# تقييم النشاط الإشعاعي الطبيعي في عينات من السيراميك والبورسلين باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe)

فاضل عزالدين الشريف[1]* ، عائشة عبدالحفيظ عبدالله [2] ، مسعودة محمد الشلواح [3]
[1] الاكاديمية الليبية - طرابلس
[2]جامعة صبراتة
[3] مركز القياسات الاشعاعية
*E.mail:fadel.sharif@academy.edu.ly

**الملخص**: أجريت هذه الدراسة لتحديد مستويات تركيز النشاط الإشعاعي الطبيعي لعدد 30 عينة تجارية مختلفة لبلاط كل من السيراميك والبورسلين وذلك باستخدام مطيافية أشعة جاما التي تتضمن كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة. أظهرت نتائج الدراسة أن مستويات تركيز النشاط الإشعاعي الطبيعي لكل من $Ra^{226}$، $Th^{232}$، $K^{40}$، تراوحت من 34.181 $Bq/Kg$ إلى 143.49 $Bq/Kg$ ، ومن 25.132 $Bq/Kg$ إلى 93.426 $Bq/Kg$ ، ومن 251.40 $Bq/Kg$ إلى 1283.74 $Bq/Kg$ على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، تم تقييم المخاطر الإشعاعية الناتجة عن التعرض للإشعاع الطبيعي للعينات وذلك من خلال حساب مكافئ الراديوم، ومعدل الجرعة الممتصة في الهواء، ومعدل الجرعة الفعالة السنوية، وكذلك حساب مؤشر الخطر الخارجي والداخلي. تم حساب نشاط مكافئ الراديوم−226 $(Ra_{eq})$ وكانت القيم المحسوبة أقل من القيمة الموصي بها من قبل منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية والبالغة 370 $Bq/Kg$.كما أظهرت النتائج أن قيم معدل الجرعة الممتصة لجميع العينات كانت أعلى من القيمة الموصي بها عالمياً والبالغة 55nGy/h .قيم معدل الجرعة الفعالة السنوية لجميع العينات المدروسة كانت أقل من القيمة الموصي بها وهي 1 $mSv/y$. أوضحت النتائج أن قيم مؤشر الخطر الخارجي$(H_{ex})$ تقع ضمن القيمة الموصي بها عالمياً أي أقل من الواحد، بينما قيم مؤشر الخطر الداخلي $(H_{in})$ لعينة بورسلين سعودي المنشأ، وكذلك بعض عينات السيراميك المستورد من الجزائر وتونس كانت أعلى من الواحد.

**الكلمات المفتاحية** : السيراميك ، البورسلين ، النشاط الاشعاعي ، معدل الجرعة ، الجرعة الفعالة ، مؤشرات الخطر

# Evaluation of natural radioactivity in ceramic and porcelain samples using a high-purity germanium detector (HPGe)

Fadel Al-Sharif[1*], Aisha Abdullah[2], Masouda Al-Shalwah[3]
1.Physics department of Libyan Academy - Tripoli- Libya
2. Physics department of Sabratha University,Sabratha - Libya
3. Radiation Measurements Center- Tripoli -Libya
*E.mail:fadel.sharif@academy.edu.ly

**Abstract:** This study was conducted to determine the natural radioactivity concentrations of 30 different commercial samples of ceramic and porcelain tiles using gamma ray spectrometry with a high-purity germanium detector. The results of the study showed that the natural radioactivity concentrations of 226 Ra, 232 Th, and 40 K ranged from 34.181 Bq/kg to 143.49 Bq/kg, 25.132 Bq/kg to 93.426 Bq/kg, and 251.40 Bq/kg to 1283.74 Bq/kg, respectively. The radiation hazards resulting from natural radiation exposure of the samples were evaluated by calculating the radium equivalent, the airborne absorbed dose, the annual effective dose, and the outdoor and indoor hazard index. The radium-226 equivalent activity (Ra_eq) was calculated, and the calculated values were lower than the OECD recommended value of 370 Bq/kg. The results also showed that the absorbed dose rate values for all samples were higher than the internationally recommended value of 55 nGy/h. The annual effective dose rate values for all studied samples were lower than the recommended value of 1 (mSv)/y. The results showed that the external hazard index (H_ex) values were within the internationally recommended value, i.e., less than one, while the internal hazard index (H_in) values for a Saudi-made porcelain sample, as well as some ceramic samples imported from Algeria and Tunisia, were higher than one.

## 1. المقدمة

يتعرض البشر باستمرار للإشعاع الطبيعي ويعود السبب في ذلك إلى نشاط النويدات المشعة الموجودة في سلاسل انحلال اليورانيوم $U^{238}$ والثوريوم $Th^{232}$ونظير البوتاسيوم المشع $K^{40}$ ومنتجات الانحلال الإشعاعي التي يمكن العثور عليها في الصخور، والخامات المعدنية، وفي تجهيزات البناء، والهواء، والماء، وكذلك في جسم الإنسان، ويعد إشعاع جاما الذي يتم إطلاقه بواسطة النويدات المشعة المنتجة بشكل طبيعي أخطر مصدر ضار لجسم الإنسان[1]. مواد البناء مثل الطوب والخرسانة والسيراميك والاسمنت والرخام والجرانيت والحجر الجيري والجبس، وما إلى ذلك تعُرف على أنها مواد تحتوي على النويدات المشعة الطبيعية، بما في ذلك اليورانيوم $U^{238}$ ، والثوريوم $Th^{232}$، ونواتج انحلالهما، والبوتاسيوم المشع $K^{40}$. النويدات المشعة ليست موزعة بشكل موحد، ويمكن أن تختلف اختلافاً كبيراً وفقاً لجيولوجيا المواد الخام، ومن ثم فإن معرفة النشاط الإشعاعي الطبيعي في مواد البناء مهمة لتحديد تعرض السكان للإشعاعات، ويؤدي مستوى النشاط الإشعاعي في بلاط السيراميك كباقي مواد البناء الأخرى إلى التعرض الخارجي والداخلي حيث أن التعرض للإشعاع الخارجي ينتج عن إشعاع جاما الناتج من الراديوم $Ra^{226}$



DOI:10.5281/zenodo.18052931

والثوريوم $^{232}Th$ ونواتج انحلالهما وكذلك من النظير المشع للبوتاسيوم $^{40}K$ ، وبينما التعرض الداخلي للإشعاع والذي يؤثر بشكل أساسي على الجهاز التنفسي يعود إلى نواتج الاضمحلال قصيرة العمر لغاز الرادون الذي ينبعث من مواد البناء إلى هواء الغرفة [3,2]. بلاط كل من السيراميك والبورسلين أصبح شائع الاستخدام في معظم المنازل كنوع من الديكور الداخلي للجدران خاصة في دورات المياه والمطابخ، وكذلك في المباني الأخرى مثل المراكز الصحية والمختبرات ومراكز التسوق والمرافق العامة وغيرها. يتكون السيراميك والبورسلين من مكونين رئيسيين وهما: جسم (هيكل) البلاط، وطلاء البلاط اللامع. حيث يشتق جسم البلاط من معادن الطين التي يتم استخراجها من قشرة الأرض وفي الغالب يتم إنتاجها بنقاوة متغيرة، وبينما يتكون طلاء البلاط اللامع غالباً من طبقة واحدة أو أكثر بسماكة إجمالية تتراوح بين 75 إلى 500 ميكرون تغطي الجانب السطحي للبلاط، هذه المادة عبارة عن مادة زجاجية مكونة من مواد خام غير عضوية مع ثنائي أكسيد السيليكون $(SiO_2)$ والذي يعرف أيضا باسم السيليكا كمكون رئيسي ويعد الكاولين هو ثاني أكبر مكون في طلاء البلاط، ويتم استخدامه للحفاظ على جزيئات المينا في حالة تعليق كما يعد الفلسبار مصدرا للبوتاسيوم والصوديوم، ويعمل كمادة متدفقة لتقليل ذوبان الصقيل (المادة المتدفقة هي المادة التي تعمل على تقليل درجة انصهار مادة أخرى). وغالباً ما يستخدم رمل الزركون $(ZrSiO_4)$ في صناعه السيراميك كمادة مضافة إلى المواد المستخدمة في صناعة الطلاء الزجاجي، وذلك بسبب خاصية اللمعان لسلسلة اللانثانوم، ومن السهل اختراق اليورانيوم واحتجازه في شبكة بلورة الزركون [5,4] . اضافة الزركون لبلاط السيراميك يعزز بشكل كبير من تركيز النشاط الاشعاعي الطبيعي مقارنة بمتوسط قيم قشرة الأرض [7,6] . ولمنع مكونات السيراميك من امتصاص السوائل، فإنه يتم تغطية منتجات السيراميك بطبقة زجاجية تسمى الطلاء الزجاجي، كما أن هذه الطبقة تسهل من عملية التنظيف ويختلف السيراميك عن البورسلين من حيث المكونات فالسيراميك يتكون من منتجات الطين وزجاج السيليكات والاسمنت، بينما البورسلين يتكون من الزجاج غير السيليكات والكربيدات $(SiC)$ والاكاسيد النقية $(Al_2O_3)$ والنيتريدات $(Si_3N_4)$ والعديد من الانواع الأخر[5,4] .

## 2. طريقة العمل

### أولاً: جمع العينات

وقد تم جمع 30 عينة عشوائية كلها مستوردة ماعدا عينة واحدة محلية الصنع، واستهدفت عملية الجمع أكثر العينات طلباً من قبل المستهلكين، وتم فرز العينات بحيث صنفت كل عينة حسب البلد والشركة المصنعة ونوعها ومقاسها. أسماء عينات السيراميك والبورسلين المستوردة من تونس والبالغ عددها 5 عينات هي (CW-17,CW-23,CW-30,SW-1,SW-2)، بينما أسماء العينات المستوردة من مصر وعددها 13 عينة فهي (CW-3,CW-7,CW-8,CW-13,CW-15,CW-18,CW-19,CW-22,CW-24,CW-26,CW-27,CW-28,CW-29)، أما اسماء العينات المستوردة من السعودية والبالغ عددها 2 هي (SW-6,CW-4)،أسماء العينات المستوردة من الهند والبالغ عددها 3 هي (SW-5,CW-11,CW-14)، أسماء العينات المستوردة من الجزائر والبالغ عددها 5 عينات هي (CW-9,CW-10,CW-16,CW-20,CW-25)، أما العينة المستوردة من اسبانيا فهي (SW-12)، اسم العينة محلية الصنع من السيراميك فهي (CW-21).

بعد نقل العينات للمعمل تم تكسير العينات إلى أجزاء صغيرة ومن ثم تم طحن جميع العينات بواسطة آلة الطحن إلى مسحوق ناعم وغربلتها من خلال غربال يدوي ثقوبه ذات قطر 600µm، وبعد غربلة كل عينة يتم تنظيف الغربال استعدادًا لغربلة عينة أخرى، ومن ثم يتم تعبئة كل عينة في كيس بلاستيكي خاص، وكتابة البيانات الخاصة بكل عينة على الكيس، وتأتي عملية الغربلة هذه من أجل الحصول على حبيبات متجانسة في القطر، وبالتالي نحصل على كثافة متقاربة لكل العينات المطحونة. المرحلة الثانية فهي عملية تجفيف العينات من الرطوبه وذلك من خلال وضعها في فرن كهربائي عند درجة حرارة $70k$ ولمدة 24 ساعة ومن ثم تترك حتى تبرد. أما المرحلة الثالثة فهي مرحلة تعبأة وتخزين العينات في أكواب مارنيللي Marinelli مع الحرص على غلقها بإحكام بواسطة شريط لاصق خاص وذلك لمنع تسرب غاز الرادون للعينات، ومن ثم تم وزن كل عينة عن طريق ميزان إلكتروني حساس. ومن أجل الوصول إلى حالة الاتزان الإشعاعي تخزن العينات لمدة لا تقل عن 27 يوماً تقريباً وذلك للسماح لمعدل تفكك النويدات الأبنة بأن يكون نفس معدل النويدات الأم [8].

### ثانياً: منظومة القياس

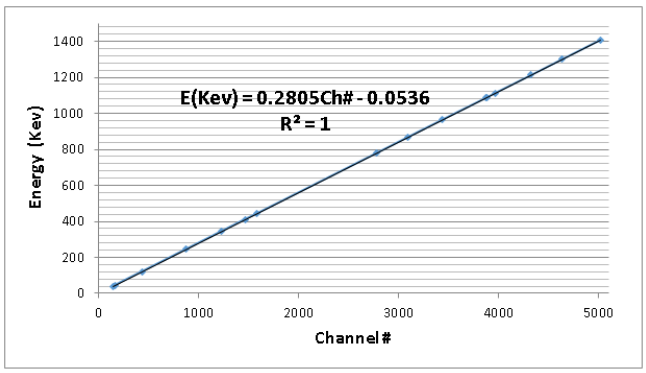
في هذه الدراسة تم استخدام مطيافية أشعة جاما العالية الدقة بمركز القياسات الإشعاعية طرابلس لقياس تركيز النشاط الإشعاعي في عينات السيراميك والبورسلين. وتتكون منظومة القياس من كاشف من مادة الجرمانيوم العالي النقاوة (HPGe) نوع P صنع شركة (ORTEC) حجم بلورته $3 \times 3inch$ له قابلية فصل طاقي قدرها 1.85keV عند خط الطاقة 1.33MeV وذو كفاءة 30% لأشعة جاما الصادرة من المصدر القياسي نظير الكوبالت المشع $Co^{60}$ ويعمل بفولتية تشغيل 4000V ويبرد الكاشف أثناء عمله إلى درجة حرارة $77K$ عن طريق استخدام أسطوانة مملوءة بالنيتروجين السائل ويحاط الكاشف بدرع أسطواني رئيسي من الرصاص وذلك للتقليل من الخلفية الإشعاعية ويتصل الكاشف بمضخم الإشارة الابتدائي ومضخم رئيسي وبجهاز الحاسوب الذي يتضمن محلل متعدد القنوات لتسجيل وتخزين وتحليل طيف أشعة جاما.

### ثالثاً: معايرة منظومة القياس

من أجل تحديد كمية النظائر الموجودة في العينات يجب إجراء نوعين من المعايرة وهما معايرة الطاقة ومعايرة الكفاءة، كما موضح في الشكل (1)، ويتم ذلك من خلال استخدام عينات قياسية ذات نشاط إشعاعي معروف وحجم محدد، ويتم إجراء عمليات معايرة التحليل الطيفي هذه من أجل قياس نسبة الإشعاع من إجمالي الإشعاع المنبعث من النظائر التي يتم تسجيلها بواسطة الكاشف [9].

#### أ-معايرة الطاقة

معايرة الطاقة هي العملية التي يتم فيها إقامة علاقة بين القنوات وطاقات أشعة جاما المقابلة في الطيف [10]. وتتم معايرة الطاقة للمنظومة بواسطة المصادر المشعة وذلك لتحويل رقم القناة إلى مقياس الطاقة قبل استخدامه في الكشف عن الإشعاع في العينات المختلفة بمطيافية أشعة جاما[11] . وفي هذه الدراسة قد تم استخدام عنصر الأوربيوم Europium $^{152}Eu$ كمصدر مشع قياسي لغرض معايرة الطاقة كما يوضحه الشكل (1). إن السبب من استخدام عنصر $^{152}Eu$ يرجع لنطاقه الواسع من الطاقات 244,344,411,779,964,1112, 1408Kev) ونصف عمره الطويل نسبياً البالغ 13.542 عام [12] .




شكل رقم 1- يوضح معايرة الطاقة والاستجابة الخطية لكاشف (HPGe).



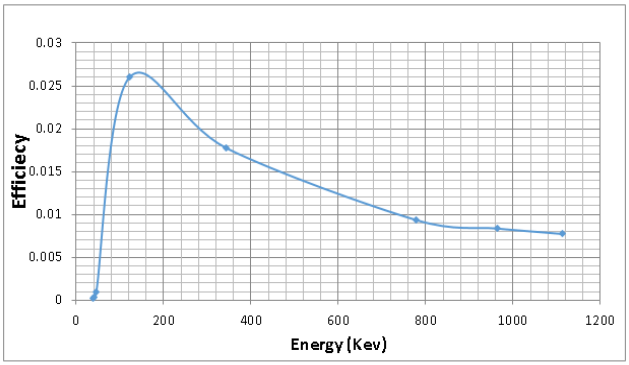
DOI:10.5281/zenodo.18052931

**ب-معايرة الكفاءة**

تشير كفاءة الكاشف إلى قدرة الكاشف على اكتشاف وقياس إشعاعات جاما المنبعثة من مصدر مشع بدقة [11]. ومن الممكن تعريف كفاءة الكاشف على أنها النسبة بين عدد النبضات التي يسجلها الكاشف إلى عدد الفوتونات المنبعثة من المصدر المشع، ومن خلال هذا التعريف يمكن التعبير عن معادلة الكفاءة رقم (1) [12] .

$$(E_\gamma) = \frac{Net}{A \times I_\gamma(E_\gamma) \times T} \times 100\% \qquad (1)$$

$(E_\gamma)$ : كفاءة الكاشف. $Net$ : صافي مجموع المعدودات تحت القمة الضوئية. T: زمن جمع المعدودات. $I_\gamma$ : الشدة النسبية لكل طاقة من طاقات المصدر المشع. A : نشاط المصدر المشع أثناء القياس. ولغرض معايرة الكفاءة تم استخدام نفس المصدر المشع وهو عنصر الأوربيوم (Europium) $^{152}Eu$ معلوم الفاعلية الإشعاعية. وقد تم الحصول على طيف معايرة الكفاءة لمدة 86400s والشكل (2) يوضح منحنى معايرة الكفاءة.




شكل رقم 2- يوضح منحنى الكفاءة لكاشف (HPGe) كدالة لتغير طاقة أشعة جاما.

**2. الحسابات**

**أولا:- حساب تركيز النشاط الإشعاعي الطبيعي**

يتم حساب تركيز النشاط الإشعاعي الطبيعي A $(Bq/kg)$ للنويدات المشعة الطبيعية في العينات باستخدام المعادلة (2) [13].

$$A = \frac{C}{Pmt\varepsilon} \qquad (2)$$

C: العدد الصافي فوق النشاط الإشعاعي في الخلفية. P: احتمال انبعاث أشعة جاما. m: كتلة العينة. t: هو زمن تحليل أشعة جاما. $\varepsilon$: كفاءة الكاشف.

**ثانيا:- تقييم المخاطر الإشعاعية**

لتقييم المخاطر الإشعاعية اقترح باحثون سابقون استخدام عدد من المؤشرات وذلك لغرض تقييم المخاطر الإشعاعية المرتبطة باستخدام مواد البناء في المباني ومن أكثر المؤشرات شيوعاً والمستخدمة في الحساب هي الصيغ التالية:

**أ-نشاط مكافئ الراديوم**

نظراً للتوزيع غير المنتظم للنويدات المشعة في العينات فإنه يتم استخدام نشاط مكافئ الراديوم والذي يرمز له بالرمز $RA_{eq}$ كمعامل قياس إشعاعي مشترك لضمان التوزيع المنتظم للنويدات المشعة من الراديوم $^{226}Ra$ والثوريوم $^{232}Th$ والبوتاسيوم $^{40}K$ بناء على افتراض أن 370Bq/kg من $^{226}Ra$ و 259Bq/kg من $^{232}Th$ و 4810Bq/kg من $^{40}K$ ينتج نفس معدلات جرعة إشعاع جاما وعليه يتم حساب نشاط مكافئ الراديوم $RA_{eq}$ باستخدام المعادلة (3).

$$RA_{eq}(\text{Bq/kg}) = A_{Ra} + 1.43\,A_{Th} + 0.077A_K \qquad (3)$$

$A_{Ra}$ : تركيز النشاط المحدد لعنصر الراديوم $^{226}Ra$. $A_{Th}$ : تركيز النشاط المحدد لعنصر الثوريوم $^{232}Th$. $A_K$ : تركيز النشاط المحدد لعنصر البوتاسيوم $^{40}K$ [13].

**ب- معدل الجرعة الممتصة**

معدل الجرعة الممتصة الخارجية D والناتجة عن المواد المشعة $^{226}Ra$ و $^{232}Th$ و $^{40}K$ في الهواء على ارتفاع واحد متر فوق سطح الأرض يتم حسابها بوحدة $(n\,Gy/h)$ أي نانو جراي لكل ساعة وذلك باستخدام المعادلة(4).

$$\mathrm{D(n\,Gy/h)} = 0.427\,\mathrm{A_{Ra}} + 0.662\mathrm{A_{Th}} + 0.043\mathrm{A_K} \qquad (4)$$

$A_{Ra}$ و $A_{Th}$ و $A_K$ تركيز النشاط المحدد$(Bq/kg)$ لكل من$^{226}Ra$ و $^{232}Th$ و $^{40}K$على التوالي [13].

**ج-الجرعة الفعالة السنوية**

من الممكن تعريف الجرعة الفعالة السنوية على أنها المعامل الإشعاعي المستخدم في الحكم على مدى الآثار الصحية الناتجة عن الجرعة الممتصة، ووحدة قياسها ( $(mSv/y)$ [8]. ويمكن حساب مؤشر الجرعة الفعالة السنوية AED من: المعادلة (5).

$$\mathrm{AED}(mSv/y) = \mathrm{D} \times O \times CF \times 10^{-6} \qquad (5)$$

D: معدل الجرعة الممتصة. O: هو إجمالي الوقت الذي يقضيه الافراد بالداخل. CF: هو عامل التحويل بين الجرعة الممتصة في الهواء والجرعة الفعالة التي يتلقاها الشخص البالغ ويساوي (0.7Sv G/y). يتم حساب O من المعادلة (6).

$$\mathrm{O} = 0.8 \times 24\,h/d \times 365.25\,d/y \qquad (6)$$

القيمة 0.8: تستخدم كمتوسط الوقت الذي يقضيه الافراد بالداخل. $h$ : الزمن بالساعة. $d$ : الزمن باليوم. $y$: الزمن بالسنة.

**د- مؤشر الخطر الخارجي**

وهو مقياس مهم لتقييم مخاطر الإشعاع ويستخدم لوضع حد 1.5mSv على جرعة الإشعاع من مواد البناء في المباني ويتم حساب مؤشر الخطر الخارجي $\mathrm{H_{ex}}$ من المعادلة (7).

$$\mathrm{H_{ex}} = \frac{A_{Ra}}{370Bq/kg} + \frac{A_{Th}}{259Bq/kg} + \frac{A_K}{4810Bq/kg} \qquad (7)$$

يجب أن تكون $\mathrm{H_{ex}}$ في حدود أقل من الوحدة للاستخدام الآمن لمواد البناء في المساكن [13].

**و- مؤشر الخطر الداخلي**

على النقيض من مؤشر الخطر الخارجي ولأن الرادون $^{222}Rn$ وانبعاثاته قصيرة العمر تشكل خطراً على الرئتين، فإنه يتم تحديد التفاعل الداخلي بين الرادون وانبعاثاته الثانوية بواسطة مؤشر الخطر الداخلي $\mathrm{H_{in}}$ باستخدام المعادلة (8).

$$\mathrm{H_{in}} = \frac{\mathrm{A_{Ra}}}{185\mathrm{Bq}/kg} + \frac{\mathrm{A_{Th}}}{259\mathrm{Bq/kg}} + \frac{\mathrm{A_k}}{4810\mathrm{Bq/kg}} \qquad (8)$$

من أجل الاستخدام الآمن لمواد البناء يجب ألا يكون الخطر الداخلي أعلى من الوحدة [14,1].

**4. النتائج والمناقشة**

بعد تجهيز مطيافية أشعة جاما مع كاشف الجرمانيوم عالي النقاء ومعايرتها بالطريقة التي تم ذكرها آنفاً تم تحليل عينات السيراميك والبورسلين بحيث وضعت كل عينه منفردة في المكان المخصص لها ولزمن قدره 86400s (أي لمدة يوم واحد) وذلك لغرض تسجيل الطيف الناتج وتخزينه في الحاسوب وتحليله بواسطة برنامج خاص يدعى Gamma Vision.

**أولاً: - قياس تركيز اليورانيوم $^{238}U$**



DOI:10.5281/zenodo.18052931

لقياس تركيز $^{238}U$ في العينات ونظرا لتساوي التركيز الإشعاعي لكل من $^{238}U$ و $^{222}Ra$ عند حدوث الاتزان الإشعاعي تم حساب تركيز $^{222}Ra$ من المعادلة (9) الذي يعادل تركيز النظير $^{238}U$ . واستخدمت لذلك قمة $^{226}Ra$ بطاقة مقدارها 186.21 $Kev$ بشدة نسبية 5.962% .

$$A(^{226}Ra) = \frac{C - B}{tI_\gamma m\varepsilon_i} \qquad (9)$$

$C(E_i)$ صافي المعدودات تحت القمة الناتجة عن الطاقة (186.21 $Kev$)، $B(E_i)$ معدودات الخلفية الإشعاعية عند الطاقة (186.21 $Kev$)، $t$ زمن جمع المعدودات، $I_\gamma$ الشدة النسبية لأشعة جاما عند الطاقة (186.21 $Kev$)، $m$ وزن العينة بوحدة $Kg$، $\varepsilon_i$ كفاءة الكاشف عند الطاقة (186.21 $Kev$) و الشكل (3) يوضح تراكيز اليورانيوم في العينات.

**ثانياً:- قياس تركيز الثوريوم $^{232}Th$**

لقياس تركيز $^{232}$Th تم حساب تركيز الاكتنون $^{228}$Ac الذي يعادل تركيز $^{232}$Th بعد حدوث عملية الاتزان الإشعاعي بالعينة، باستخدام خط طاقة 911Kev الذي تبلغ شدته النسبية 0.258% ، وذلك بحساب الفاعلية الإشعاعية لكل طاقة بالتعويض في المعادلة (10) :

$$A(^{228}Ac) = \frac{C - B}{tI_\gamma m\varepsilon_i} \qquad (10)$$

$C(E_i)$ صافي المعدودات تحت القمة الناتجة عن الطاقة (911Kev)، $B(E_i)$ معدودات الخلفية الإشعاعية عند الطاقة (911Kev)، $t$ زمن جمع المعدودات، $I_\gamma$ الشدة النسبية لأشعة جاما عند الطاقة (911Kev)، $m$ وزن العينة بوحدة $Kg$، $\varepsilon_i$ كفاءة الكاشف عند الطاقة (911Kev) ، والشكل _(4) يوضح تراكيز الثوريوم في العينات.

**ثالثاً-قياس تركيز البوتاسيوم $^{40}$K**

لقياس تركيز $K^{40}$ تم استخدام خط الطاقة والذي يبلغ 1460 $Kev$ بشدة نسبية 10.55% وذلك بالتعويض في المعادلة ا (11):

$$A(^{40}K) = \frac{C - B}{tI_\gamma m\varepsilon_i} \qquad (11)$$

$C(E_i)$ صافي المعدودات تحت القمة الناتجة عن الطاقة (1460 $Kev$) . $B(E_i)$ معدودات الخلفية الإشعاعية عند الطاقة (1460 $Kev$). $t$ زمن جمع المعدودات. $I_\gamma$ الشدة النسبية لأشعة جاما عند الطاقة (1460 $Kev$) . $m$ وزن العينة بوحدة $Kg$. $\varepsilon_i$ كفاءة الكاشف عند الطاقة (1460 $Kev$) ، الشكل (5) يوضح تراكيز البوتاسيوم في العينات.

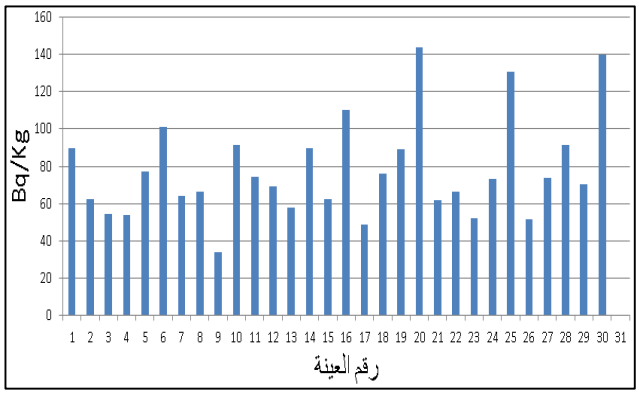
جدول رقم1- يوضح الفاعلية الإشعاعية في العينات من 1 الي 30 بوحدة ($Bq/Kg$).

| ر.م | Ra-226 | Ac-228 | K-40 |
|---|---|---|---|
| 1 | 70.586±0.029817 | 55.845±0.021051 | 263.91±0.077116 |
| 2 | 62.432±0.094662 | 66.741±0.034963 | 276.28 ±0.14294 |
| 3 | 54.688±0.094662 | 43.208±0.03564 | 555.56±0.014285 |
| 4 | 53.963±0.071936 | 25.132±0.027206 | 370.35±0.051194 |
| 5 | 77.213±0.073456 | 79.622±0.033888 | 414.113±0.054366 |
| 6 | 100.96±0.072378 | 79.921±0.033896 | 759.2±0.05424 |
| 7 | 64.107±0.092776 | 48.127±0.035629 | 470.24±0.014285 |
| 8 | 66.409±0.092257 | 47.183±0.034814 | 404.84±0.014287 |
| 9 | 34.181± 0.06632 | 36.610± 0.0685 | 500.48 ± 0.0156 |
| 10 | 91.145 ±0.06993 | 40.760±0.025765 | 684.35±0.051038 |
| 11 | 74.411±0.072762 | 93.426±0.024927 | 393.11±0.051296 |
| 12 | 69.349±0.092687 | 78.362±0.034406 | 251.40 ±0.14293 |
| 13 | 57.771±0.093194 | 45.015±0.035243 | 466.5±0.14285 |
| 14 | 89.473±0.093613 | 65.317±0.034957 | 584.41±0.14284 |
| 15 | 62.21±0.092244 | 42.763±0.034873 | 473.54±0.14284 |
| 16 | 110.122±0.06934 | 64.880±0.02345 | 1283.74±0.05001 |
| 17 | 48.569±0.073708 | 48.379±0.025384 | 588.44±0.051072 |
| 18 | 76.142±0.070918 | 45.97±0.025528 | 559.23±0.051084 |
| 19 | 89.092±0.070635 | 59.687±0.02523 | 438.88±0.051177 |
| 20 | 143.49±0.06922 | 51.814±0.026323 | 873.63±0.051048 |
| 21 | 61.713±0.072394 | 55.718±0.025316 | 572.77±0.051048 |
| 22 | 66.31±0.07123 | 37.655±0.026205 | 510.2±0.051094 |
| 23 | 52.246±0.073161 | 51.059±0.025367 | 727.96±0.05103 |
| 24 | 73.274±0.071328 | 44.887±0.025675 | 447.19±0.051172 |
| 25 | 130.6±0.068967 | 41.7±0.026257 | 777.14±0.051016 |
| 26 | 51.663±0.072833 | 40.494±0.025684 | 473.76±0.051126 |
| 27 | 73.535±0.071247 | 46.115±0.025576 | 572.02±0.051086 |
| 28 | 91.54±0.070466 | 68.346±0.025123 | 988.45±0.05099 |
| 29 | 70.586±0.071948 | 45.48±0.026185 | 503.77±0.051172 |
| 30 | 139.9±0.069118 | 62.282±0.025318 | 720.04±0.051065 |

**أ. تركيز النشاط الإشعاعي الطبيعي**

من خلال الجدول (1) تبين النتائج المتحصل عليها أن تركيزات النشاط الإشعاعي لعناصر $^{238}U$ و $^{232}Th$ و$^{40}$k لعينات السيراميك والبورسلين الخاضعة للدراسة قد أظهرت تباين في القيم حيث نلاحظ أن:

أقل قيمة لتركيز اليورانيوم $^{238}U$ كانت تساوي (48.569$Bq/Kg$) في العينة التاسعة سيراميك جزائري المنشأ (CW-9) ، بينما أعلى قيمة لتركيز اليورانيوم $^{238}U$ كانت تساوي (143.49$Bq/Kg$) في العينة عشرون سيراميك جزائري المنشأ (CW-20).

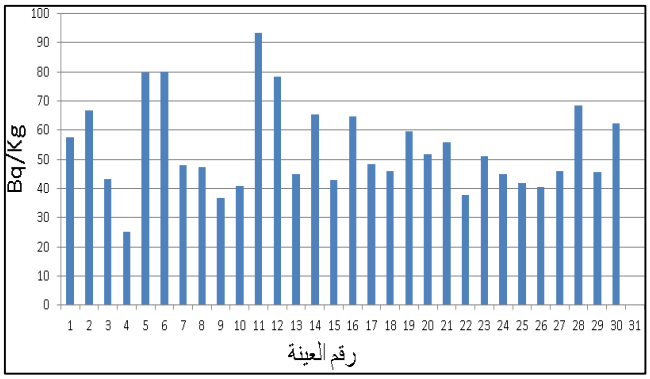



شكل رقم 3- يوضح تراكيز اليورانيوم في العينات.

أقل قيمة لتركيز $^{232}Th$ كانت تساوي (25.132 $Bq/Kg$) في العينة الرابعة سيراميك سعودي المنشأ (CW-4)، بينما أعلى قيمة لتركيز $^{232}Th$ كانت تساوي (93.426) في العينة الحادية عشر سيراميك هندي المنشأ (CW-11).

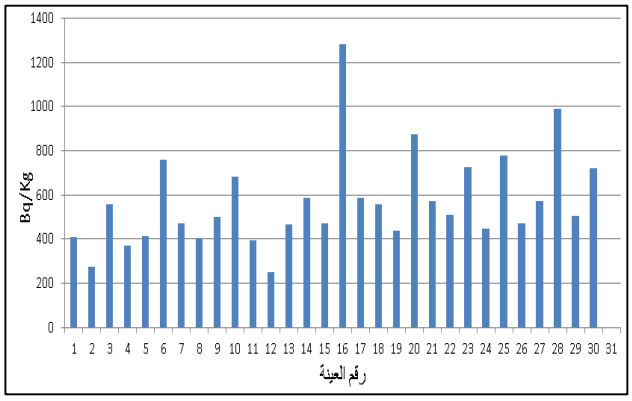


DOI:10.5281/zenodo.18052931




شكل رقم 4- يوضح تراكيز الثوريوم في العينات.

أقل قيمة لتركيز $^{40}$k كانت تساوي ($251.4Bq/Kg$) في العينة الثانية عشر بورسلين إسباني المنشأ (SW-12)، بينما أعلى قيمة لتركيز $^{40}$k كانت تساوي( $1283.74Bq/Kg$) في العينة السادسة عشر سيراميك جزائري المنشأ (CW-16).

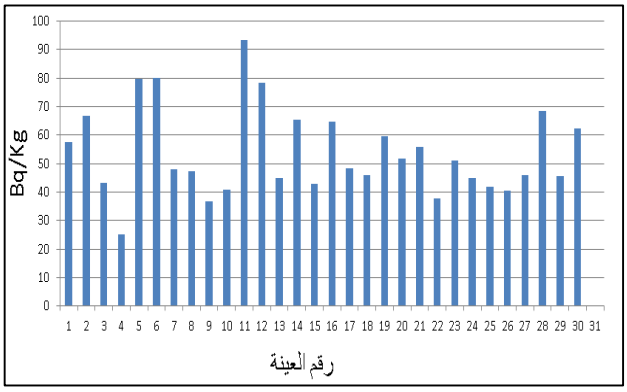



شكل رقم 5 - يوضح تراكيز البوتاسيوم في العينات.

**رابعا:- تقييم المخاطر الإشعاعية**

**أ. نشاط مكافئ الراديوم**

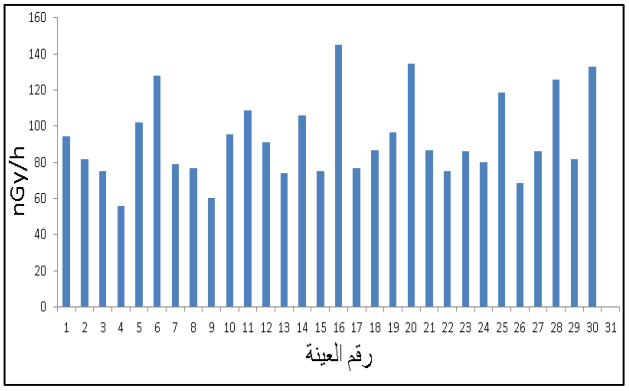
من الشكل (6) يتبين أن أقل قيمة لفاعلية مكافئ الراديوم $R_{aeq}$ كانت تساوي ($118.4187\ Bq/Kg$) في العينة الرابعة سيراميك سعودي المنشأ (CW-4)، بينما أعلى قيمة لفاعلية مكافئ الراديوم $R_{aeq}$ كانت تساوي ($301.7276\ Bq/Kg$) في العينة السادسة عشر سيراميك جزائري المنشأ (CW-16).




الشكل (6) يوضح نشاط مكافئ الراديوم في العينات.

**ب. معدل الجرعة الممتصة**

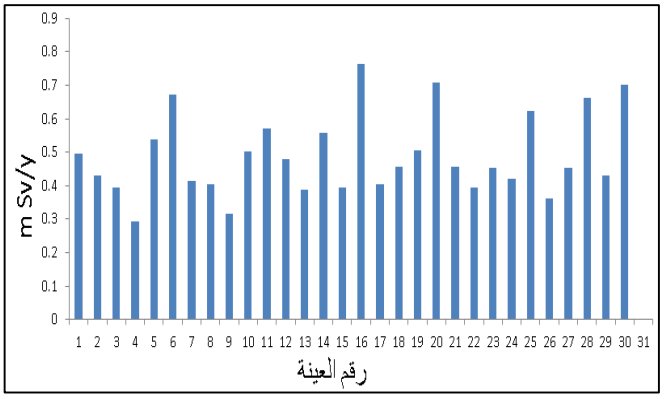
من الشكل (7) نلاحظ أن أقل قيمة لمعدل الجرعة الممتصة كانت تساوي (55.866669 nGy/h ) في العينة الرابعة سيراميك سعودي المنشا (CW-4)، بينما أعلى قيمة لمعدل الجرعة الممتصة كانت تساوي (145.161 nGy/h) في العينة السادسة عشر سيراميك جزائري المنشأ (CW-16).




شكل رقم 7- يوضح معدل الجرعة الممتصة في العينات.

**ج. الجرعة الفعالة السنوية**

من الشكل (8) نلاحظ أن أقل قيمة للجرعة السنوية كانت (0.29380125 $mSv/y$) في العينة الرابعة سيراميك سعودي المنشأ (CW-4)، بينما أعلى قيمة كانت (0.763483536 $mSv/y$) في العينة السادسة عشر سيراميك جزائري المنشأ(CW-16).



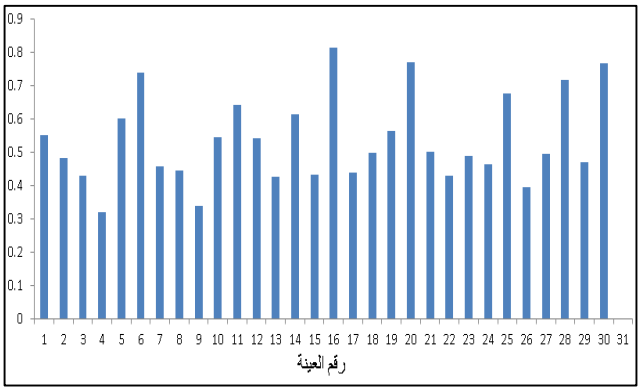

شكل رقم 8- يوضح الجرعة الفعالة السنوية في العينات

**ب. مؤشر الخطر الخارجي**

من الشكل (9) يتبين أن مؤشر الخطر الخارجي لجميع العينات كانت أقل من القيمة الموصي بها أي أقل من الواحد، حيث كانت أقل قيمة لمؤشر الخطر الخارجي تساوي (0.3199) في العينة الرابعة سيراميك سعودي المنشأ (CW-4)، بينما أعلى قيمة لمؤشر الخطر الخارجي كانت تساوي (0.81496) في العينة السادسة عشر سيراميك جزائري المنشأ (CW-16).



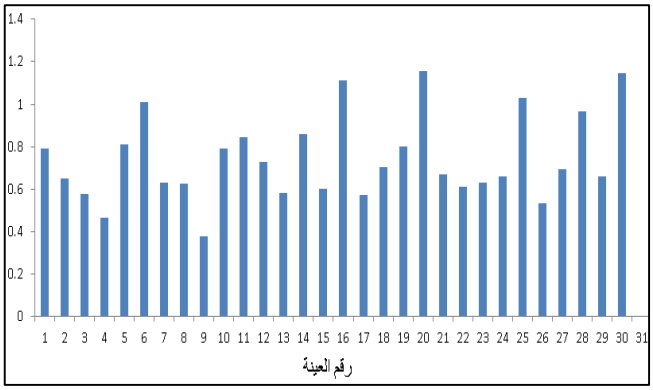
DOI:10.5281/zenodo.18052931




شكل رقم 9- يوضح مؤشر الخطر الخارجي في العينات.

**ج. مؤشر الخطر الداخلي**

من الشكل (10) نلاحظ أن مؤشر الخطر الداخلي كان مرتفع قليلاً عن القيمة الموصي بها والتي هي أقل من الواحد في خمس عينات من بين ثلاثون وهذه العينات هي العينة السادسة، والعينة السادسة عشر، والعينة العشرون، والعينة الخامسة والعشرون، والعينة الثلاثون، حيث كانت أعلى قيمة لهذا المؤشر $H_{in}$ هي (1.1573) في العينة العشرون وهي سيراميك جزائري المنشأ (CW-20) بينما كانت أقل قيمة هي (0.37838) في العينة التاسعة من بين العينات الثلاثون سيراميك جزائري المنشأ (CW-9).




شكل رقم 10- يوضح مؤشر الخطر الداخلي في العينات.

**5. الخلاصة**

أظهرت النتائج أن تركيز النشاط الإشعاعي الطبيعي لجميع عينات السيراميك والبورسلين التي تم فحصها في هذه الدراسة تقع ضمن القيم الموصي بها عالمياً. كما أظهرت النتائج أن قيم معدل الجرعة الممتصة لجميع العينات كانت أعلى من القيمة الموصي بها عالمياً والبالغة ( 55 nGy/h ) [15]. قيم معدل الجرعة الفعالة السنوية لجميع العينات المدروسة كانت أقل من القيمة الموصي بها وهي ($1\ mSv/y$). قيم مؤشر الخطر الخارجي لجميع عينات السيراميك والبورسلين التي تم قياسها كانت أقل من الواحد ($H_{ex} < 1$) ، وعلى هذا الأساس يعتبر السيراميك والبورسلين المستورد من بعض الدول بالإضافة إلى عينة السيراميك المحلي آمن للاستخدام كمواد بناء في المنازل والمرافق العامة. ونظراً لارتفاع قيم مؤشر الخطر الداخلي لعينة بورسلين سعودي المنشأ، وكذلك بعض عينات السيراميك المستورد من الجزائر وتونس في هذه الدراسة، عليه ننصح باستخدام هذه المنتجات في الأماكن ذات تهوية جيدة أو في الأماكن المفتوحة. جميع عينات السيراميك والبورسلين المقاسة في هذه الدراسة لم يلاحظ فيها أي عناصر مشعة اصطناعية. النتائج المتحصل عليها هي قيم النشاط الإشعاعي الطبيعي الناتج من بعض عينات السيراميك والبورسلين المحلي والمستورد لمدن كل من صرمان، وطرابلس، والخمس، وزلتين، ويمكن استخدام هذه النتائج كقاعدة بيانات وذلك من أجل الدراسات التي قد تجرى لاحقاً.

**6. المراجع**


[1] Farhan, A. O., Ahmed, A. M., & Farhan, S. S. (2022). Estimation of the Radioactive Elements in Raw Materials Utilized in the Ceramic Industry, Anbar, Western Iraq. The Iraqi Geological Journal, 113-120.

[2] Ademola, J. A. (2009). Natural radioactivity and hazard assessment of imported ceramic tiles in Nigeria. African Journal of Biomedical Research, 12(3), 161-165.

[3] Xinwei, L. (2004). Radioactivity level in Chinese building ceramic tile. Radiation Protection Dosimetry, 112(2), 323-327.

[4] Uosif, M. A. M., Omer, M., Ali, N. A., El-Kamel, A. H., & Hefni, M. A. (2015). Radiological hazard resulting from using ceramic tile in Egypt. Int. J. Adv. Sci. Technol, 80(19), 10-14257.

[5] Abu Khadra, S. A., & Kamel, N. H. (2005). Natural Radioactivity in Ceramic Materials.

[6] Viruthagiri, G., Rajamannan, B., & Suresh Jawahar, K. (2013). Radioactivity and associated radiation hazards in ceramic raw materials and end products. Radiation protection dosimetry, 157(3), 383-391.

[7] Siddeeg, S. M., Suliman, M. A., Ben Rebah, F., Mnif, W., Ahmed, A. Y., & Salih, I. (2018). Comparative Study of Natural Radioactivity and Radiological Hazard Parameters of Various Imported Tiles Used for Decoration in Sudan. Symmetry, 10(12), 746.

[8] Joel, E. S., Maxwell, O., Adewoyin, O. O., Ehi-Eromosele, C. O., Embong, Z., & Oyawoye, F. (2018). Assessment of natural radioactivity in various commercial tiles used for building purposes in Nigeria. MethodsX, 5, 8-19.

[9] حسن، إسماعيل (1986). مقدمة في الفيزياء الحديثة. المملكة العربية السعودية: دار المريخ للنشر.

[10] Shoqwara, F.H (2012). Measurement of Radon Exhalation from Building Materials Used in Nablus District, Palestine. Degree of Master, An-Najah National University.

[11] Dizman, S. (2021). Investigation of natural radioactivity and associated radiological hazards in ceramic sanitary ware products commercially sold in Turkey. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 101(14), 2209-2219.

[12] صالح، اسعد (1988). مقدمة في الفيزياء النووية. جامعة البصرة: دار الحكمة.

[13]حميد، تغريد (2017). قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي في نماذج سيراميك باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة. JOURNAL




DOI:10.5281/zenodo.18052931

COLLEGE OF EDUCATION،(1)NO ، 223-234، الجامعة المستنصرية، العراق.

[14] Amana, M. S. (2017). Radiation hazard index of common imported ceramic using for building materials in Iraq. Aust. J. Basic. Appl. Sci, 11(10), 94-102.

[15] Rajamannan, B., Viruthagiri, G., & Suresh Jawahar, K. (2013). Natural radionuclides in ceramic building materials available in Cuddalore district, Tamil Nadu, India. Radiation protection dosimetry, 156(4), 531-534.



DOI:10.5281/zenodo.18052931