

حساب النشاط الإشعاعي لعينات من مياه الابار في مدينة داقوق – محافظة كركوك

م.م. عصام سمين علي كاظم

جامعة تكريت / كلية التربية / طوزخورماتو

E-mail : esamph21@yahoo.com , esam.ali@tu.edu.iq

الخلاصة

استخدمت تقنية مطيافية أشعة كاما – كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة، في هذا البحث حيث حدد النشاط الإشعاعي النوعي لكل من ^{232}Th و ^{137}Cs في النماذج جميعها فكانت أقل من الحد المقبول به عالمياً (B.D.L) والبالغ Bq/L (1) و (0.01) Bq/L على التوالي، وبالنسبة لـ ^{238}U كانت جميعها (B.D.L) عدا موقعين؛ والمعدل العام للفعالية النوعية لـ ^{238}U هي $(0.16 \pm 0.12)\text{Bq/L}$. النتائج الحالية تبين ان معدل الفعالية النوعية لـ ^{238}U في مياه ابار مدينة داقوق هو اعلى من المعدل العالمي للفعالية النوعية والبالغ (0.1) Bq/L. كذلك تم حساب معدلات مؤثرات الخطورة الاشعاعية المتمثلة بفعالية الراديوم المكافئة (Ra_{eq}) Bq/L (2.245)، ودليل خطورة أشعة كاما (I_{γ}) (0.019)، ودليل الخطورة الخارجي (H_{ex}) (0.006)، ودليل الخطورة الداخلي (H_{in}) (0.0064)، ومعدل الجرعة الممتصة في الهواء (D_{γ}) nGy/h (1.205)، والجرعة الفعالة السنوية للتعرض الخارجي $(\text{AEDE}_{\text{out}})$ (0.0059) mSv/y، والجرعة الفعالة السنوية للتعرض الداخلي $(\text{AEDE}_{\text{in}})$ (0.0014) mSv/y، وزيادة مدة خطر الإصابة بالسرطان (ELCR) (5.2×10^{-6}) ، والجرعة الفعالة السنوية الخارجية (AED) (0.0114) mSv/y في نماذج مياه ابار لمدينة داقوق هي أقل من الحد المقبول به عالمياً. وكذلك تم حساب الجرعة الناتجة من ابتلاع مياه الشرب الحاوية على بعض النويدات المشعة وكانت أقل من الحد المسموح والموصي به من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO).

الكلمات المفتاحية : مدينة داقوق ، فعالية الراديوم المكافئة ، الفعالية الاشعاعية ، طيف اشعة كاما.

Calculating of radioactivity of samples of water wells in the city of Daqoq -
Kirkuk

Abstract

The gamma ray spectroscopy of the high purity germanium detector was used in this study, where the specific radioactivity of both ^{232}Th and ^{137}Cs in all models was less than the universally accepted limit (B.D.L) of (1) Bq/L and

(0.01) Bq/L respectively. As for ^{238}U , all were (B.D.L) except at two sites; the overall rate of specific efficacy of ^{238}U was (0.16 ± 0.12) Bq/L. Current results show that the specific efficacy rate of ^{238}U in the waters of Daquq wells is higher than the global average quality which (0.1) Bq/L. Radiological Hazard Effects of the equivalent radium efficiency were also evaluated (R_{eq}) (2.245) Bq/L, and the Activity Concentration Index (I_{γ}) (0.019). The External Hazard Index (H_{ex}) (0.0060) and Internal Hazard Index (H_{in}) (0.0064). Absorbed Dose Rate in Air (D_{γ}) (1.205) nGy/h, Annual Effective Dose Equivalent of external exposure (AEDE_{out}) (0.0059) mSv/y, Annual Effective Dose Equivalent of internal exposure (AEDE_{in}) (0.0014) mSv/y, Excess Lifetime Cancer Risk (ELCR) (5.2×10^{-6}), Annual Effective External Dose (AED) (0.00114) mSv/y. In Daquq wells water samples are less than the universally accepted limit. The resulting dose of ingestion of drinking water containing some radionuclides was also evaluated and it was less than the permissible limit recommended by the World Health Organization (WHO).

Keywords: Daquouq City, Radium Equivalence, Radiation concentrations, Gamma ray spectrometry.

١. المقدمة

الإشعاع هو جزء طبيعي من البيئة التي نعيش فيها وكل إنسان يتعرض للإشعاع عن طريق التربة والمياه والهواء والغذاء [1]. ويمكن تقسيم مصادر الإشعاع عمليا على مصدرين مهمين: الأول هو الإشعاع الطبيعي الموجود في الطبيعة مثل الإشعاع الكوني القادم إلينا من النجوم والشمس والمجرات والإشعاع الموجود أصلا منذ نشأة الكون وهو ما نطلق عليه إشعاع الخلفية الإشعاعية والذي يشمل الإشعاع الموجود في الصخور والمياه والتربة وأجسامنا بشكل طبيعي أيضا. أما النوع الثاني فهو الإشعاع الصناعي وهو من صنع الإنسان ويشمل هذا الأشعة السينية المتولدة في أنبوب الأشعة السينية أو في المعجلات الطبية والبحثية وأشعة كاما وألفا وبيتا المتولدة نتيجة التفاعلات النووية وعمليات التنشيط النيوتروني أو الفوتوني أو التنشيط بواسطة الجسيمات المشحونة والحوادث النووية والمفاعلات النووية وغيرها [2].

يشكل الماء العنصر الأساسي في تهيئة الظروف الملائمة لحياة الإنسان واستمرارها، فهو يتخلل كل خلية من خلايا الكائن الحي، والوسط الذي نعيش فيه. يعد الماء أحد أهم العناصر الطبيعية في كرتنا الأرضية فهو سر الحياة، ويعد من أهم مكونات المادة الحية. ويمثل الماء ٦٣% من وزن جسم الإنسان (متوسط)، وتحتوي عضلات الإنسان على نحو ٨٣% منه. أما جسم الإنسان فيحتاج إلى نحو ٢,٥ لتر يوميا من الماء، ويحصل على هذه الكمية من الأطعمة والمشروبات. ويكون للماء دور أساسي في العمليات الكيميائية الحيوية في الجسم، وتخليصه من الفضلات، ويسهم في تنظيم الجسد بعملية التعرق. ونظرا لأهمية مياه الشرب في الحفاظ على الحياة من جهة، ولتعرض المياه للتلوث بواسطة ملوثات عديدة منها

الكائنات الحية الدقيقة والمعادن والمواد العضوية والمواد المشعة من جهة أخرى، كل ذلك دعا إلى إصدار معايير لقبول مياه الشرب سواء أكانت معايير عالمية أم محلية. وكان التركيز في هذه الدراسة على الجانب الإشعاعي [3].

الجرعات المنخفضة الناجمة عن تناول هذه النويدات المشعة في مياه الشرب يمكن أن تزيد من الخطر الإشعاعي للآثار على المدى الطويل، وتعد نظائر الراديوم (^{228}Ra , ^{226}Ra) هي الأكثر خطورة وتصبح أكثر خطورة في حالة ابتلاعها، بسبب تشابهها في السلوك مع الكالسيوم، وهو عنصر ثابت عادة في العظام، و المصدر الأكثر شيوعاً منها في مياه الشرب فهو ناتج من الاضمحلال الإشعاعي الذي يحدث بصورة طبيعية في سلسلة انحلال اليورانيوم والثوريوم التي توجد في القشرة الأرضية [4].

البوتاسيوم (^{40}K)، وهو عنصر موجود في القشرة الأرضية والمحيطات، وجميع المواد العضوية، وفور دخول (^{40}K) يتصرف في الجسم بالطريقة نفسها التي تتصرف بها نظائر البوتاسيوم المستقرة الأخرى، وإن الإنسان يحتاج إلى البوتاسيوم لمحافظة على العمليات البيولوجية (بما في ذلك ^{40}K) يدخل البوتاسيوم إلى مجرى الدم بعد الابتلاع أو الاستنشاق و يتوزع بسرعة إلى جميع الأعضاء والأنسجة، وإن المخاطر الصحية للبوتاسيوم ترتبط مع تلف الخلايا التي يسبب الإشعاع المؤين الناتج عن التحلل الإشعاعي، وكذلك القدرة العالية له على إصابة الخلايا بالسرطان [5].

تلوث المياه والنشاط الإشعاعي الطبيعي في مياه الشرب يمكن أن ينتج النشاط الإشعاعي في مياه الشرب من المصادر الآتية:

- ١ – النشاط الإشعاعي الطبيعي الناتج من سلاسل اليورانيوم والثوريوم في مياه الشرب.
 - ٢ – الأعمال التكنولوجية التي يمكن أن تزيد تركيز النكليدات المشعة الطبيعية في مياه الشرب.
 - ٣ – انتقال النكليدات المشعة من محطات معالجة الوقود النووي.
 - ٤ – تصنيع النكليدات المشعة كمصادر مفتوحة والتي من المحتمل أن تنتقل إلى مياه الشرب بطريق مقصود أو بنتيجة الاستخدام الخاطئ.
 - ٥ – إطلاق النكليدات المشعة المخطط له أو غير المخطط له إلى البيئة ثم ارتشاحها إلى مياه الشرب.
 - ٦ – إطلاق النكليدات المشعة التي تمت في الماضي إلى البيئة، حيث النظام المائي جزء منه.
- ويُعدُّ الرادون متوسط الانحلالية في المياه، حيث تزداد انحلاليته بنقصان درجة حرارة الماء. وذلك عندما تسير المياه الجوفية الباردة عبر الصخور فإن هذه المياه تمتص كمية لا بأس بها من الرادون. وعندما يسخن الماء أو يحرك فإن كمية كبيرة من الرادون تنفلت وتنتقل إلى الوسط الخارجي [6].

٢. الجانب النظري

بالاعتماد على تراكيز الفعالية لكل من اليورانيوم ^{238}U والثوريوم ^{232}Th والبوتاسيوم ^{40}K تم حساب معاملات الخطورة الآتية:

قيمة التركيز المكافئ لعنصر الراديوم Ra_{eq} الذي يستخدم لتقدير خطر التركيز المتسبب من فعالية ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K بوحدات Bq/kg يحسب من المعادلة الآتية [8,7].

$$Ra_{eq} = A_U + 1.43A_{Th} + 0.077A_K \dots\dots\dots (1)$$

يستخدم معامل تركيز الفعالية I_γ لحساب الخطورة الناشئة عن إشعاع كما المقترن مع النويدات الطبيعية المشعة ($^{40}K, ^{232}Th, ^{238}U$) في العينة المدروسة ويحسب من المعادلة الآتية [10,9].

$$\dots\dots\dots (2) I_\gamma = \frac{A_{Ra}}{150} + \frac{A_{Th}}{100} + \frac{A_K}{1500}$$

المخاطر الخارجية تمثل المخاطر المتأينة من اشعاع كما الطبيعي والهدف من ذلك هو التأكد من عدم تجاوز الجرعة المؤثرة من هذه الاشعة الحدود المسموح بها ويحسب معامل الخطورة من المعادلة الآتية [11,9].

$$\dots\dots\dots (3) H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1$$

ان استنشاق جسيمات الفا المنبعثة من النظائر القصيرة العمر مثل الرادون والثورون التي تكون مصاحبة بأشعة كما بطاقات مختلفة والذي يمكن التعبير عنه بدلالة معامل الخطورة الداخلي (H_{in}) ويحسب بالمعادلة الآتية: [12].

$$H_{in} = \frac{A_{Ra}}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1 \dots\dots\dots (4)$$

يمكن حساب النسبة الكلية للجرعة الممتصة في الهواء بدلالة تراكيز النوى الأرضية من خلال المعادلة الآتية: [9]

$$AD \text{ (nGy/h)} = 0.462A_U + 0.621A_{Th} + 0.0417A_K \dots\dots\dots (5)$$

من أجل حساب الجرعة الفعالة السنوية يجب أن نأخذ بنظر الاعتبار (معامل التحويل من الجرعة الممتصة إلى الجرعة الفعالة وعامل الانشغال الداخلي)، ولحساب الجرعة المؤثرة للعنصر الباعث لأشعة كما في الهواء فإن UNSCER 2000 قد نشرت ثابت التحويل (0.7 Sv/Gy) كعامل للتحويل من الجرعة الممتصة في الهواء إلى الجرعة الفعالة السنوية المستلمة من قبل البالغين واستخدم (0.80) وهو نسبة الوقت الذي يقضى في الداخل و (0.20) هو نسبة الوقت الذي يقضى في الخارج، ومن هذه البيانات وجد أن الجرعة الفعالة السنوية تحسب كالاتي: [11,9].

$$\text{Indoor (mSv/y)} = AD \text{ (nGy/h)} \times 10^{-6} \times 8760 \text{ h/y} \times 0.80 \times 0.7 \text{ Sv/Gy} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Outdoor (mSv/y)} = AD \text{ (nGy/h)} \times 10^{-6} \times 8760 \text{ h/y} \times 0.20 \times 0.7 \text{ Sv/Gy} \dots\dots (7)$$

حيث ان 8760 يشير الى عدد ساعات السنة.

زيادة مدة خطر الإصابة بسرطان يعطي احتمال الإصابة بالسرطان مدى الحياة على مستوى تعرض معين، وهي قيمة تمثل عددا من السرطانات الإضافية المتوقعة في عدد معين من الناس عند تعرضهم لمادة مسرطنة بجرعة معينة، و (ELCR) تحسب من المعادلة (9) إذا افترضنا أن معدل عمر الإنسان ٧٠ عاما [13].

$$\dots\dots\dots (8) ELCR = AEDE \times DL \times RF$$

حيث إن (AEDE): مكافئ الجرعة الفعالة السنوي والذي يحسب من معادلة (10).

$$\dots\dots\dots (9) AEDE = AD \times 1.23 \times 10^{-3}$$

DL: متوسط عمر الإنسان (يقدر بـ ٧٠ عاما).

RF: عامل الخطر بوحدة (Sv^{-1})، وخطر الإصابة بسرطان مميت لكل سيفرت، وإن الإشعاعات الخلفية ذات الجرعة المنخفضة تولد آثارا عشوائية، وتعتمد اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية (International Commission on Radiological Protection) القيمة (0.05) لتعرض الناس عامة [14].

يمكن حساب الجرعة الفعالة السنوية الخارجية من خلال استخدام المعادلة الآتية [15]:

$$0.7 \text{ Sv/Gy} \times 8760 \text{ h/y} \text{ EAD} = (0.92A_U + 1.1A_{Th} + 0.08A_K) \times 10^{-9} \text{ Gy/h} \times \dots\dots\dots (10) \times 0.8 \dots$$

٣. التعرض للإشعاع من ابتلاع مياه الشرب

Inhalation exposure through ingestion of drinking water

إن ابتلاع النويدات المشعة يعتمد على معدلات الاستهلاك من الغذاء والماء وعلى تركيزات النويدات المشعة، وقدرت الجرعة الفعالة السنوية (AED_{dw}) نتيجة لابتلاع عينات مياه الشرب لتقييم المخاطر الإشعاعية لسكان (الرضع والأطفال والكبار)، وقدرت (1msv) باستخدام تراكيز النويدات المشعة، ومعاملات جرعة واستهلاك المياه السنوي على النحو التالي [16]:

$$AED_{dw} = A \times DCF \times C_{Rw} \dots\dots\dots (11)$$

حيث: A تراكيز النويدات المشعة (^{228}Ac , ^{214}Bi , ^{40}K , ^{137}Cs) ب (mBq/l) [17].

DCF: عوامل تحويل الجرعة ووحدته (Sv/Bq) كما موضح في الجدول (١) [18].

C_{Rw} : معدل استهلاك مياه الشرب ووحدته (l/y) كما موضح في الجدول (٢) [19].

الجدول (١): عامل تحويل الجرعة لابتلاع النويدات المشعة في مياه الآبار (Sv/Bq)

العنصر	≥1 year	1 year	5 year	10 year	15 year	Adult
⁴⁰ K	5.2×10^{-8}	4.2×10^{-8}	2.1×10^{-8}	1.3×10^{-8}	7.6×10^{-9}	6.2×10^{-9}

الجدول (٢) معدل استهلاك مياه الشرب في السنة (1/y)

الاعمار	≥1 year	1 year	5 year	10 year	15 year	Adult
$l.y^{-1}$	٢٥٠	٢٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٥٤٠	٧٣٠

٤. الجانب العملي

تمثل بجمع نماذج مياه الآبار وعددها ١٠ نموذجاً من قضاء داقوق – محافظة كركوك، ثم جُمعت النماذج في الحاوية البلاستيكية، ووجدنا من المناسب أن يكون حجم عينة الماء (٥) لتر لكل عينة، ولملائمة العمل جرى تركيز العينات من (٥) لترات لكل عينة إلى لتر واحد باستعمال طريقة التبخير وذلك بتسخين العينة لدرجة $(100)^\circ\text{C}$ ، وعملية التركيز تساعد في زيادة حد الكشف عن النويدات المشعة في النماذج. وجرى التحليل الكمي والنوعي لنماذج مياه الآبار باستعمال كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة بواقع ساعة واحدة. وحساب الفعالية النوعية للنويدات المشعة الطبيعية المتمثلة باليورانيوم ²³⁸U والثوريوم ²³²Th والپوتاسيوم ⁴⁰K والصناعية المتمثلة بالسيزيوم ¹³⁷Cs، رتبت النتائج بجدول بحسب نوع النموذج. ورسم الخريطة لمنطقة الدراسة كما موضح في الشكل (١) والجدول (٣) يبين مواصفات آبار مدينة داقوق التي أُخذت منها العينات.

الجدول (٣): المناطق التي جمعت منها مياه الآبار من مدينة داقوق – محافظة كركوك

رمز النموذج	اسم المنطقة	عمق البئر	تاريخ الحفر	استخدام المياه
W ₁	قرية جوركة	٦٨م	٢٠١٠	للشرب والزراع
W ₂	قرية جوركة	١٠٠م	٢٠١٠	للشرب
W ₃	داخل قرية الامام	٩٠م	١٩٩٧	للشرب
W ₄	خارج قرية الامام	١٠٠م	١٩٩٣	للشرب والزراع
W ₅	طريق الجسر العثماني	١٣٠م	٢٠١٤	للشرب
W ₆	الكليسة	١٢٠م	٢٠٠٣	للشرب والزراع
W ₇	امام الهوا	١٠٠م	٢٠٠٣	للشرب

للشرب	٢٠٠٧	٨٠م	حي الصناعي	W ₈
للشرب	١٩٩٧	١٠٠م	قرية السنور	W ₉
للشرب والزرع	٢٠١٦	١٠٠م	خارج قرية السنور	W ₁₀



الشكل (١) خارطة توضح منطقة الدراسة

٥. النتائج والمناقشة

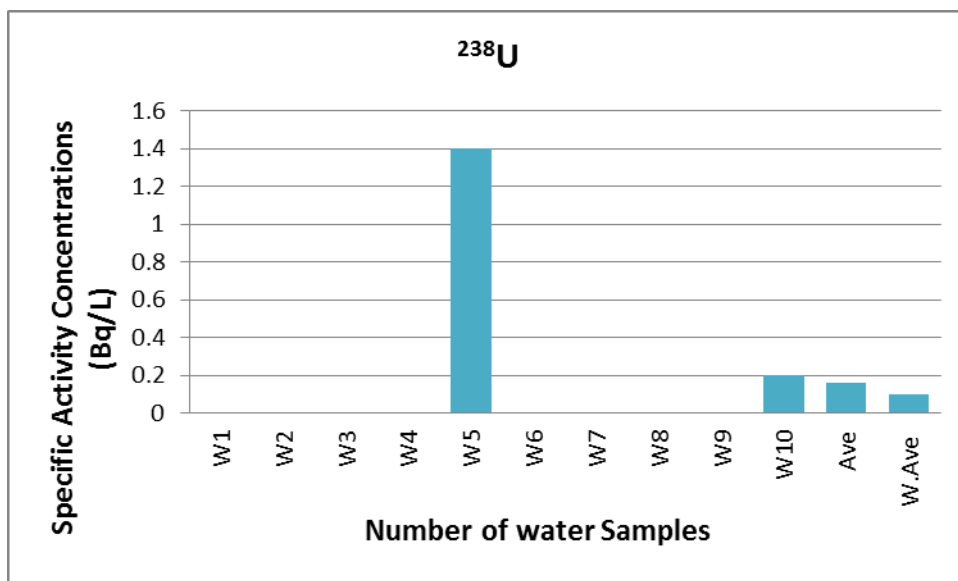
١,٥. تقييم الفعالية الاشعاعية لنماذج المياه

يوضح الجدول (4) النتائج المستحصلة لمستويات الفعالية النوعية للنظائر المختلفة في نماذج مياه الآبار والبالغة (10) نموذجاً مختارة من قضاء داقوق. مستويات الفعالية النوعية للثوريوم ^{232}Th والسيزيوم ^{137}Cs في نماذج مياه آبار جميعها (B.D.L.)، وهو أقل من الحد المقبول به والبالغ (1) Bq/L و(0.01) Bq/L على التوالي [22]. الفعالية النوعية لليورانيوم ^{238}U في مياه الآبار كانت جميعها أقل من حد الكشف (B.D.L.)؛ عدا الموقعين (W₁₀, W₅)، والمعدل العام للفعالية النوعية لليورانيوم ^{238}U (0.16±0.12) Bq.L⁻¹. النتائج الحالية تبين أن معدل الفعالية النوعية لليورانيوم ^{238}U في مياه آبار مدينة داقوق وهو أعلى من المعدل العالمي للفعالية النوعية لليورانيوم ^{238}U والبالغ (0.1) Bq.L⁻¹ كما موضح في الشكل (٢) [21,20].

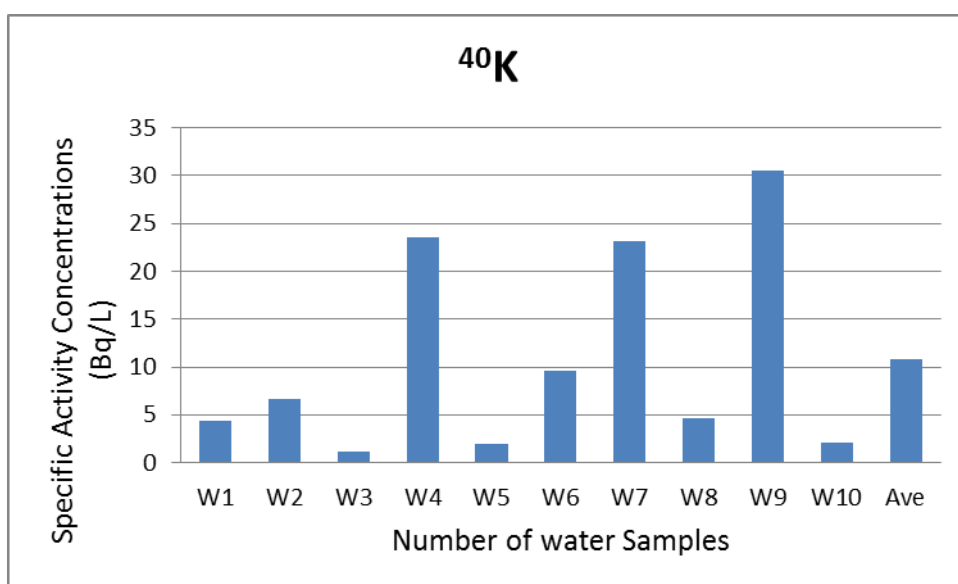
مستويات الفعالية النوعية للبيوتاسيوم ^{40}K في مياه آبار دافوق كانت تتراوح بين أقل قيمة $(4.6 \pm 1.2)\text{Bq.L}^{-1}$ في النموذج (W_3) وأعلى قيمة $(64.6 \pm 30.5)\text{Bq.L}^{-1}$ في النموذج (W_9) وبمعدل $(27.34 \pm 10.76)\text{Bq.L}^{-1}$ كما مبين في الشكل (٣).

الجدول (4): مستويات الفعالية النوعية للنويدات المختلفة في نماذج مياه الآبار من قضاء دافوق

رمز النموذج	^{238}U Bq.L^{-1}	^{232}Th Bq.L^{-1}	^{40}K Bq.L^{-1}	^{137}Cs Bq.L^{-1}
W_1	B.D.L	B.D.L	36.6 ± 4.3	B.D.L
W_2	B.D.L	B.D.L	27.4 ± 6.7	B.D.L
W_3	B.D.L	B.D.L	4.6 ± 1.2	B.D.L
W_4	B.D.L	B.D.L	28.2 ± 23.5	B.D.L
W_5	1.4 ± 1.1	B.D.L	4.8 ± 2	B.D.L
W_6	B.D.L	B.D.L	47.6 ± 9.6	B.D.L
W_7	B.D.L	B.D.L	46 ± 23.1	B.D.L
W_8	B.D.L	B.D.L	8.6 ± 4.6	B.D.L
W_9	B.D.L	B.D.L	64.6 ± 30.5	B.D.L
W_{10}	0.2 ± 0.1	B.D.L	5 ± 2.1	B.D.L
أقل قيمة	B.D.L	B.D.L	4.6 ± 1.2	B.D.L
أعلى قيمة	1.4 ± 1.1	B.D.L	64.6 ± 30.5	B.D.L
المعدل	0.12 ± 0.16	B.D.L	27.34 ± 10.76	B.D.L
[22] الحد المقبول	0.1	1		0.01



الشكل (2) مستويات الفعالية النوعية لليورانيوم ^{238}U نماذج مياه الابار مختارة من قضاء داقوق



الشكل (3) مستويات الفعالية النوعية للبتاسيوم ^{40}K في نماذج مياه الابار مختارة من قضاء داقوق

٢,٥. تقييم مؤثرات الخطورة الاشعاعية لنماذج المياه

من خلال الجدول (٥) نلاحظ أن مكافئ الراديوم (Ra_{eq}) والذي حسب من المعادلة (1) تراوحت قيمه من أقل قيمة 0.354 Bq.L^{-1} في النموذج (W_3) وأعلى قيمة له 4.974 Bq.L^{-1} في النموذج (W_9) وبمعدل 2.245 Bq.L^{-1} وهو أقل من الحد العالمي المسموح به والبالغ 370 Bq.L^{-1} [23]، ومعامل مستوى كما الذي حسب باستخدام المعادلة (2) تراوحت قيمته بين أقل قيمة 0.00306 في النموذج (W_3) وأعلى قيمة له 4.974 في النموذج (W_9) وبمعدل 0.01916 وهو أقل من الحد العالمي المسموح به والبالغ (1) [23]، ومعامل الخطورة الخارجي الذي حسب باستخدام المعادلة (3) تراوحت قيمته بين أقل قيمة 0.00096 في النموذج (W_3) وأعلى قيمة له 0.01343 في النموذج (W_9) وبمعدل

(0.00606) وهو أقل من الحد العالمي المسموح به والبالغ (1) [24]، ومعامل الخطورة الداخلي الذي حسب باستخدام المعادلة (4) تراوحت قيمته بين أقل قيمة (0.00096) في النموذج (W_3) وأعلى قيمة له (0.01343) في النموذج (W_9) وبمعدل (0.00644) ، وهو أقل من الحد العالمي المسموح به والبالغ (1) [24]، ومعدل الجرعة الممتصة في الهواء حسب من المعادلة (5) حيث تراوحت قيمته بين أقل قيمة 0.192 nGy.h^{-1} في النموذج (W_3) وأعلى قيمة 2.694 nGy.h^{-1} في النموذج (W_9) وبمعدل 1.205 nGy.h^{-1} ، وهو أقل من الحد العالمي المسموح به والبالغ (84) [26,25]، ومعدل الجرعة الفعالة السنوية للتعرض الداخلي حسب من المعادلة (6) تراوحت قيمته بين أقل قيمة $0.00094 \text{ mSv.y}^{-1}$ في النموذج (W_3) وأعلى قيمة $0.01321 \text{ mSv.y}^{-1}$ في النموذج (W_9) وبمعدل $0.00591 \text{ mSv.y}^{-1}$ ، وهو أقل من المعدل العالمي المسموح والبالغ 0.5 mSv.y^{-1} [26,25]، ومعدل الجرعة الفعالة السنوية للتعرض الخارجي حسب من معادلة (7) تراوحت قيمته بين أقل قيمة $0.00024 \text{ mSv.y}^{-1}$ في النموذج (W_3) وأعلى قيمة $0.0033 \text{ mSv.y}^{-1}$ في النموذج (W_9) وبمعدل $0.00148 \text{ mSv.y}^{-1}$ ، وهو أقل من المعدل العالمي المسموح والبالغ 0.07 mSv.y^{-1} [26,25]، وزيادة مدة الإصابة بالسرطان حسب من المعادلة (8) وتراوحت قيمتها بين أقل قيمة (8×10^{-7}) في النموذج (W_3) وأعلى قيمة (116×10^{-7}) في النموذج (W_9) وبمعدل (52×10^{-7})، وهو أقل من المعدل العالمي المسموح والبالغ (0.29) [21,20]، وحساب الجرعة الفعالة السنوية الخارجية من خلال استخدام المعادلة (10) وتراوحت قيمتها بين أقل قيمة 0.0018 mSv/y في النموذج (W_3) وأعلى قيمة 0.0254 mSv/y في النموذج (W_9) وبمعدل 0.0114 mSv/y ، وهو أقل من المعدل العالمي المسموح والبالغ (1.5) mSv/y [20].

الجدول (5): قيم معاملات الخطورة لكل من تركيز مكافئ الراديوم (R_{aeq})، ومعامل تركيز الفعالية (I_γ)، ومعامل الخطورة الداخلي (H_{in}) والخارجي (H_{ex})، وقيم كل من الجرعة الممتصة في الهواء (D_γ)، والجرعة الفعالة السنوية الداخلية ($AEDE_{indoor}$) والخارجية ($AEDE_{outdoor}$)، وزيادة معدل الإصابة بالسرطان (ELCD) والجرعة الفعالة السنوية الخارجية (AED) في نماذج مختارة من مياه الآبار من قضاء دافوق – محافظة كركوك.

Number of water Samples	Raeq (Bq / L)	I_γ	Hazard Index		ADR (nGy/h)	Annual Effective Dose (mSv/y)		ELCR 10^{-3}	External Annual Dose (mSv/y)
			H_{ex}	H_{in}		EDE_{out}	$AEDE_{in}$		
W_2	2.110	0.01827	0.00570	0.00570	1.143	0.00561	0.00140	0.0049	0.0108
W_3	0.354	0.00307	0.00096	0.00096	0.192	0.00094	0.00024	0.0008	0.0018
W_4	2.171	0.01880	0.00586	0.00586	1.176	0.00577	0.00144	0.0051	0.0111

W ₅	1.770	0.01253	0.00478	0.00857	0.847	0.00415	0.00104	0.0036	0.0082
W ₆	3.665	0.03173	0.00990	0.00990	1.985	0.00974	0.00243	0.0085	0.0187
W ₇	3.542	0.03067	0.00956	0.00956	1.918	0.00941	0.00235	0.0083	0.0181
W ₈	0.662	0.00573	0.00179	0.00179	0.359	0.00176	0.00044	0.0015	0.0034
W ₉	4.974	0.04307	0.01343	0.01343	2.694	0.01321	0.00330	0.0116	0.0254
W ₁₀	0.385	0.00333	0.00104	0.00104	0.209	0.00102	0.00026	0.0009	0.0020
Min	0.354	0.003067	0.00096	0.00096	0.192	0.00094	0.00024	0.0008	0.0018
Max	4.974	0.04307	0.01343	0.01343	2.694	0.01321	0.00330	0.0116	0.0254
Ave	2.245	0.01916	0.00606	0.00644	1.205	0.00591	0.00148	0.0052	0.0114
W.Ave	370	1	1	1	84	0.5	0.07	0.2900	1.5

٣,٥. حساب الجرعة المؤثرة السنوية من ابتلاع مياه الشرب

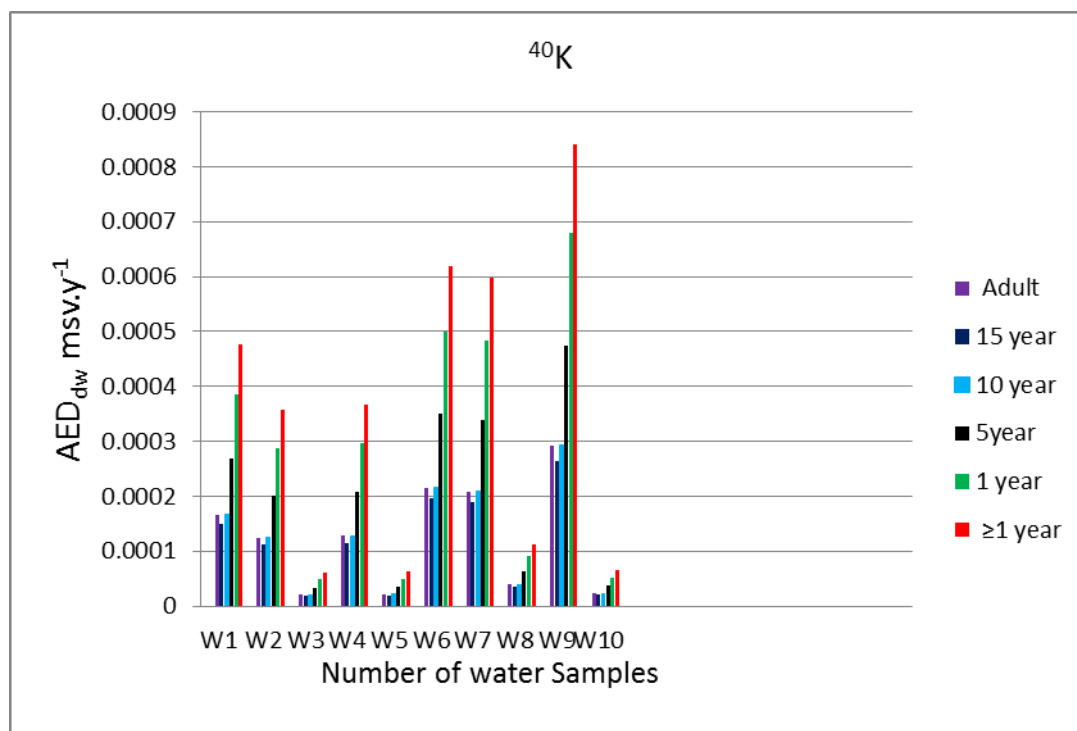
Calculation of annual effective dose from ingestion drinking water

حسبت الجرعة المؤثرة السنوية الناتجة من ابتلاع مياه الشرب من المعادلة (١١) وباعتماد على الجدولين (٢١) و (٢٠)، حيث حسبت الجرعة المؤثرة لكل عنصر وللأعمار المذكورة وكما مبين في الجدول (٦) والشكل (4) الجرعة المؤثرة لعنصر البوتاسيوم ⁴⁰K ولأعمار مختلفة.

الجدول (٦) الجرعة المؤثرة السنوية من ابتلاع مياه الشرب لعنصر البوتاسيوم

Sample No	⁴⁰ K	≥1 year	1 year	5 year	10 year	15 year	Adult
W ₁	36.6	4758*10 ⁻⁷	3843*10 ⁻⁷	26901*10 ⁻⁸	16653*10 ⁻⁸	50206.4*10 ⁻⁹	65651.6*10 ⁻⁹
W ₂	27.4	3562*10 ⁻⁷	2877*10 ⁻⁷	20139*10 ⁻⁸	12467*10 ⁻⁸	12449.6*10 ⁻⁹	24012.4*10 ⁻⁹
W ₃	4.6	598*10 ⁻⁷	483*10 ⁻⁷	3381*10 ⁻⁸	2093*10 ⁻⁸	18878.4*10 ⁻⁹	20819.6*10 ⁻⁹
W ₄	28.2	3666*10 ⁻⁷	2961*10 ⁻⁷	20727*10 ⁻⁸	12831*10 ⁻⁸	15732.8*10 ⁻⁹	27633.2*10 ⁻⁹
W ₅	4.8	624*10 ⁻⁷	504*10 ⁻⁷	3528*10 ⁻⁸	2184*10 ⁻⁸	19699.2*10 ⁻⁹	21724.8*10 ⁻⁹
W ₆	47	6188*10	4998*10 ⁻⁷	34986*10 ⁻⁸	21658*10	195350.4*1	215437.6*1

	.6	⁻⁷			⁻⁸	⁰⁻⁹	⁰⁻⁹
W ₇	46	598*10 ⁻⁶	483*10 ⁻⁶	3381*10 ⁻⁷	2093*10 ⁻⁷	188784*10 ⁻⁹	208196*10 ⁻⁹
W ₈	8. 6	1118*10 ⁻⁷	903*10 ⁻⁷	6321*10 ⁻⁸	3913*10 ⁻⁸	35294.4*10 ⁻⁹	38923.6*10 ⁻⁹
W ₉	64. .6	8398*10 ⁻⁷	6783*10 ⁻⁷	47481*10 ⁻⁸	29393*10 ⁻⁸	265118.4*10 ⁻⁹	292379.6*10 ⁻⁹
W ₁₀	5	65*10 ⁻⁶	525*10 ⁻⁷	3675*10 ⁻⁸	2275*10 ⁻⁸	2052*10 ⁻⁸	2263*10 ⁻⁸



الشكل (4) الجرعة المؤثرة السنوية لعنصر البوتاسيوم ⁴⁰K في نماذج مياه الشرب

٦. الاستنتاجات

جرى في هذه الدراسة قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي والصناعي في نماذج مياه الآبار والتي كانت الفعالية النوعية للثوريوم ²³²Th والسيزيوم ¹³⁷Cs في النماذج جميعها (B.D.L)، وبالنسبة لليورانيوم ²³⁸U كانت جميعها (B.D.L) عدا عند الموقعين (W₅ , W₁₀)؛ النتائج الحالية تبين ان معدل الفعالية النوعية لليورانيوم ²³⁸U في مياه آبار مدينة داقوق وهو أعلى من المعدل العالمي للفعالية النوعية لليورانيوم ²³⁸U والبالغ ²³⁸U (0.1)Bq. L⁻¹ [21,20].

وإن معدلات مؤثرات الخطورة الإشعاعية المتمثلة بفعالية الراديوم المكافئة، ودليل الخطورة لأشعة كاما، ودليل الخطورة الخارجي والداخلي، ومعدل الجرعة الممتصة في الهواء، والجرعة الفعالة السنوية للتعرض الخارجي، والجرعة الفعالة السنوية للتعرض الداخلي، وزيادة مدة خطر الإصابة بالسرطان، والجرعة الفعالة السنوية الخارجية في نماذج مياه آبار لمدينة داقوق هي أقل من الحد المقبول به عالمياً [26,24,20]. كما إن الجرعة المؤثرة السنوية الناتجة من ابتلاع مياه الشرب الحاوي على بعض النويدات المشعة ونويده صناعية هي أقل من الحد العالمي المسموح به دولياً والبالغ 1000msv.y^{-1} [27].

المصادر

- [1] Green, B.M.R., Lomas, P.R., O'Riordan, M.C. "Radon in dwellings in England" National Radiological Protection Board, NRPB-R254 Hmso, London,1992.
- [2] الاحمدي ، د. خالد عبيد ، "مقدمة في الفيزياء الصحية". جامعة الموصل ١٩٩٣ .
- [3] Chirinian, H. "First impression: The human body". Mahwah, NJ: Watermill Press. 1989
- [4] Martí'n Sanchez, A., Rubio Montero, M. P., Gomez Escobar, V., and Jurado Vargas, M. "Radioactivity in bottled mineral waters". Applied Radiation and Isotope, 50, 1049-1055. 1999.
- [5] S. G. Landsberger, and G.George, "An evaluation of Ra226 and Ra228 in drinking water in several counties in Texas, USA". Journal of Environmental Radioactivity, 125, 2,5 . 2013.
- [6] Weiffenbach C. V. "Radon, Water, Air Pollution: Risks and Control". Land and Water Resources Centre, University of Maina at Orono. 1982
- [7] Vosniakos F., Zavalariis K. and Papaligas T. "Indoor concentration of natural radioactivity and the impact to human health", Journal of Environ. Protect. Ecol., Vol. 4, No. 3, PP. 733-737 .2003.
- [8] Beretka J. and Mathew P.J., "Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and byproducts", Journal of Health Physics, Vol. 4 No. 8, PP. 87-95 .1985.

[9] Mirjana B. and Scepan S., “Radioactivity of sand from several renowned public beaches and assessment of the corresponding environmental risks” ,Journal of the Serbian Chemical Society ,Vol.74,No.4,PP.461-470, 2009.

[10] Papadopoulos A., Christofides G., Koroneos A.,Papadopoulou L., Papastefanou C. and Stoulos S., “Natural radioactivity and radiation index of the major plutonic bodies in Greece”, Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 12, No. 4,PP:227-238, 2013.

[11] Jose A., Jorge J., Cleomacio M., Sueldo V. and Romilton D. S., “Analysis of the K-40 levels in soil using gamma spectrometry”, Journal of Brazilian archives of biology and technology, Vol. 48, PP. 221-228, 2005.

[12] Hamid B., Chowdhry I. and Islam M., “Study of the nature radionuclides concentration in area of elevated radiation protection and dosimetry”, Journal of Radiation Protection Dosimetry, Vol.98, No. 2, PP. 227-230, 2002.

International Atomic Energy Agency (IAEA), “Radiation, people and the [13] environment: A broad view of ionizing radiation, its effects and uses as well as the measures in place to it safely”, Division of Radiation and Waste Safety, IAEA Vienna, Austria, 2004.

[14] Office of Radiation and Indoor Air “EPA Assessment of Risks from Radon in Homes”, US Environmental Protection Agency, 2003.

[15] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, “Sources and Effects of Ionizing Radiation”, General Assembly, UNSCEAR, United Nations, 1993.

[16] United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation. “Sources and effects of ionizing radiation”. General Assembly, vol. 1, Annex B. UNSCEACAR, 2000.

[17] Lu Yanchou, Z.Jingzhao, X.Jun & W.Xueli, “TL dating of pottery sherds and baked soil from the Xian Terracota army site, Shaanxi Province, China”, Nuclear Tracks & Radiation Measurements, Vol.14, Nos. 1-2, p. 283-286,1988.

[18] H.M. Taskin, P. Karavus, A. Ay, S. Touzogh and G. Hindiroglu, Karaham, Journal of Environmental Radioactivity, 100, 49-53, 2009.

[19] WHO “Guidelines for drinking-water quality”. WHO “Library Cataloguing-in-Publication Data”, NLM classification: WA 675, Geneva (4th ed.), World Health Organization, 2011.

[20] Cottens E., “In: Proceeding of the Symposium on SRBII, Journee Radon” , Royal Society of Engineers and Industrials of Belgium, Brussels, 1990.

[21] Tawfiq, N. F., Mansour, H. L. and Karim, M. S., “ Natural Radioactivity in Soil Samples For Selected Regions in Baghdad Governorate”, International Journal of Recent Research and Review, Vol. VIII, No.1, pp:1-7 ,2015.

[22] "وزارة البيئة، مركز الوقاية من الاشعاع، قسم الرقابة الاشعاعية"، ٢٠١٢.

[23] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation “Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiations”. New York: United Nations Publication, UNSCEAR. Report, 2000.

[24] Y. Orgun, N. Altinsoy, S.Y. Sahin, Y. Gungor, A.H. Gultekin, G. Karaham and Z. Karaak, “Applied Radiation and Isotopes”, 65 ,739-747, 2007.

[25] Al-Ubaidi, A. M., “ Environmental Radioactivity of Al-Rashidiyah Site - Baghdad”, Ph.D. Thesis, University of Baghdad, College of Science for Women, 2015.

[26] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, “Sources and Effects of Ionizing Radiation”, General Assembly, New York, Vol.1, 2000.

[27] WHO, “Handbook on Indoor Radon”: A Public Health Perspective, ISBN 9789241547673 World Health Organization, 2009.