of Al – Alam Area In Salah Al Din Governorate, Iraq

Key words

Heavy metals, HPI, Ground -water, Health risk.

ABSTRACT

In this study, pollution of groundwater by heavy metals was evaluated in Al-Alam area in Salah Al-Din Governorate. Water samples were collected from 25 wells in the study area during February 2017 to determine the concentrations of heavy metals including lead, cadmium, nickel and chromium using atomic absorption spectrophotometry. The results were compared with WHO standards for drinking water, where lead and cadmium concentrations were higher than standard while nickel and chromium were within the standards. A health risk assessment model was applied to assess the risk of groundwater use via ingestion (drinking) and skin contact (bathing) on adults and children and showed that there are no adverse health effects for heavy metals (Pb, Cd, Ni, Cr) on both. Pollution assessment indices have been applied to classify water quality and determine the degree of contamination of heavy metals. The range of the HPI index for all wells of the study area was significantly higher than the critical index of 75. The value of HEI was between 5.4 – 15.9), while Cd was between (1.4 - 11.9) for all wells of the study area. These results show that water quality in the study area is light to medium contaminated with heavy metals and is unsuitable for drinking purposes only after treatment.

*Corresponding author.
E-mail addresses: eng.salwa99@gmail.com
©2017 AL-Muthanna University. All rights reserved.
DOI:10.52113/3/eng/mjet/2017-05-02/62-69

المقدمة

المياه الجوفية واحدة من المصادر المهمة التي يلجأ اليها الانسان للاستفادة منها لأغراض الشرب والزراعة والصناعة. تشكل المياه الجوفية حوالي ٩٨% من مياه العالم العذبة موزعة بشكل جيد حول العالم. ولأنها تحت الارض لذلك فان تلوثها يصعب اكتشافه أو السيطرة عليه وتحتاج الى كلفه عالية نسبياً لمعالجتها [1]. في الفترة الأخيرة سبب التطور والثورة الصناعية وتأثير الفعاليات البشرية تلوث المياه الجوفية بصوره كبيرة [2]. وجود العناصر الثقيلة في المياه الجوفية أو السطحية من الامور التي تدعو الى القلق بسبب السمية العالية لبعض العناصر وكذلك عدم قابليتها على التحلل في البيئة. بعض العناصر يعتبر وجودها في الماء غير ضار بل قسم منها أساسي في تغذية الأحياء المائية أو ضروري لنمو الكائن الحي مثل التراكيز القليلة من (K, F, Na, Ca) فمثلا النحاس يعتبر سام إذا زاد تركيزه عن 1 (mg/L) ويعد الكادميوم مسبب للأمراض السرطانية، عدد العناصر الثقيلة في الجدول الدوري هي ٢٣ عنصر وان اي عنصر كثافته أكبر من 5 g/cm^3 يعتبر عنصر ثقيل يصعب ازالته من مياه الشرب. بالرغم من ذلك فان العناصر (Hg, Pb, Cd, Ni, Cr) تكون ذات سمية عالية. ومن الاثار السمية لها (صداع، ضغط، حساسيه، امراض المعدة، امراض الجهاز العصبي، مشاكل الكبد والكلى، فقر الدم، عجز عقلي، مسرطنة، نوبات قلبية وتوقف القلب)، ان وجود النيكل والكروم بتراكيز فوق الحد المسموح به في مياه الشرب ينتج عنه تدهور واضرار في البيئة، كذلك وجود الزئبق والرصاص والكادميوم يؤدي الى تلوث مياه الشرب والري، يعتمد مستوى السمية للعنصر الثقيل على نوع العنصر ودوره البيولوجي ونوع الكائن الحي المعرض له [3]. المحتوى المعدني للمياه الجوفية من المميزات المهمة التي تميزها عن المياه السطحية وهذا المحتوى يختلف بحسب الطبيعة الجيولوجية للمنطقة التي تمر او تستقر فيها المياه الجوفية، بصورة عامة تصنف غالبية المياه الجوفية ذات محتوى عالي من العناصر لذلك تكون مياهها عسرة اما إذا كانت ذا محتوى اقل من الاملاح المعدنية فتصبح مياه ميسرة، وكذلك تكون المياه الجوفية بانها قليلة المحتوى بالعناصر الغذائية لنمو الاحياء المجهرية [4]. تبعا لهذه الصفات يتم تحديد امكانية استخدام المياه الجوفية للأغراض الصناعية او المنزلية او الزراعية. تتراكم العناصر الثقيلة في الاجسام المائية نتيجة لتصريف مياه الفضلات الصناعية او ترسيب الملوثات في الجو، ومن المصادر الأخرى والمهمة للتلوث بالعناصر الثقيلة: المناجم [5]، الجريان السطحي الناجم عن الري [6]، التسرب من المناطق الملوثة بالعناصر الثقيلة الى المياه الجوفية، المياه الحارة في باطن الأرض، وتآكل أنظمة التصريف المنزلي [4]. من الممكن ان تتراكم الملوثات في جسم الانسان عن طريق استهلاك الماء لأغراض الشرب او التماس الجلدي عند الاستحمام. ومن هنا تظهر الحاجة لتقييم المخاطر الصحية على الصحة الانسانية لتحديد ما إذا كان التعرض للعناصر الثقيلة، في اي جرعة، يمكن ان يسبب تأثيرات سلبية على صحة الانسان[7] . أصبح الناس مهتمون بالعلاقة بين الصحة وتلوث المياه الجوفية أكثر من التلوث نفسه لذلك فان تقييم المخاطر الصحية هو الأهم ولهذه الاغراض انتشرت دراسات عن تلوث المياه الجوفية في السنوات الأخيرة، ومنها دراسة قام بها عبد [8] لتقييم المخاطر الصحية للمياه الجوفية لمدينة شمال بيجي والناتجة من التلوث بالعناصر الثقيلة ومدى تأثير التلوث على البالغين والأطفال من خلال تطبيق موديل تقييم المخاطر الصحية.

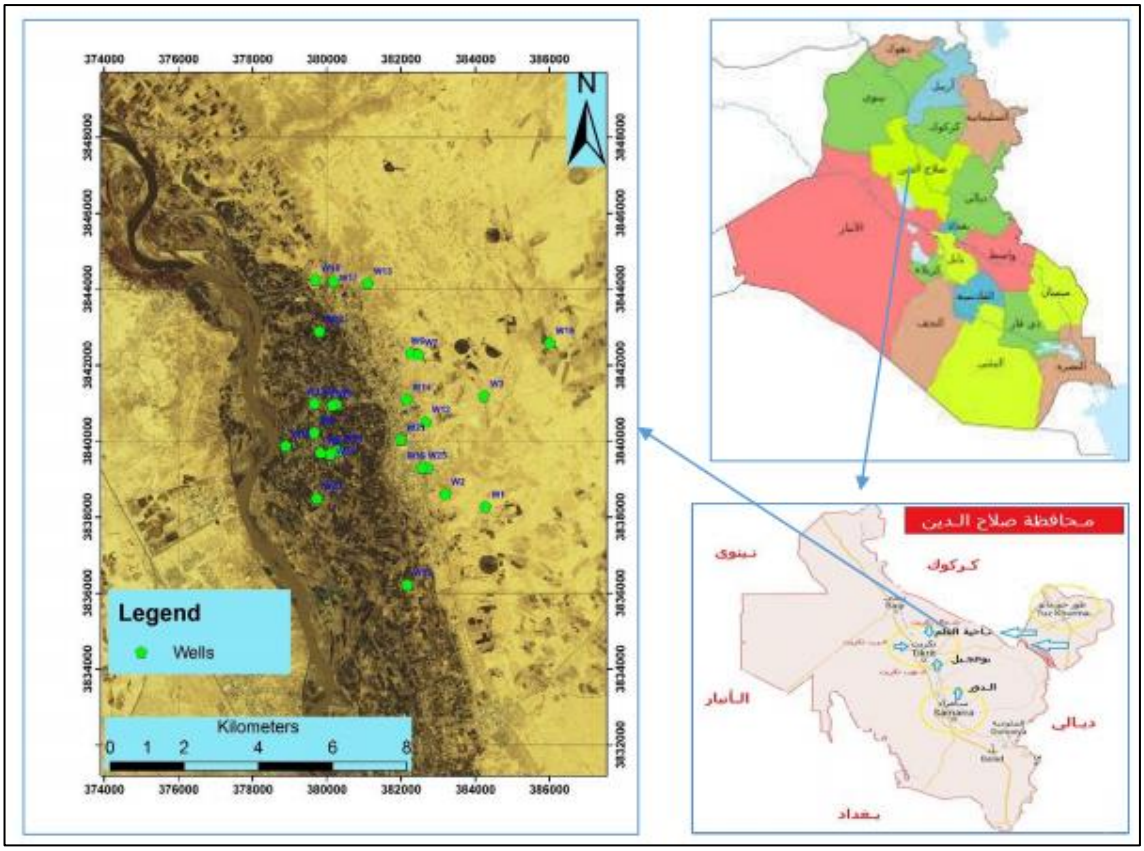
تهدف الدراسة الحالية الى تقييم المخاطر الصحية للأشخاص البالغين والأطفال عند استخدام المياه الجوفية في منطقة العلم في محافظة صلاح الدين عن طريق الابتلاع (الشرب) والتماس الجلدي (الاستحمام) من خلال فحص تراكيز بعض العناصر الثقيلة (Pb, Cd, Ni, Cr). وكذلك حساب مؤشر تلوث العناصر الثقيلة (HPI)، مؤشر تقييم العناصر الثقيلة (HEI) ودرجة التلوث (Cd) في المياه الجوفية.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في ناحية العلم التابعة لقضاء تكريت في محافظة صلاح الدين، على ضفاف نهر دجلة بين خطي طول (٣٧٨٠٠٠ و ٣٨٦٠٠٠) وخطي عرض (٣٨٣٦٠٠٠ و ٣٨٤٦٠٠٠). وتنقسم إلى منطقتين: منطقة السهل الفيضي والتي تشمل جانب النهر وهي عبارة عن بساتين ومناطق زراعية، والمنطقة الديمية التي تقع شرق منطقة السهل الفيضي باتجاه مرتفعات حمرين. تسود منطقة الدراسة الرياح الشمالية الغربية، إلا أنها رياح مغبرة لها تأثير واضح في تشكيل الكثبان الرملية في أشهر الصيف، ونتيجة للتطرف الحراري وقلة التساقط فالمنطقة تشهد ارتفاعاً عالياً في كميات التبخر مما عكس تأثيره الواضح في العجز في الموازنة المائية وبالتالي شحة المياه والاعتماد الكلي على الإرواء سواءً من نهر دجلة أم عن طريق حفر الآبار.

جمع العينات وتحليلها

جمعت عينات المياه الجوفية من ٢٥ بئر في منطقة العلم في شهر شباط لعام ٢٠١٧ ، والمستخدمة لأغراض الشرب وسقي الحيوانات والنباتات والتي حددت مواقعها بنظام تحديد المواقع (GPS) كما موضح بالشكل رقم (١). جمعت العينات بعد تشغيل البئر لمدة ١٥ دقيقة لضمان التخلص من المياه الراكدة في البئر والحصول على مياه الخزان الحقيقية، بقناني من البولي اثيلين لمنع امتزاز العناصر الثقيلة على السطح الداخلي لها، ومن ثم ترشيحها على ورقة ترشيح (0.45 mm) لتنقيتها من المواد العالقة التي حجمها اكبر من ٠,٤٥ mm وضمان الحصول على مواد ذائبة بقياس اقل ومنها العناصر الثقيلة، وللحصول على نتائج دقيقة عند اجراء عملية الفحص وبعدها تحفظ بإضافة حامض النتريك المركز ٩٨% عند pH اقل من ٢ لحين فحصها بجهاز المطياف الذري Atomic Adsorption Spectrophotometry واعتمدت طريقة APHA 1998 [9] للقياس مختبرياً.



شكل (١): موقع الدراسة

موديل تقييم الخطر الصحي Health Risk Assessment Model

هو اداة لتقييم القدرات الحقيقية للنتائج العكسية للملوثات على الانسان والحيوان والنبات والتي تركز على الضرر الذي وقع او سيقع بسبب هذه الملوثات [10].

تقييم المخاطر الصحية يتضمن تقييم انواع ومخاطر وكميات المواد الضارة من خلال تقييم الاستجابة للجرعة والذي يربط بين التعرض للملوثات والخطر المحتمل منها، وايضا تشخيص مكونات النظام البيئي والحياة البرية والانسان واحتمالية تعرضها للملوثات. قد يتعرض الانسان لخطر التلوث بالعناصر الثقيلة من خلال ثلاثة مسارات وتشمل:

ا- الابتلاع (الاكل او الشرب) المباشر.
ب- الاستنشاق بالفم والانف.
ج- التماس الجلدي (الاستحمام).

النوع الاول والثالث هما الاكثر شيوعا في حالة التعرض للمياه. لتحديد مدى الخطورة من التعرض للملوثات عن طريق استخدام المياه الجوفية لغرض الابتلاع (الشرب) او التماس الجلدي (الاستحمام) يمكن تطبيق المعادلات ١ و٢ والتي تم الحصول عليها من منظمة حماية البيئة الامريكية [11]:

$$ADD_{(ing)} = \frac{Cw \times IR \times EF \times ED}{Bw \times AT} \quad (1)$$

$$ADD_{(drm)} = \frac{Cw \times Sa \times Kp \times ET \times EF \times ED \times Cf}{Bw \times AT} \quad (2)$$

ADD: معدل تناول الجرعة من المياه الجوفية لجسم الانسان باليوم mg/kg/day

Bw : معدل وزن الجسم للبالغين 70 kg، للأطفال 15 kg

EF : تكرار التعرض ٣٥٠ day/year

ED: مدة التعرض للبالغ 70 year في الحالات المسرطنة و٣٠ year في الحالات غير المسرطنة ، للأطفال 6 year

IR: معدل تناول الماء للبالغين 2.2 l/day للأطفال 1.8 l/day

Cw: تركيز العنصر الثقيل في الماء mg/L

Sa: مساحة منطقة الجلد المتعرضة للملوث للبالغين 18000 cm^2 و للأطفال 6600 cm^2

Kp: معامل امتصاص الجسم للماء 0.001 $\frac{cm}{hr}$

ET: وقت التعرض $\frac{h}{day}$ للبالغين 0.85 وللأطفال 1.

AT: معدل وقت التعرض AT =ED x365

Cf: عامل تحويل (0.001).

حاصل الخطر Hazard Quotient (HQ)

هو النسبة بين معدل تناول الجرعة في اليوم ADD الى الجرعة المرجعية RfD (التي يعبر عنها بوحدات ملغرام من المادة الكيميائية لكل كيلوغرام من وزن الجسم يوميا

(mg/Kg/day) وتمثل كنقطة مرجعية يمكن من خلالها قياس التأثيرات المحتملة للمادة الكيميائية على الجرعات الأخرى)، الجدول (١) يمثل قيم RfD للعناصر الثقيلة في الدراسة الحالية ، ويحسب من المعادلة التالية [12]:

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \quad (3)$$

إذا كان HQ > ١، فانه يشير إلى إمكانية حدوث التأثيرات غير المسرطنة. يتم حساب مؤشر الخطر Hazard Index (HI) من حاصل جمع HQ لمسارات (الابتلاع والتماس الجلدي) وحسب معادلة (4). قيم HI>١ تشير الى عدم وجود خطر للآثار غير المسرطنة. بينما قيم HI>١ تعني أن هناك احتمال حدوث آثار غير مسرطنة، وتتعزز مع زيادة قيم HI [13]:

$$HI = \sum HQ_{ingestion} + \sum HQ_{dermal} \quad (4)$$

جدول (١): الجرعة المرجعية RfD للعناصر الثقيلة في الدراسة الحالية [14;15;16]

العنصر	RfD, mg/kg/day	
	الابتلاع ingestion	التماس الجلدي dermal
Ni	٢٠	0.8
Cd	0.5	0.025
Pb	1.4	0.42
Cr	3	0.075

مؤشرات تقييم التلوث Pollution Assessment Indices

بصورة عامة، يتم تطبيق مؤشرات تقييم التلوث لتقدير تلوث عينات المياه في منطقة الدراسة. المؤشرات المستخدمة في هذه الدراسة هي مؤشر تقييم العناصر الثقيلة (HEI) ، مؤشر تلوث العناصر الثقيلة (HPI)، ودرجة التلوث (Cd). تستخدم هذه المؤشرات لتقييم نوعية المياه للشرب وكذلك لأغراض الري. توفر طرق HEI و HPI الجودة الشاملة للمياه فيما يتعلق بالعناصر الثقيلة.

مؤشر تقييم العناصر Heavy metal Evaluation Index (HEI)

تعطي طريقة HEI جودة عامة للمياه فيما يتعلق بالعناصر الثقيلة [17] وتحسب على النحو التالي:

$$HEI = \sum [H_c i / (H_{mac})i] \quad (5)$$

حيث يكون H_{mac} أقصى تركيز مسموح به لكل عنصر و H_c تركيز كل عنصر. حسب دراسة إديت وأفيون [17] ، فإن معايير HEI المقترحة للعينات هي كما يلي: منخفض (HEI < ١٠) والمتوسطة (HEI= ١٠-٢٠) وارتفاع (HEI> ٢٠).

مؤشر تلوث المعادن الثقيلة Heavy metal Pollution Index (HPI)

تم تطوير مؤشر HPI من خلال تعيين تصنيف أو وزن (Wi) لكل عنصر مختار. نظام التقييم يعتمد اختياره على أهمية اعتبارات الجودة الفردية أو يمكن تعريفه على أنه يتناسب عكسيا مع القيمة القياسية المسموح بها في حساب HPI لبيانات نوعية المياه الحالية [18;19]، وحدود التركيز ومنها القيمة القياسية المسموح بها (Si) لكل عنصر والتي أخذت من منظمة الصحة العالمية WHO. HPI يتم تحديدها باستخدام العلاقة أدناه [19]:

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^{n} WiQi}{\sum_{i=1}^{n} Wi} \quad (6)$$

حيث Qi المؤشر الفرعي للعنصر i ، Wi وزن العنصر i ويساوي 1/Si و n عدد العناصر. ويحسب المؤشر الفرعي (Qi) بالعلاقة [20] :

$$Qi = \sum \frac{Vi}{Si} x\, 100 \quad (7)$$

حيث Vi و Si القيمة المقاسة والقياسية للعناصر الثقيلة i، على التوالي. تعتبر قيمة مؤشر التلوث الحرجة هي ٧٥، فوق هذه القيمة ليست مناسبة لأغراض الشرب وكما موضحة في الجدول ٢ [20].

جدول (٢): تصنيف نوعية المياه حسب مؤشر HPI [20].

نوعية المياه	قيم HPI
جيد جدا	٠ ـ ٢٥
جيدا	٢٦ ـ ٥٠
مقبول	٥١ ـ ٧٥
غير مقبول لأغراض الشرب	اكثر من ٧٥

٣,٢,٤ درجة التلوث Contamination Degree (Cd)

تؤشر درجة التلوث Cd الآثار المشتركة لعدة معايير للجودة تعتبر ضارة بالمياه المنزلية [21]، وتحسب درجة التلوث من المعادلة أدناه:

$$Cd = \sum_{i=1}^{n} C_{fi} \quad (8)$$

$$C_{fi} = \frac{V_i}{S_i} - 1 \quad (9)$$

حيث C_f تمثل عامل التلوث للعنصر i

درجة التلوث Cd تعبر عن مدى التلوث بالعنصر الثقيل ويمكن تصنيف Cd الى ثلاث فئات [22]: منخفض (Cd<1)، متوسط (Cd= 1-3)، عالي (Cd >3).

النتائج والمناقشة

التحليل الاحصائي للنتائج

يبين الجدول (٣) قيم التراكيز للعينات المأخوذة من جميع الابار في فترة الدراسة، وكذلك تفاصيل التحليل الاحصائي للعناصر الثقيلة في المياه الجوفية حيث كان معدل قيم التراكيز ضمن الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية والمواصفة العراقية ومواصفة منظمة حماية البيئة بالنسبة لعنصري الكروم والنيكل بينما معدل تراكيز عنصري الرصاص والكادميوم فكانت اعلى من حدود المواصفات.

جدول (٣): الوصف الاحصائي لتراكيز العناصر الثقيلة في المياه الجوفية (ppm)

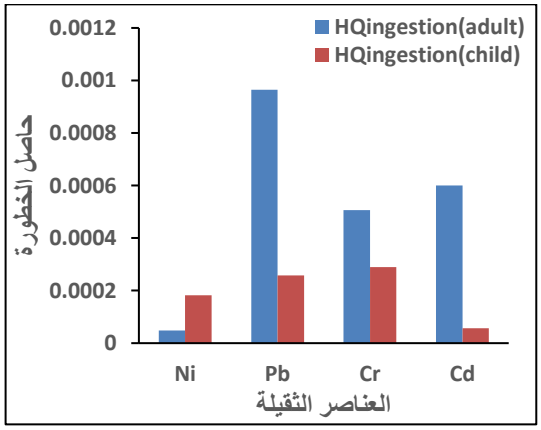
Cd	Ni	Pb	Cr	الابار
0.01	0.04	0.05	0.01	W1
0.01	0.02	0.02	0.04	W2
0.02	0.06	0.07	0.06	W3
0.01	0.07	0.03	0.08	W4
0.02	0.05	0.06	0.02	W5
0.008	0.02	0.07	0.06	W6
0.006	0.01	0.04	0.05	W7
0.009	0.03	0.02	0.07	W8
0.003	0.04	0.09	0.09	W9
0.02	0.01	0.03	0.02	W10
0.01	0.04	0.06	0.01	W11
0.01	0.01	0.04	0.07	W12
0.01	0.04	0.02	0.05	W13
0.009	0.02	0.07	0.04	W14
0.004	0.03	0.08	0.06	W15
0.005	0.01	0.03	0.03	W16
0.008	0.02	0.02	0.05	W17
0.01	0.05	0.01	0.08	W18
0.015	0.06	0.09	0.05	W19
0.015	0.015	0.05	0.09	W20
0.016	0.016	0.03	0.03	W21
0.009	0.04	0.02	0.01	W22
0.003	0.03	0.06	0.07	W23
0.002	0.02	0.04	0.03	W24
0.007	0.04	0.02	0.09	W25
N= 25	N= 25	N= 25	N= 25	
0.0099	0.03164	0.0448	0.05	المعدل
0.005184	0.017385	0.024	0.025897	الانحراف المعياري
0.02	0.07	0.09	0.09	اعلى قيمة
0.002	0.01	0.01	0.01	ادنى قيمة
0.01	0.03	0.04	0.05	الوسيط
0.003	**0.07**	**0.01**	**0.05**	**[23;24]**
0.005	**0.1**	**0.015**	**0.1**	**[25]**

تقييم المخاطر الصحية Health Risk Assessment

ان قيم حاصل الخطر HQ للعناصر الثقيلة (Ni, Pb, Cr, Cd) في مياه ابار منطقة الدراسة ولمسارات التعرض (الابتلاع والتماس الجلدي) < ١ مما يشير الى عدم وجود مخاطر صحية محتملة لتراكيز هذه العناصر على صحة البالغين والأطفال وكما مبين في الاشكال ٢ و٣. من خلال المقارنة بين قيم حاصل خطر الابتلاع HQ_{ing} للأطفال والبالغين (شكل٢) ، نستنتج أن البالغين أكثر عرضة للآثار الصحية الضارة من الاطفال. وهذا يعزى إلى أن البالغين هم أكثر عرضة لاستهلاك مياه الابار عن طريق الابتلاع (الشرب).

بالنسبة لقيم حاصل خطر التماس الجلدي HQ_{drm} للعناصر الثقيلة (Ni, Pb, Cr, Cd) في مياه ابار منطقة الدراسة كانت اقل بكثير من مستوى الأمان ١ لكل من الأطفال والبالغين (شكل ٣)، مبينا عدم وجود مخاطر صحية من خلال التعرض إلى مياه الابار الملوثة بالعناصر عن طريق التماس الجلدي (الاستحمام او السقي).

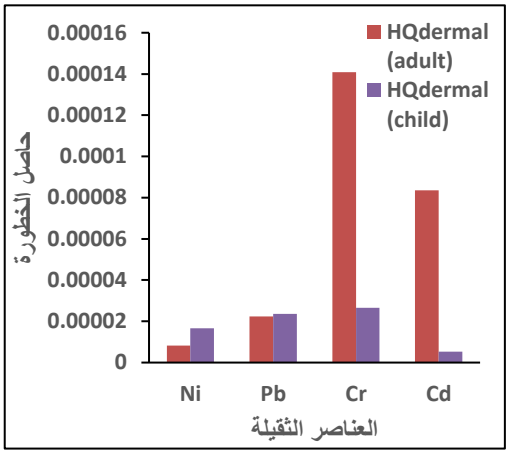
قيم مؤشر الخطر HI لمجموع حاصل خطر الابتلاع + حاصل الخطر التماس الجلدي للعناصر الثقيلة كان اقل من ١ لكل من الأطفال والبالغين، مشيرا إلى عدم وجود مخاطر صحية (شكل٤). من خلال المقارنة بين طرق التعرض (أي الابتلاع والتماس الجلدي)، كان التعرض إلى المياه الجوفية الملوثة بالعناصر الثقيلة عن طريق الابتلاع هو الأكثر خطورة من التماس الجلدي، حيث تصل إلى الجهاز الهضمي بشكل أسرع.



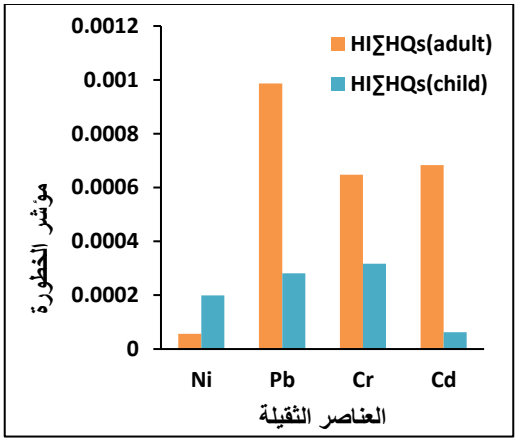
الشكل (٢): يوضح حاصل الخطر $HQ_{ingestion}$ للعناصر الثقيلة (Ni, Pb, Cr, Cd) في منطقة الدراسة

جدول (٤): قيم مؤشرات تقييم التلوث حسب مواقع الابار

HPI	Cd	HEI	الابار
343.0	5.1	9.1	W1
280.9	2.4	6.4	W2
624.7	11.7	15.7	W3
307.7	4.9	8.9	W4
599.6	9.8	13.8	W5
342.1	7.2	11.2	W6
230.2	3.1	7.1	W7
260.4	2.8	6.8	W8
271.1	8.4	12.4	W9
534.0	6.2	10.2	W10
364.3	6.1	10.1	W11
325.5	4.9	8.9	W12
282.6	2.9	6.9	W13
363.8	7.1	11.1	W14
270.2	7.0	11.0	W15
183.8	1.4	5.4	W16
234.9	2.0	6.0	W17
264.3	2.6	6.6	W18
549.4	11.9	15.9	W19
465.7	8.0	12.0	W20
441.5	5.2	9.2	W21
255.7	1.8	5.8	W22
205.1	4.8	8.8	W23
135.3	1.6	5.6	W24
215.7	2.7	6.7	W25
334.1	**5.3**	**9.3**	**average**
624.7	**11.9**	**15.9**	**MAX.**
135.3	**1.4**	**5.4**	**MIN.**



الشكل (٣): يوضح حاصل الخطر HQ_{dermal} للعناصر الثقيلة (Ni, Pb, Cr, Cd) في منطقة الدراسة



الشكل (٤): يوضح مؤشر الخطر HI للعناصر الثقيلة (Ni, Pb, Cr, Cd) في منطقة الدراسة

مؤشرات تقييم التلوث Pollution Assessment Indices

يوضح الجدول (٤) قيم مؤشرات تقييم التلوث، تراوحت قيم HPI لجميع ابار موقع الدراسة بين 135.3 -624.7 (المعدل ٣٣٤,١) وهي قيم أكبر من ٧٥ أي ان المياه غير صالحة لأغراض الشرب، في حين تراوحت قيم درجة التلوث Cd بين ١,٤ - ١١,٩ (المعدل ٥,٣) أي ان ٣٦ % منها تكون درجة التلوث فيها متوسطة بينما ٦٤ % من الابار تكون درجة تلوثها عالية وغير صالحة لأغراض الشرب. قيم HEI تتراوح بين ٥,٤ – ١٥,٩ (المعدل٩,٣) أي ان ٦٠% من مجموع ابار موقع الدراسة تكون ملوثة بالعناصر الثقيلة بدرجة منخفضة (HEI <10) و٤٠% منها تكون ملوثة بدرجة متوسطة (HEI = 10-20) وغير صالحة للشرب.

الجدول (5) يبين معدل تراكيز العناصر الثقيلة في منطقة الدراسة ومؤشرات قيم التلوث لكل عنصر مقارنة مع مواصفات منظمة الصحة العالمية. قيم HPI للنيكل تكون ٤٥,٧١ وهي اقل من قيمة المؤشر الحرجة ٧٥ وتقع ضمن التصنيف الجيد للمياه بينما قيم HPI للعناصر الثقيلة (Cd, Pb, Cr) فتكون اكبر من ٧٥. اما قيم HEI لجميع العناصر تكون اقل من ١٠ أي انها ملوثة بدرجة منخفضة ويمكن استخدامها ولكن بكميات قليلة وبحذر. عند حساب درجة التلوث Cd كانت تساوي اقل من ١ بالنسبة لعنصري Ni, Cr بينما لعنصر Cd كانت اقل من ٣ ولعنصر Pb تجاوزت قيمه ٣.

جدول (٥): معدل التراكيز (ppb) ومؤشرات قيم التلوث

العنصر	Vi	Wi = (1/Si)	Qi	Si	∑WiQi	HEI	Cd	HPI
Cd	10	0.33	333.33	3	111.11	3.33	2.333	333.33
Ni	32	0.01	45.71	70	0.65	0.46	-0.543	45.71
Pb	45	0.10	450	10	45.00	4.50	3.500	450.00
Cr	50	0.02	100	50	2	1	0	100

الاستنتاجات

استنتج من الدراسة الحالي، ان معدل تراكيز العناصر الثقيلة المقاسة في موقع الدراسة، اعلى من مواصفات منظمة الصحة العالمية وخاصة Pb و Cd اما بالنسبة لتراكيز Ni و Cr فتقع ضمن حدود مواصفة WHO. تم تقييم مياه الابار في منطقة الدراسة لأغراض الشرب والاستخدامات المنزلية الأخرى باستعمال موديل تقييم المخاطر الصحية لتراكيز العناصر الثقيلة (Ni, Pb, Cr, Cd) حيث وجد أن قيمة حاصل الخطر HQ للعناصر غير المسرطنة كانت أقل من عامل الأمان ١ ولمسارات التعرض (الابتلاع و التماس الجلدي)، مشيرا إلى عدم وجود مخاطر صحية على كل من الأطفال والبالغين. كما يتبين من خلال تطبيق الموديل أن البالغين هم الأكثر عرضة للمخاطر المحتملة من الاطفال وان التعرض لمخاطر العناصر الثقيلة عن طريق شرب الماء هي أكثر خطورة من طرق التعرض الأخرى المتمثلة بالتماس الجلدي. أيضا تم الاعتماد على مؤشرات تقييم التلوث فكانت قيم HPI اكبر من ٧٥ لجميع المواقع والعناصر الثقيلة ماعدا Ni كانت قيمة المؤشر ٤٥,٧١، اما مؤشر HEI فكانت قيمه اقل من ١٠ وCd تتراوح بين 0.543- الى ٣,٥. أي ان درجة التلوث تتراوح من منخفض الى متوسط لجميع المواقع والعناصر المذكورة في الدراسة بالنسبة لمؤشري HEI و Cd ومياه ملوثة حسب مؤشر HPI لجميع مواقع الدراسة. وهذا يعني ان مياه الابار تحتاج الى معالجة أولية قبل استعمالها لأغراض الشرب.

الرموز

ADD: Average Daily Dose
AT: Average time
Bw: Body weight
Cf: conversion factor
Cw: Concentration in water
ED: Exposure duration
EF: Exposure frequency
ET: Exposure time
H_c: Heavy metal concentration
H_{mac}: Heavy metal maximum admissible concentration
IR: Ingestion rate
Kp: dermal adsorption parameters
Qi: Sub-Index
ᴙfD: Reference Dose
: Body surface area
Si: Standard value of i^{th}
Vi: the monitored value of the i^{th}
WHO: World Health Organization
Wi: Weightage of i^{th}

المصادر

1. Morgenstern, R. D., Shih, J. S., Sessions, S. L., 2000, "Comparative Risk Assessment: An International Comparison of Methodologies and Results", Journal of Hazardous Materials, Vol.78, No.3: p.19-39.
2. Chenini, I., Ben Mammou, A., Turki, M. M., 2008, " Groundwater Resources of a Multi-Layered Aquiferous System in Arid Area: Data Analysis and Water Budgeting", International Journal of Environmental Science & Technology, 5(3): 361–374
3. Tijani MN, Okunola OA, Abimbola AF., 2006," Lithogenic Concentrations of Trace Metals in Soils and Saprolite over Crystalline Basement Rocks: A Case Study from S.W Nigeria", J. Afr. Earth Sci. 46: p. 427-238.
4. Kavcar P., Sofuoglu A. and Sofuoglu, S. C., 2009," A Health Risk Assessment for Exposure to Trace Metals via Drinking Water Ingestion Pathway", Int. J. Hyg. Environ. Health 212: p. 216-227.
5. Cantor, KP., 1997," Drinking Water and Cancer", Cancer Causes Control 8, p. 292-308.
6. Ritter, L., Solomon, K., Sibley, P., Hall, K., Keen, P., Mattu, G., Linton, B., 2002," Sources, Pathways, and Relative Risks of Contaminants in Surface Water and Groundwater: A Perspective Prepared for the Walkerton Inquiry", J. Toxical. Environ. Health Part A 65, p.1-142.
7. Yang, M., Fei, Y., Ju, Y., Ma, Z., Li, H., 2012, " Health Risk Assessment of Groundwater Pollution- A Case Study of Typical City in North China Plain", J. of Earth Sci., Vol. 23, No. 3, p. 335-348.

Akpabuyo-Odukpani Area", Lower Cross River Basin (Southeastern Nigeria). – Geo. Journal 57: p.295-304.

18. Reddy, S.J. ,1995," Encyclopedia of Environmental Pollution and Control. - Environmental Media" , Karela, India.

19. Mohan, S.V., Nithila, P., Reddy, S.J. ,1996," Estimation of Heavy Metal in Drinking Water and Development of Heavy Metal Pollution Index", Journal of Environmental Science and Health 31: p. 283-289.

20. Arulmanikandan, S., Sirajudeen, J. and Manivel, V., 2015, " Heavy Metal Pollution Index of Groundwater of Fathima Nagar Area Near Uyyakondan Channel Tiruchirappalli District, Tamil Nadu, India", World J. of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Vol. 4, No.1: p. 967-975.

21. Backman, B., Bodis, D., Lahermo, P., Rapant, S. Tarvainen ,1997,"Application of A Groundwater Contamination Index in Finland and Slovakia. ", Environmental Geology, 36: p. 55-64.

22. Al-Ami, M.Y., Al-Nakib, S.M., Ritha, N.M., Nouri, A.M., Al-Assina, A., 1987, "Water Quality Index Applied to the Classification and Zoning of Al-Jaysh Canal, Bagdad, Iraq", Journal Environmental Science and Health 22: p.305-319.

23. WHO (World Health Organization), 2011," Guidelines for Drinking-Water Quality". 4th edition. World Health Organization. p.564.

24. Iraqi Standard, 2009,"Iraqi Standard of Drinking Water". No.417; modify-cation No.2.

25.USEPA (US Environmental Protection Agency), 2011, "2011 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories", Office of Water. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC. p. 18.

8. Abed, M. F., 2015, " Environmental Risk Assessment of Industrial District, Baiji Area", P.hD. thesis in Geology (Environmental Geology), College of Science, Baghdad University.

9. APHA, 1998, "Standard method for the examination of water and waste water", 16th Ed. American Public Health Association, American water works association and water pollution control federal, Washington, D.C.

10. Dissanayake C.B and Chandrajith R., 2009, "Introduction to Medical Geology Focus on tropical environments", Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p. 305.

11. USEPA (US Environmental Protection Agency), 2003, "Recommendations of the Technical Review Workgroup for an Interim Approach to Assessing Risks Associated with Adult Exposure to Lead in Soil", Technical Review Workgroup for Lead, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC. p.1-62.

12. USEPA (US Environmental Protection Agency), (2004), “Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment) Final”. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. p.156.

13. Lim H.S, Lee J.S, Chon H.T and Sager M., 2008,"Heavy Metal Contamination and Health Risk Assessment in the Vicinity of the Abandoned Songcheon Au–Ag Mine in Korea", J. Geochem. Explor. 96, p.223–230.

14. Ferreira-Baptista L and De Miguel E., 2005, "Geochemistry and Risk Assessment of Street Dust in Luanda, Angola: A Tropical Urban Environment", Atmospheric Environment, 39, p. 4501-4512.

15. Li S and Zhang Q., 2010, "Risk Assessment and Seasonal Variations of Dissolved Trace Elements and Heavy Metals in the Upper Han River, China", Journal of Hazardous Materials. p.1-8.

16. USEPA (US Environmental Protection Agency), 2013, "Integrated Risk Information System (IRIS)", http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm?fuseaction=iris.showSubstanceList.

17. Edet, A.E., Offiong, O.E., 2002," Evaluation of Water Quality Pollution Indices for Heavy Metal Contamination Monitoring. A Study Case from