

تقييم تركيزات النشاط الإشعاعي لنظيري الراديوم-226 والثوريوم-232 في تربة منطقة أبوشيبا بمدينة غريان

فادية عمر الشتيوي³

نادية مسعود الربع²

ربيعة رمضان السني¹

^{1,2,3} فيزياء، كلية العلوم، جامعة غريان، غريان، ليبيا

FADIA.ALSHITEEWI@gu.edu.ly

nadia.alroba@gu.edu.ly

baiansa@yahoo.com

¹ معرف الباحث 0009-0002-4899-7762

² معرف الباحث 0009-0002-9482-6251

³ معرف الباحث 0009-0004-8513-1057

Assessment of the Activity Concentrations of Radium-226 and Thorium-232 in soil from the AbouShiba Area, Gharyan City

Rabia Ramadan Alsini¹, Nadia Massoud Alroba², Fadia omar Alshitiyi³

^{1,2,3}Department of physics, faculty of Science, Gharyan University, Gharyan, Libya

تاريخ الاستلام: 2026/8/8 ، تاريخ القبول: 2026/8/14 ، تاريخ النشر: 2026/9/15

المخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تراكيز النشاط الإشعاعي لنظيري الراديوم Ra-226 والثوريوم Th-232 في عينات من التربة المأخوذة من مواقع مختلفة في منطقة أبو شيبا، الواقعة شمال غرب مدينة غريان. تتميز منطقة الدراسة بأراضي زراعية واسعة، تضم مزارع كبيرة ذات كثافة عالية من أشجار الزيتون، بالإضافة إلى تضاريس جبلية متباينة على مسافات مختلفة من المناطق المزروعة، والتي تُستخدم عادةً للأنشطة الزراعية خلال فصل الربيع، إلى جانب زراعة الزيتون. جُمعت عينات التربة من عشرة مواقع مختلفة بصورة منهجية، ثم جُهزت وخُففت في كؤوس مارينيلي قبل إجراء التحليل الطيفي لأشعة غاما باستخدام نظام قياس مُزود بكاشف جرمانيوم عالي النقاء (HPGe)، ومضخمات أولية وثانوية، ومحلل متعدد القنوات، ونظام حاسوبي لجمع البيانات ومعالجتها وتحديد تراكيز النشاط الإشعاعي. أظهرت النتائج وجود تباين مكاني في تراكيز النشاط الإشعاعي لنظيري الراديوم-226 والثوريوم-232 في منطقة الدراسة، حيث تراوحت تراكيز الراديوم "من 12 إلى 35.8 Bq/kg" بينما تراوحت تراكيز نظير الثوريوم "من 9.4 إلى 27.5 Bq/kg" مع ملاحظة اتجاهات متقاربة في التوزيع المكاني لكلا النظيرين. يُعزى هذا التباين إلى الاختلافات في التركيب الجيولوجي للتربة ومكوناتها المعدنية. كما بينت النتائج أن تراكيز النشاط الإشعاعي المقاسة كانت ضمن الحدود المرجعية المعتمدة المسموح بها دوليًا والمحددة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

الكلمات المفتاحية: عنصر الراديوم Ra-226 ؛ عنصر الثوريوم Th-232؛ النشاط الإشعاعي الطبيعي ؛ كاشف الجرمانيوم عالي النقاء (HPGe) ؛ تربة أبوشيبا

Abstract:

This study aims to determine the activity concentrations of radium-226 (Ra²²⁶) and thorium-232 (Th²³²) radionuclides in soil samples collected from various locations in the Abu-Shiba area, located northwest of Gharyan city. The study area is characterized by vast agricultural lands, including large farms with a high density of olive trees, alongside varied mountainous topography at differing distances from the cultivated areas, which are typically utilized for agricultural activities during the spring season.

Ten soil samples were systematically collected from different locations, prepared, and dried in Marinelli beakers prior to gamma spectrometric analysis. Measurements were performed using a counting system equipped with a High-purity Germanium (HPGe) detector, primary and secondary amplifiers, a multichannel analyzer, and a computerized system for data acquisition, processing, and determination of radioactivity concentrations.

The results revealed spatial variation in the activity concentrations of Ra^{226} and Th^{232} across the study area; Ra^{226} activity concentration ranged from 12 Bq/kg to 35.8 Bq/kg, whereas Th^{232} concentrations ranged from 9.4 Bq/kg to 27.5 Bq/kg, with close spatial distribution trends observed for both radionuclides.

This variation is attributed to differences in the geological composition and mineral content of the soil. Furthermore, the findings indicated that the measured activity concentration fell within the internationally accepted reference limits established by the International Atomic Energy Agency (IAEA)

Keywords: Radium-226 (Ra^{226}) 1, Thorium-232(Th^{232}) 2, Natural Activity concentration 3, High-purity Germanium (HPGe) detector 4, Abu-Shiba soil 5

مقدمة :

يُعد النشاط الإشعاعي الطبيعي أحد المكونات الطبيعية للبيئة، إذ توجد النويات المشعة الطبيعية في الصخور والتربة والمياه بصورة متفاوتة تبعاً للتركيب الجيولوجي والمعدني للمنطقة. وقد بدأ الاهتمام العلمي بظاهرة النشاط الإشعاعي بعد اكتشاف النشاط الإشعاعي الطبيعي على يد هنري بيكريل عام 1896، ثم تتابعت الدراسات التي أسهمت في فهم طبيعة الإشعاعات النووية وخصائصها.

تحتوي التربة بصورة طبيعية على عدد من النويدات المشعة، ويأتي جزء مهم من النشاط الإشعاعي الأرضي من سلاسل اضمحلال اليورانيوم والثوريوم، إضافة إلى البوتاسيوم-40. ويعد الراديوم-226 أحد أهم النويدات المرتبطة بسلسلة اليورانيوم-238، في حين يمثل الثوريوم-232 أحد أهم النويدات الطبيعية طويلة العمر في سلسلة الثوريوم. وتختلف تراكيز هذه النويدات من منطقة إلى أخرى نتيجة الاختلاف في طبيعة الصخور ومكوناتها المعدنية والخصائص الجيولوجية للتربة.

يمثل تحديد تراكيز النشاط الإشعاعي الطبيعي في التربة أهمية بيئية وإشعاعية، إذ يوفر معلومات عن مستوى الإشعاع الطبيعي في المنطقة ويساعد في إنشاء بيانات مرجعية يمكن استخدامها في الدراسات البيئية والإشعاعية المستقبلية. وتعد مطيافية أشعة جاما باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاء (HPGe) من التقنيات المستخدمة على نطاق واسع لتحديد النويدات المشعة باعثة أشعة جاما في عينات التربة، حيث يمكن من خلالها تحديد النشاط الإشعاعي للنويدات المختلفة بصورة كمية.

وتكتسب دراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي في المناطق الزراعية أهمية إضافية، نظراً لإمكانية انتقال بعض النويدات المشعة من التربة إلى مكونات النظام البيئي، فضلاً عن ارتباط مستويات النشاط الإشعاعي بالخصائص الجيولوجية والمعدنية للتربة. ومن ثم، فإن دراسة التوزيع المكاني لتراكيز النويدات المشعة في مواقع مختلفة يمكن أن تسهم في فهم التباين الطبيعي للنشاط الإشعاعي داخل المنطقة المدروسة.

وفي هذا السياق، تهدف الدراسة الحالية إلى تحديد تراكيز النشاط الإشعاعي، معدل الجرعة الممتصة، الجرعة السنوية الفعالة، مكافئ الراديومي بالإضافة إلى تعيين مؤشري الخطر الداخلي والخارجي لنظيري الراديوم Ra^{226} والثوريوم Th^{232} في عينات من تربة منطقة أبوشيبية بمدينة غريان، وذلك من خلال جمع عينات من مواقع مختلفة في منطقة الدراسة وتحليلها باستخدام مطيافية جاما المزودة بكاشف جرمانيوم عالي النقاء (HPGe). كما تهدف الدراسة إلى تقييم التباين المكاني في تراكيز النشاط الإشعاعي ومقارنة القيم المقاسة بالقيم المرجعية المنشورة، بما يسهم في توفير قاعدة بيانات إشعاعية أساسية للمنطقة.

1-الإطار الجغرافي لمنطقة الدراسة:

1-1نبذة عن مدينة غريان:

تعد مدينة غريان إحدى أبرز المدن الجبلية في الغرب الليبي، وتبلغ مساحة أراضيها 4,660 كم²، وترتفع عن مستوى سطح البحر بمعدل يصل إلى سبعمائة متر، وقد وصفت في كتاب من طرابلس إلى فزان للحالة جون فرنسيس بالقول التالي: (تشتهر غريان بجودة زيتها وزعفرانها وحبوبها وبوفرة إنتاجها، ورجال غريان منتصبو القامة، تلوح على محياهم الأنفة والكبرياء). كما تتميز غريان بمناخ بارد ممطر شتاءً دافئ جاف صيفاً.

1-2 جغرافية مدينة غريان:

تقع مدينة غريان جغرافياً في الجهة الشمالية الغربية من ليبيا على قمة الجبل الغربي، كما بالشكل (1) حيث يحدها من الجهة الشمالية مدينة العزيزية وقليلها منطقة أبوشيبية (موضوع دراستنا)، ومن الجهة الشرقية مدينة مسلاتة ومدينة ترهونة، ويحدها من الجهة الجنوبية مدينة مزدة ومدينة بني وليد، ومن الجهة الغربية مدينة يفرن.

1-3 الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن حدود "وادي أبو شيبه" التابع لمدينة غريان حيث تغطي حوالي 10 كم² تقريباً وهي محددة بخطوط طول ودوائر عرض كالتالي:

من " 30 ' 10 32 ° الى " 15 ' 11 32 ° شمالاً

من " 30 ' 00 13 ° الى " 15 ' 01 13 ° شرقاً

تبعد مدينة غريان مسافة 90 كم جنوب مدينة طرابلس ، والقادم من الجنوب باتجاه مدينة غريان تقابله مرتفعات غريان الممتدة الى الغرب كجزء من جبل نفوسة ويوجد امامه بوضوح قبة وادي أبو شيبه ثم قبة بوشيدة وتتجه حافة جبل نفوسة شمالاً لمسافة 10 كم مروراً بقبة كف تكوت حيث تعاود حافة جبل نفوسة الاتجاه شرقاً بعد ذلك [1]

1-4 التركيب الجيولوجي للمنطقة:

توجد في مدينة غريان ثلاث قباب:

• قبة كف تكوت:

تقع على مسافة 6 كم من مدينة غريان باتجاه (شمال 20 درجة شرق) وتتميز ببنية بسيطة حيث تبدو في صورة فوهة بركانية ويظهر على الحواف صخور الفونولايت البورفيرى شديدة الصلابة ذو الفواصل الأفقية تقريباً، وتبدو للوهلة الأولى في صورة سد حلقي Ring Dike بينما يتضح من دراسة القبتين الأخرتين أنها فواصل بازلتية. وتوضح بعض القطاعات الجيولوجية أن هذه القبة تمثل شكل قبة غير متماثلة تكونت بالمتداخل (لاكوليث) الذي أدى إلى طي الصخور الرسوبية بشكل قبائي.

• قبتي أبو شيبه وبوشيدة:

يقع مركز قبة وادي أبو شيبه على بعد 2 كم شمال مدينة غريان ومركز قبة بوشيدة على بعد 3 كم شمال غرب مدينة غريان. قبة وادي أبو شيبه أكثر وضوحاً طبوغرافياً وبنائياً، وهي تمثل شكل دائري تقريباً بتفاوت تضاريسي يصل إلى 300 م ويقع في مركزها تكوين كرش ويحيط به تكوين العزيزية وتكوين أبو شيبه.

أما قبة بوشيدة فتعتبر أعلى القباب بالمنطقة، وتمثل طية محدبة مزدوجة الغطس، محاطة بالصدوع من الطرفين ويفصلها عن قبة أبو شيبه طية مقعرة متصدعة بطريقة مركبة.

يظهر هذا المتداخل الفونوليتي بين قبتي وادي أبو شيبه وبوشيدة لكن لا يبدو أنه ذو أصل مرتبط بعملية التقب، يقع هذا المتداخل شمال قبة وادي أبو شيبه ويتجه شمال 70 ° غرباً.

كما يوجد بالمنطقة موضع الدراسة العديد من التكوينات الرسوبية التي تميز بيئة وعمر المنطقة جيولوجياً نذكرها حسب العمر:

- 1- الترياسي: والذي يتمثل في تكوين العزيزية وتكوين أبو شيبه.
- 2- الجوراسي: والذي يتمثل في تكوين أبو غيلان
- 3- الطباشيري: الذي يتمثل في تكوين ككلة، تكوين سيدي الصيد وتكوين نالوت.
- 4- رواسب الرباعي: التي تمثل كل الغطاء الرسوبي في منطقة غريان وهي مكونة من رواسب الأودية والرواسب المنقولة بالرياح وكذلك بعض الانهيارات الصخرية والركام. [2]



الشكل 1: يوضح الموقع الجغرافي لمدينة غريان والمنطقة المعنية بالدراسة

2 - الإشعاع والنشاط الإشعاعي:

اكتشف النشاط الإشعاعي سنة 1896 من قبل العالم بيكريل الذي تعرف على اشعاعات بيتا وألفا ثم تلاه العالمين بيير و زوجته ماري كوري اللذان اكتشفا عنصري الراديوم والبولونيوم والذي أطلق عليه هذا الاسم تكريماً لهما. في عام 1900 اكتشف العالم فيلارد إشعاع جاما.

1-2 الإشعاع :

هو عبارة عن طاقة تنتقل من المصدر إلى المادة على شكل جسيمات أو على شكل موجات كهرومغناطيسية. والاشعاعات لها عدة أنواع ومنها ما يكون مؤين ومنها الغير مؤين.

2-2 الاشعاعات المؤينة :-

الإشعاع المؤين هو نوع من الطاقة تطلقه ذرات معينة و ينتقل على هيئة موجات كهرومغناطيسية (اشعة جاما , الأشعة السينية) أو على هيئة جسيمات (نيوترونات ، بيتا، ألفا) يسقط على المادة ويسبب في تأينها وتحويلها إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة. [3],[4]

3-2 الإشعاعات الغير مؤينة :

هو الإشعاع الذي لا يحدث تأيناً للذرات التي يمر خلالها وهي الاشعاعات التي لها منشأ كهربائي أو مغناطيسي أو ميكانيكي أو ضوئي و تعتبر هذه الاشعاعات اقل خطراً من اشعاعات النوع الأول.

كما يمكن تقسيم الاشعاعات من حيث الكتلة و الشحنة إلى :

أ- إشعاع جسيمات مشحونة ثقيلة مثل جسيمات ألفا .

ب- إشعاع جسيمات مشحونة خفيفة مثل جسيمات بيتا .

ج- اشعاع جسيمات متعادلة :- مثل النيوترونات والموجات كهرومغناطيسية مثل اشعة جاما والاشعة السينية.[5]

3- الاستقرار النووي:

تنقسم العناصر المعروفة إلى قسمين : عناصر مستقرة وعناصر غير مستقرة (عناصر مشعة) سوف نستعرض كلا منهما:

أولاً: العناصر المستقرة: هي العناصر التي لا يقاس لها أي نشاط إشعاعي أو تحول من عنصر إلى آخر فمن المعروف ان أجهزةنا العلمية الحالية يمكنها أن تقيس الفترات الزمنية الأقل من 10^{19} سنة وحيث أن النشاط الإشعاعي للعنصر يقاس بتحديد نصف عمره, فإن قياس النشاط الإشعاعي للعنصر يحدد بمقدرة أجهزةنا العلمية على قياس الزمن. وبالتالي فإن المواد التي تتمتع بنصف عمر أطول من 10^{19} سنة تعتبر اصطلاحاً عناصر مستقرة وذلك لأن نشاطها الإشعاعي غير محسوس إن وجد. هناك حوالي 270 نظيراً مستقراً معروفاً للعناصر التي تتراوح أعدادها الذرية بين 1 و 82 وتلك هي العناصر المحصورة بين الهيدروجين والرصاص.[6]

ثانياً : العناصر غير المستقرة (المشعة): معظم العناصر الثقيلة التي يزيد عددها الذري عن 82 –عناصر ما بعد الرصاص- هي عناصر مشعة وغير مستقرة وذلك نظراً لعدة عوامل منها كبر عددها الذري وحيث ان البروتونات موجبة الشحنة الكهربائية فإن التنافر الكهربائي بينها يؤدي إلى عدم استقرار تلك النوية ومن ثم النشاط الإشعاعي لها. فكلما زاد عدد البروتونات داخل النواة يجب معادلة تلك الزيادة بزيادة عدد البروتونات التي تتعادل قوة التجاذب النووي فيما بينها مع قوة التنافر الكهروستاتيكي بين البروتونات. ومن ثم يعمل ذلك على استقرار النواة. ولكن زيادة عدد البروتونات غير ممكن في معظم الحالات مما يؤدي إلى اختلال التوازن بين عدد البروتونات وعدد النيوترونات ومن ثم يؤدي ذلك عدم استقرار النواة فتصبح بذلك مشعة. [7], [19]

كما أن العناصر المستقرة هي العناصر التي يتساوى فيها عدد البروتونات Z مع عدد النيوترونات N وذلك حتى الرقم 20 أي أن الانوية التي تتمتع بعدد كائلي أقل من 40 هي أنوية مستقرة وذلك عندما يكون عدد كل من البروتونات والنيوترونات هو عدد زوجي. عندما يزداد العدد الذري عن 20 تبدأ النسبة بين عدد البروتونات وعدد النيوترونات في الاختلال وبالتالي يجب أن يزداد عدد النيوترونات عن عدد البروتونات للحصول على نواة مستقرة. وإذا ما زاد عدد البروتونات عن 82 -عناصر ما بعد الرصاص - فإن الانوية تأخذ في الإشعاع وذلك نتيجة طبيعية لعدم استقرارها [2] . [7]

4- النشاط الإشعاعي الطبيعي:

هو نشاط نووي تتحول فيه أنوية ذرات العناصر غير المستقرة إلى أنوية عناصر جديدة أكثر استقراراً من الأولى وذلك بإطلاق النواة لجسيمات ألفا أو جسيمات بيتا وإشعاعات جاما وهذه التحولات تحدث تلقائياً وبدون أي مؤثرات خارجية [3].

تنتشر النظائر المشعة في القشرة الأرضية وتتفاوت نسبة وجودها من مكان لآخر كأي عنصر من المواد المشكلة للأرض، فمعظم النظائر المشعة الطبيعية تنتسب إلى ثلاثة عائلات مشعة وهي سلسلة اليورانيوم وسلسلة الثوريوم وسلسلة الأكتينيوم، وفي كل سلسلة من هذه السلاسل تتحلل النظائر الثقيلة إلى نظائر متنوعة أخف بإطلاق الإشعاع حتى تصل إلى نواة مستقرة غالباً ما تكون الرصاص. بالإضافة إلى السلاسل الإشعاعية الطبيعية توجد في الطبيعة بعض النظائر المشعة الأخرى التي لا تنتمي إلى تلك السلاسل مثل البوتاسيوم (K^{40}) والصوديوم (Na^{22}) وتتميز معظمها بأعمار نصفية أكبر من (10^9 yr) [4].

على سبيل المثال سلسلة اليورانيوم Uranium series تبدأ هذه السلسلة بعنصر اليورانيوم 238 عمر النصف له يقدر هو 4.5×10^9 سنة ويتحلل بإطلاق جسيم ألفا أو بيتا ومعظمها يرافقه إطلاق إشعاع جاما، تنتهي هذه السلسلة بنظائر الرصاص 208، 209، 207. تحسب أعداد النيوكليونات في هذه السلسلة من القانون $4n+2$ حيث n عدد صحيح [5]. [15]

5- النشاط الإشعاعي الصناعي:

يسمى أيضاً بالنشاط الإشعاعي المستحث وينتج عند قذف نواة مستقرة بجسيمات نووية كالنيوترون في المختبرات فتصبح غير مستقرة أي نواة مشعة وغالباً ما يرتبط النشاط الصناعي بالنظائر المشعة كالثوريوم واليورانيوم، وينتج كذلك عند استحداث سلسلة من العناصر ما وراء اليورانيوم التي تمتلك القدرة على إحداث نشاط إشعاعي. [8]

6- المواد المشعة :

يوجد في الطبيعة العديد من المواد المشعة التي تطلق إشعاعات مختلفة وتتحول إلى أنوية أخرى لتصل إلى حالة الاستقرار والتخلص من الطاقة الزائدة، في بعض الأحيان تتخلص الأنوية من الطاقة الزائدة فقط وذلك بإطلاق إشعاع جاما وتستقر بعدها النواة. من أمثلة المواد المشعة عنصر اليورانيوم و عنصر الراديوم والثوريوم موضوع دراستنا هذه. [6]، [18]

1-6 عنصر الراديوم Ra-226 :

عنصر كيميائي مشع عدده الذري 88 اكتشفه الزوجان بيبير كوري عام 1898 أثناء دراستهم لخام اليورانيوم، له عمر نصف يصل إلى 1620 سنة تقريباً عند اضمحلاله ينتج غاز الرادون، ينتج هذا العنصر عند تحلل عنصري الثوريوم واليورانيوم وتنتج أثناء التحلل جسيمات ألفا وبيتا وجاما، له أربعة نظائر مشعة أكثرها استقراراً هو النظير Ra-226، يستخدم في علاج بعض أنواع السرطان. [7]، [12]

2-6 عنصر الثوريوم Th-232 :

عنصر الثوريوم من العناصر المشعة الطبيعية يتواجد في الطبيعة في الصخور والتربة بنسبة أكثر من عنصر اليورانيوم عدده الذري 90 يستخدم كوقود نووي في المفاعلات النووية وقد يستخدم مستقبلاً وقوداً بديلاً لليورانيوم. هذا العنصر المشع هو النظير الأم لسلسلة الثوريوم عمر النصف له (1.4×10^{10} yr) حيث تضمحل نويدات هذه السلسلة بإطلاق جسيمات ألفا وبيتا وجاما وتتحول أخيراً لعنصر الرصاص 208 pb- [8].

7- النشاط الإشعاعي البيئي والجيوكيميائي للتربة والمناطق الزراعية:

تعتبر التربة أهم المكونات للبيئة التي توجد فيها مجموعة من النويدات المشعة الطبيعية، وتنتج هذه النويدات من الاضمحلال الإشعاعي للعناصر الثقيلة كاليورانيوم والثوريوم، وتختلف تركيز هذه النويدات من منطقة إلى أخرى حسب التركيب الجيولوجي للصخور الأم، وعمليات تكوين التربة، والعوامل البيئية والجيوكيميائية التي تتحكم في انتقال العناصر المشعة وبقاؤها في التربة. ولذلك فإن دراسة النشاط الإشعاعي للتربة لا تقتصر على تحديد تركيز النويدات المشعة، وإنما يمكن أن توفر معلومات مهمة عن طبيعة البيئة وخصائصها الجيولوجية والجيوكيميائية للمنطقة قيد الدراسة. ويعد كل من Th^{232} و Ra^{226} من أهم النويدات المشعة المستخدمة في تقييم النشاط الإشعاعي للتربة، إذ يرتبط الراديوم بسلسلة اضمحلال اليورانيوم-238، بينما ينتمي الثوريوم إلى سلسلة الثوريوم. كما يمثل البوتاسيوم-40 أحد أهم مصادر النشاط الإشعاعي الطبيعي للتربة. وتنتقل هذه العناصر من الصخور الأم إلى التربة خلال عمليات التجوية وتكوين التربة، لذلك يمكن أن تختلف تراكيزها باختلاف نوع الصخور والتكوينات الجيولوجية التي نشأت منها التربة. وقد بينت دراسات على التربة الزراعية أن عملية نشأة التربة وطبيعة استخدامها الزراعي يمكن أن تؤثر في توزيع النويدات المشعة الطبيعية. وتكتسب دراسة النشاط الإشعاعي في المناطق الزراعية أهمية إضافية بسبب الممارسات الزراعية المختلفة مثل

استخدام الأسمدة وخاصة الأسمدة الفوسفاتية والبوتاسية، إضافة إلى عمليات الري والحراثة وتغير خصائص الطبقة السطحية للتربة، ولا يقتصر الأمر على ذلك وإنما يمتد إلى إمكانية انتقال جزء من النويدات المشعة إلى النباتات، ومن ثم دخولها في السلسلة الغذائية. وبناء على ذلك فإن دراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي للتربة في المناطق الزراعية يلعب دور كبير في الدراسات البيئية؛ لأنها تجمع بين الحسابات الإشعاعية للنشاط الإشعاعي وتقييم المخاطر وفهم أعمق للتوزيع الجيوكيميائي للنويدات المشعة. إن قياس تراكيز النشاط الإشعاعي للراديووم والثوريوم في تربة منطقة أبوشيبية يمكن أن يوفر قاعدة بيانات توفر معلومات أساسية عن مستوى النشاط الإشعاعي الطبيعي في المنطقة، كما يمكن استخدام النتائج المتحصل عليها لمؤشرات الجرعة والخطر في تقييم الوضع الإشعاعي البيئي للمنطقة ومقارنته بنتائج الدراسات المحلية والإقليمية والعالمية. [8]

8- تلوث التربة:

التلوث هو كل تغير يحدث في الخواص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية لكل أو بعض مكونات الغلاف الحيوي لكوكب الأرض كالماء والهواء والتربة. تُعد التربة جزءاً من البيئة الطبيعية التي تؤثر في الإنسان وتتأثر به كالماء والهواء، ويعرف تلوث التربة بأنه خلل ذو طبيعة فيزيائية أو كيميائية أو حيوية نتيجة نشاطات الإنسان وسيطرته على الطبيعة سيطرة جائرة غير متوازنة، من هذه النشاطات على سبيل المثال استخدام الأسمدة الزراعية، عمليات التعدين واستخدام المبيدات المختلفة.

ويمكن أن يحدث تلوث للتربة عن طريق الإشعاع النووي الطبيعي الناتج من نشاط النويدات المشعة الموجودة في سلاسل انحلال اليورانيوم U^{238} والثوريوم Th^{232} ونظير البوتاسيوم المشع K^{40} وكذلك منتجات الانحلال الإشعاعي الموجودة في الصخور والماء والهواء، كما أن النويدات المشعة ليست موزعة بشكل متساوي ولكنها تختلف اختلافاً كبيراً حسب التركيب الجيولوجي للصخور وللتكوينات الرسوبية المختلفة بالمنطقة [9] ، لذا توجب أخذ عينات للتربة من مناطق مختلفة لدراسة النشاط الإشعاعي وتحديد تعرض السكان للإشعاعات المؤينة.

9- مسالك التعرض للإشعاع:

يصل الإشعاع الطبيعي المتواجد في التربة والماء والهواء إلى الإنسان والنبات والحيوان بطريقة مباشرة وذلك بالتعرض الخارجي للمواد المترسبة على الأرض أو استنشاق العالقة منها في الجو والمنقولة بواسطة الرياح لمسافات مختلفة، أو بطريقة غير مباشرة والمتضمنة في تناول الطعام والشراب الحاويين على المواد المشعة [10]. [11]

وبالنسبة إلى الراديووم-226 والثوريوم-232 فإن وجودهما في التربة قد يسهم في التعرض الخارجي نتيجة انبعاث أشعة جاما أو نواتج تحللها، أو قد يسهم في التعرض الداخلي نتيجة انتقال بعض النويدات إلى الهواء أو الماء أو السلسلة الغذائية. لذلك فإن دراسة تراكيز هذه النويدات في التربة تعتبر أساسية لتقييم مستوى التعرض الإشعاعي الطبيعي وتقدير المخاطر المحتملة على السكان. [10]

10- الجانب العملي :

تضمنت الدراسة مجموعة من الخطوات الآتية:

أولاً : جمع العينات:

جمعت عينات التربة من الطبقة السطحية بعمق 0-10 سم من سطح الأرض لعشر مواقع مختلفة ضمن منطقة الدراسة، وقد تم ترميز المواقع العشر بحروف إنجليزية من A إلى J وُجِع ثلاث عينات من كل موقع ، وأخذ الأحداثيات الجغرافية لكل موقع باستخدام جهاز تحديد المواقع (GPS) مع تسجيل بيانات كل عينة وموقع جمعها، مع ملاحظة أن هذه المواقع لم تكن زراعية أو أجريت عليها أي عمليات زراعية كالحرث وغيره، فالعناصر المشعة الموجودة في هذه العينات عينات طبيعية نتيجة التركيبية الجيولوجية للمنطقة، وقد روعي هذا الشرط عند جمع العينات.

ثانياً : تحضير العينات:

يتم تحضير العينات بعد جمعها وفق الخطوات الآتية :-

- تم تجفيف العينات بوضعها في فرن تجفيف حراري عند درجة حرارة $80^{\circ}C$ لمدة محددة أو حتى ثبات الكتلة.
- نُخِلت العينات بعد التجفيف للتخلص من المواد غير المرغوبة للحصول على عينات متجانسة.
- تم طحن العينات جيداً للحصول على توزيع متجانس لحجم الحبيبات.
- وُضعت العينات في أوعية خاصة تُسمى أوعية مارنيلي موضحة بالشكل (2) لمدة 30 يوماً لضمان حدوث الاتزان الإشعاعي بين نويدات العنصر المشع ونواتج اضمحلاله، وهذه الأوعية مخصصة للقياسات الطيفية لأشعة جاما، وهي نوع من الأوعية المخبرية تُصنع عادة من البلاستيك أو الزجاج لها شكل هندسي مميز يجعل العينة قريبة جداً من الكاشف

- لضمان وصول كل الاشعاعات وزيادة كفاءة العد أو الكشف الى انبوبة الكاشف، ثم تُغلق الاوعية بإحكام لمنع فقدان أي من نواتج التحلل، وسُجل تاريخ إغلاق كل عينة.
- يُميز كل وعاء برقم للعينة ووزنها وتاريخ وضعها داخل الوعاء.
 - تم حُفظ العينات المغلقة لمدة زمنية مناسبة قبل إجراء القياسات، وذلك للوصول الى حالة الاتزان الاشعاعي بين النويدات المشعة ونواتج اضمحلالها.



الشكل 2: اشكال واحجام مختلفة لوعاء مارنبيلي

ثالثا : وصف منظومة القياس الطيفي وإجراءات القياس:

تم استخدام منظومة القياس الطيفي لأشعة جاما وهي من انتاج شركة (Aptec)، ويتم تركيبها على جهاز جاما متعدد القنوات، ويتم تشغيل المنظومة ببرنامج خاص (Software) يُعرف باسم Aptec-NRC. تستخدم هذه المنظومة في الكشف عن النويدات المشعة وتحديد تراكيزها من خلال تحليل أطياف أشعة جاما المنبعثة من العينات.[9]

• شكل للمنظومة

تتألف هذه المنظومة من عدة أجزاء وهي:

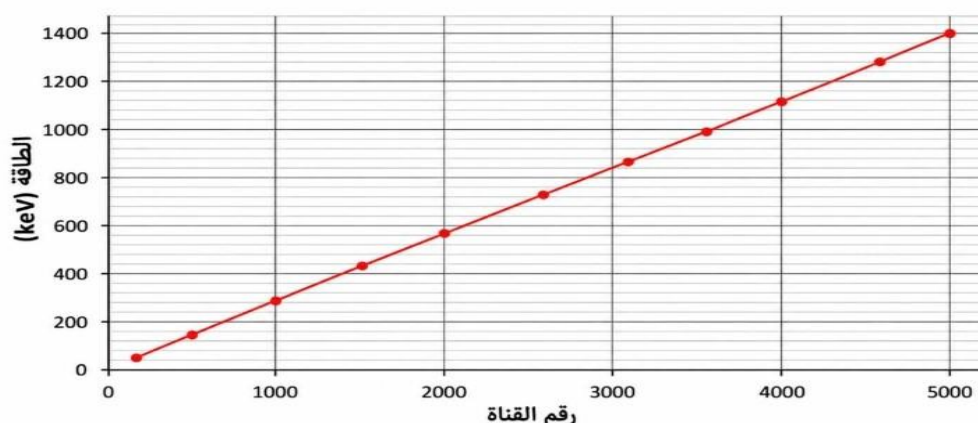
- 1- كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe): يعد الجزء الرئيسي في منظومة القياس و يتميز بقدرته العالية على تفريق الطاقة ، اي التفريق بين طاقات الاشعاع التي تسقط على الكاشف، وتكون قريبة جدا من بعضها البعض، تُقدر قدرة الفصل ب (1.92 keV) عند الطاقة (1332.5 keV) وذو كفاءة % 30 لأشعة جاما الصادرة من المصدر القياسي نظير الكوبلت المشع ^{60}Co ويعمل بفولتية تشغيل مقدارها 3000 V، كما يبرد الكاشف الى درجة حرارة 77 K بواسطة أسطوانة مملوءة بالنيتروجين السائل . ويتكون الكاشف المستخدم من بلورة جرمانيوم عالية النقاوة من نوع (p-type) يحيط به درع من الرصاص يبلغ سمكه حوالي 10 cm، بهدف تقليل تأثير الاشعاع الخلفي المحيط بالكاشف، يتصل الكاشف بمضخم الإشارة الابتدائي ومضخم رئيسي ومحلل متعدد القنوات وبجهاز حاسوبي لتسجيل وتخزين وتحليل طيف اشعة جاما.
- 2- المضخم الابتدائي والرئيسي : تستخدم هذه الأجزاء في معالجة الإشارات الكهربائية الناتجة عن تفاعل اشعاع جاما مع الكاشف وتضخيمها وتهيئتها للتحليل، بما يسمح بالحصول على إشارات مناسبة للقياس الطيفي.
- 3- مصدر القدرة العالية : يستخدم لتوفير الجهد الكهربائي اللازم لتشغيل الكاشف، وفقا لمتطلبات التشغيل المحددة من الشركة المصنعة.

4- محلل متعدد القنوات (MCA): يستخدم لتحليل الإشارات الكهربائية الناتجة عن الكاشف، وتحويلها إلى بيانات رقمية (رقمنة) ويستخدم بكثرة في التحليل الطيفي لإشعاعات بيتا وألفا وجاما. يقوم هذا المحلل بتسجيل كل الطيف وتحويله إلى صورة رقمية وتقوم وحدة المعالجة بتحليل هذه البيانات لتحديد ارتفاع النبضة وتوزيعها على قنوات مختلفة مقسمة بحيث يُسجل لكل رقم في قناة خاصة به وعن طريق نظام العرض يمكن عرض الطيف كاملاً على شاشة الحاسوب المتصل بالمنظومة، تستخدم القمم الطيفية الناتجة في تحديد النويدات المشعة، بينما تستخدم مساحات القمم بعد إجراء المعايرة اللازمة في حساب تراكيزها في العينات. [9]، [13]

● معايرة منظومة القياس:

تُجرى عمليات المعايرة للتأكد من أن الجهاز يعطي طاقات قياس صحيحة وكذلك تحديد كمية النظائر الموجودة في العينات، ولها نوعان معايرة الطاقة ومعايرة الكفاءة:

- معايرة الطاقة: يتم في هذه المعايرة تحديد موقع طاقة الفوتون الساقط لكل قناة، وتتم معايرة الطاقة للمنظومة بواسطة المصادر المشعة العيارية، ومن المصادر العيارية المستخدمة عادة لهذا الغرض (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am)

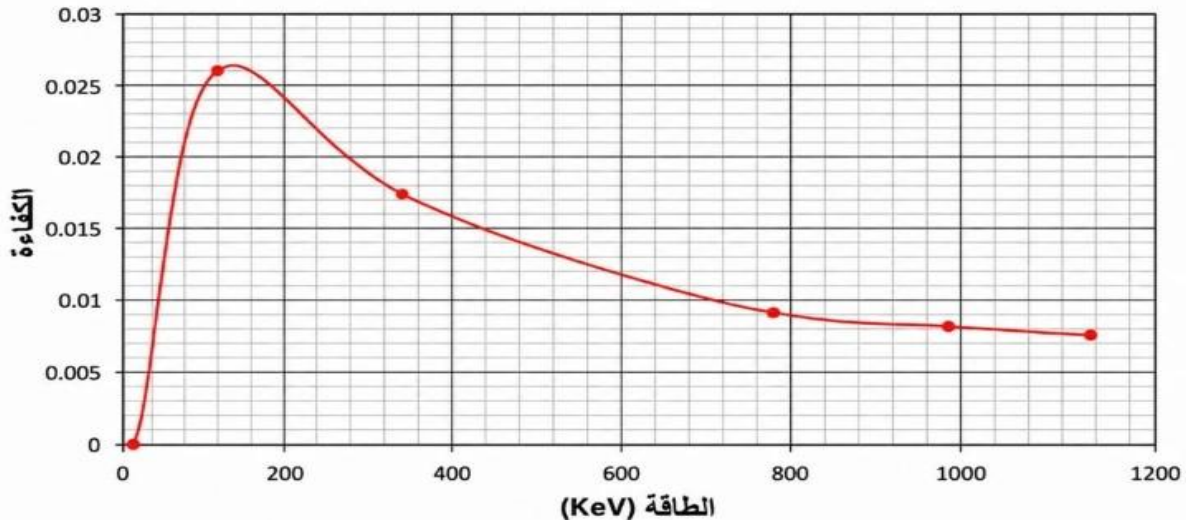


الشكل 3: معايرة الطاقة لكاشف الجرمانيوم

- معايرة الكفاءة: الكفاءة هي قدرة الكاشف على قياس أعلى قيمة للإشعاع أو التحلل وهي النسبة بين عدد النبضات المسجلة في الكاشف إلى عدد النبضات الكلية الصادرة من المصدر في وحدة الزمن. يستخدم في هذه المعايرة عينات عيارية مشعة تُحضر بمعامل خاصة. يمكن التعبير عن معادلة الكفاءة بالشكل التالي:

$$\text{Eff} = \frac{N_{\text{Net}}}{A \times t \times I_{\gamma}} \times 100 \%$$

حيث Eff كفاءة الكاشف، N_{Net} عدد المعدادات تحت قمة الطاقة، A النشاط الإشعاعي للعنصر، I_{γ} احتمال انبعاث أشعة جاما أو ما يسمى بنسبة إصدار أشعة جاما عند خط الطاقة، t الزمن بالثواني. [10]



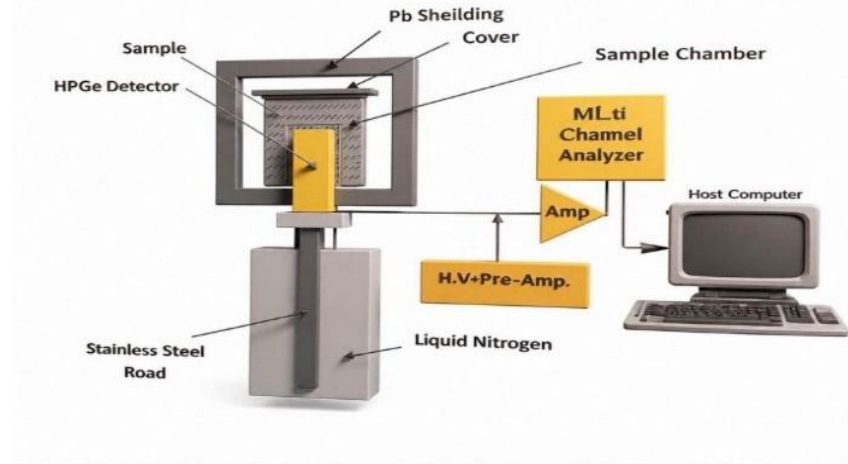
الشكل 4: يوضح منحنى الكفاءة لكاشف الجرمانيوم

• إجراءات القياس الطيفي:

بعد تجهيز العينات ووضعها في الحاويات المخصصة للقياس، أُجريت عملية القياس باستخدام منظومة القياس الطيفي لأشعة جاما والتي سبق معايرتها، مع تثبيت هندسة القياس وزمن العد لجميع العينات، ثم خُللت الأطياف الناتجة لتحديد القمم المميزة للنويدات المشعة، واستخدمت مساحات القمم في حساب تراكيزها وفقاً لمعايرة الطاقة والكفاءة الخاصة بالمنظومة.

• رسم تخطيطي لمنظومة القياس:

يوضح الشكل (5) رسماً تخطيطياً لمنظومة القياس الطيفي لأشعة جاما.



الشكل 5: رسم تخطيطي لمنظومة القياس

ملاحظة: يجب قياس الخلفية الإشعاعية للمعمل مكان إجراء التجربة وذلك بوضع وعاء مارينيلي فارغاً فوق بلورة الكاشف وتجرى عملية القياس لمدة 10 ساعات. وبعد ذلك تُجرى عملية قياس العينات ثلاث مرات وأخذ متوسط القراءات الناتجة.

رابعاً:- الحساب الكمي للإشعاع:

- النشاط الإشعاعي لعنصري الراديوم والثوريوم:

لحساب التركيز الإشعاعي للعنصرين المذكورين وُضعت العينات حول كاشف الجرمانيوم ثم سُجلت أطياف أشعة جاما باستخدام البرنامج المستخدم في المنظومة. وبعد تحليل الأطياف، حُددت أرقام القنوات والطاقات المقابلة لها، وقيم FWHM وقدرة التفريق R وكذلك مساحات القمم الطيفية الخاصة بكل طاقة. وبالنسبة لعنصر الراديوم Ra^{226} ، استخدمت خطوط طيف أشعة جاما عند قيم

الطاقات الآتية: (186keV)، (295.2 keV)، (350.9keV)، (609.32 keV)، (1120.28 keV). بينما أستخدمت بالنسبة الى عنصر الثوريوم Th^{232} الخطوط الطيفية عند الطاقات (338.2 keV)، (583.25 keV)، (911.23 keV). [15]، [19]

يُحسب النشاط الإشعاعي A من العلاقة الآتية:

$$A = \frac{C}{\epsilon P t m}$$

حيث A النشاط الإشعاعي للعينة ويقاس بوحدة (Bq/kg).

C عدد المعدودات تحت القمة الطيفية، بعد طرح اشعاعات الخلفية.

ϵ كفاءة الكاشف عند الطاقة المعينة.

P احتمالية انبعاث أشعة جاما عند الطاقة المستخدمة.

t زمن القياس بالثواني

m كتلة العينة المقاسة بالكيلوجرام.

وتُستخدم هذه العلاقة لحساب النشاط النوعي عندما تكون C هي مساحة القمة الصافية، ويكون القياس بالثواني وكتلة العينة بالكيلوجرام.

وقد أُجريت الحسابات باستخدام مساحات القمم الصافية بعد طرح الخلفية الاشعاعية، مع مراعاة كفاءة الكاشف واحتمالية انبعاث أشعة جاما عند الطاقة المستخدمة [10], [12], [14]

- الجرعة الممتصة في الهواء D :

هي مقدار الطاقة التي تصل الوسط من الاشعة المؤينة في الهواء على ارتفاع متر واحد فوق سطح الارض وتقاس بوحدة تسمى الراد Rad، وتقاس في النظام العالمي بوحدة الجراي Gray ورمزها Gy، ويمكن حساب معدل الجرعة الممتصة من العلاقة:

$$D = 0.462 A_{Ra} + 0.604 A_{Th}$$

حيث A_{Th} , A_{Ra} تراكيز النشاط المحدد (Bq/kg) لكل من Ra-226 والثوريوم Th-232. يقاس معدل الجرعة الممتصة بوحدة نانو جراي لكل ساعة (nGy/h)

- المكافئ الاشعاعي للراديوم Ra_{eq} :

هو مؤشر يوضح مساهمة وتأثير نظائر الراديوم والثوريوم وأيضا البوتاسيوم في عينات التربة أو مواد البناء وتقاس بوحدة Bq/kg ويحسب من العلاقة الآتية:

$$Ra_{eq} = A_{Ra} + 1.43 A_{Th}$$

ويُستخدم المكافئ الاشعاعي لتقييم مستوى التعرض الاشعاعي الناتج عن هذه النويدات المشعة.

- الجرعة الفعالة السنوية AEDE:

هي المعامل الاشعاعي المستخدم للحكم على مدى الآثار الصحية الناتجة عن الجرعة الممتصة، تقاس بوحدة (mSv/y)، ويمكن حسابها من العلاقة الآتية:

$$AEDE(mSv/y) = D \times O \times CF \times 10^{-6}$$

حيث D معدل الجرعة الممتصة، O الوقت الكلي الذي يقضيه الافراد بالداخل، CF عامل التحويل بين الجرعة الممتصة في الهواء والجرعة الفعالة التي يتلقاها الشخص البالغ ويساوي (0.7 Sv/Gy)، كما يمكن حساب O من العلاقة:

$$O = 0.8 \times 24 \text{ h/d} \times 365.25 \text{ d/y}$$

تُستخدم القيمة 0.8 كمتوسط الوقت الذي يقضيه الشخص بالداخل، كما يشير h الى الزمن بالساعة و d الزمن باليوم و y الزمن بالسنة.

- مؤشر الخطر الخارجي H_{ex} :

يستخدم هذا المؤشر لتقييم مخاطر الاشعاع ويُحسب من العلاقة:

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370Bq/kg} + \frac{A_{Th}}{259Bq/kg} + \frac{A_k}{481Bq/kg}$$

ويجب ان يكون $H_{ex} < 1$.

- مؤشر الخطر الداخلي H_{in} :

يستخدم هذا المؤشر لتقييم الخطر الاشعاعي الداخلي الناتج عن التعرض لغاز الرادون ونواتج اضمحلاله، والتي قد تنتج من وجود الراديوم Ra-226 والثوريوم Th-232 و البوتاسيوم K-40 في التربة أو المواد المشعة الطبيعية.

بالنسبة الى النظائر الثلاث، يُحسب عادة من العلاقة:

$$H_{in} = \frac{A_{Ra}}{185Bq/kg} + \frac{A_{Th}}{259Bq/kg} + \frac{A_k}{4810Bq/kg}$$

ويُعد المؤشر مقبولا عندما تكون قيمته اقل من أو يساوي الواحد الصحيح. [16]. [17].

خامسا: التحليل الاحصائي ومعالجة البيانات :

في هذا البحث ولغرض اجراء الحسابات الإحصائية ومعالجة البيانات، فقد تم استخدام برنامج Microsoft Excel، وقد شملت المعالجة الإحصائية حساب المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، والقيم الاحصائية الدنيا والعليا، كما تم استخدام البرنامج في حساب المؤشرات الإشعاعية المختلفة، وإعداد الجداول والرسوم البيانية لعرض النتائج.

سادسا: النتائج والحسابات:

اثبت التحليل الطيفي لأشعة جاما وجود أطياف للعناصر المشعة المراد حساب تركيزها الإشعاعي بالإضافة الى أطياف تعود لعناصر مشعة أخرى كالبوتاسيوم K^{40} و البزموت Bi^{214} وغاز الرادون وغيرها. يوضح الجدول الآتي متوسط قيم تركيز العناصر المشعة لنظيري Ra^{226} و Th^{232} في المواقع المختلفة، وكذلك معدل الجرعة الممتصة ومؤشري الخطر الداخلي والخارجي.

الجدول (1) يوضح قيم النشاط الاشعاعي لنظيري الراديوم والثوريوم في المواقع العشر المختلفة والقيم المقابلة لها للمكافئ الاشعاعي الراديومي ومعدل الجرعة الممتصة وأيضا مؤشري الخطر الخارجي والداخلي لكل موقع من مواقع الدراسة.

الموقع		النشاط الاشعاعي A (Bq/kg)		المكافئ الاشعاعي للراديوم Ra_{eq} (Bq/kg)	الجرعة الممتصة في الهواء D (nGy/h)	مؤشر الخطر الخارجي H_{ex}	مؤشر الخطر الداخلي H_{in}
		الراديوم	الثوريوم				
A	A ₁	16 ± 0.6	0.9±9.5	6.29±1.42	13.1±0.61	0.08±0.004	0.12±0.005
	A ₂	0.8±15.6	0.5±12.1	32.9±1.07	14.5±0.48	0.08±0.003	0.13±0.005
	A ₃	0.7±17.4	1.1±11.7	34.1±1.72	15.1±0.74	0.09±0.005	0.13±0.006
B	B ₁	0.4±20.3	0.5±7.8	31.5±0.82	14.1±0.35	0.08±0.002	0.14±0.003
	B ₂	0.9±20	0.3±9.1	33.01±1.0	14.7±0.45	0.08±0.003	0.14±0.005
	B ₃	0.3±11.3	0.2±11.3	27.5±0.41	12.1±0.18	0.07±0.001	0.10±0.002
C	C ₁	0.3±12.3	0.7±10.1	26.7±1.05	11.8±0.44	0.07±0.003	0.10±0.003
	C ₂	0.1±9.7	0.4±7.9	21±0.58	9.25±0.25	0.05±0.002	0.08±0.002
	C ₃	0.6±14.1	0.2±11.7	30.8±0.66	13.6±0.3	0.08±0.002	0.12±0.003
D	D ₁	0.2±12.3	0.6±9.1	25.3±0.88	11.2±0.37	0.06±0.002	0.1±0.003
	D ₂	0.7±15.2	0.7±10.2	29.8±1.22	13.2±0.53	0.08±0.003	0.12±0.005
	D ₃	0.4±10.8	0.3±8.9	23.5±0.59	10.4±0.26	0.06±0.002	0.09±0.003
E	E ₁	0.3±25.5	0.6±18.3	51.7±0.91	22.8±0.39	0.14±0.003	0.2±0.003
	E ₂	0.1±20.3	0.3±19.2	47.8±0.44	20.9±0.51	0.13±0.001	0.18±0.001
	E ₃	0.6±23.8	0.7±18	49.5±1.17	21.9±0.51	0.13±0.003	0.2±0.004

F	F ₁	0.7±23.2	0.2±19.8	51.5±0.76	22.7±0.35	0.14±0.002	0.2±0.004
	F ₂	0.3±21.3	0.7±18.2	47.3±1.05	20.8±0.44	0.13±0.003	0.18±0.003
	F ₃	0.7±19.8	0.8±15.3	41.7±1.34	18.4±0.58	0.11±0.004	0.17±0.005
G	G ₁	0.6±30.3	0.7±25.5	66.8±1.17	29.4±0.51	0.18±0.003	0.26±0.004
	G ₂	0.7±33.9	0.6±20.1	62.6±1.11	27.8±0.49	0.17±0.003	0.26±0.004
	G ₃	0.8±31.9	0.3±15.4	54±0.91	24.04±0.41	0.15±0.002	0.23±0.004
H	H ₁	0.4±20.3	0.3±35.5	71.06±0.59	30.82±0.62	0.19±0.002	0.25±0.002
	H ₂	0.7±20	0.2±29.3	61.9±0.76	26.9±0.35	0.17±0.002	0.22±0.004
	H ₃	0.6±11.3	1.2±17.7	36.6±1.82	15.91±0.78	0.09±0.005	0.12±0.006
I	I ₁	0.3±13.1	0.5±9.1	26.1±0.78	11.55±0.33	0.07±0.002	0.11±0.003
	I ₂	0.2±11.8	0.6±10.1	26.2±0.88	11.55±0.37	0.07±0.002	0.10±0.003
	I ₃	0.4±15.1	0.3±13.7	34.7±0.59	15.25±0.26	0.09±0.002	0.14±0.002
J	J ₁	0.1±23.9	0.6±18.9	50.9±0.86	22.46±0.37	0.14±0.002	0.20±0.002
	J ₂	0.8±20.15	0.9±15.7	42.6±1.52	18.79±0.66	0.12±0.004	0.17±0.006
	J ₃	0.2±18.9	0.4±11.3	35.06±0.61	15.56±0.26	0.10±0.002	0.15±0.002

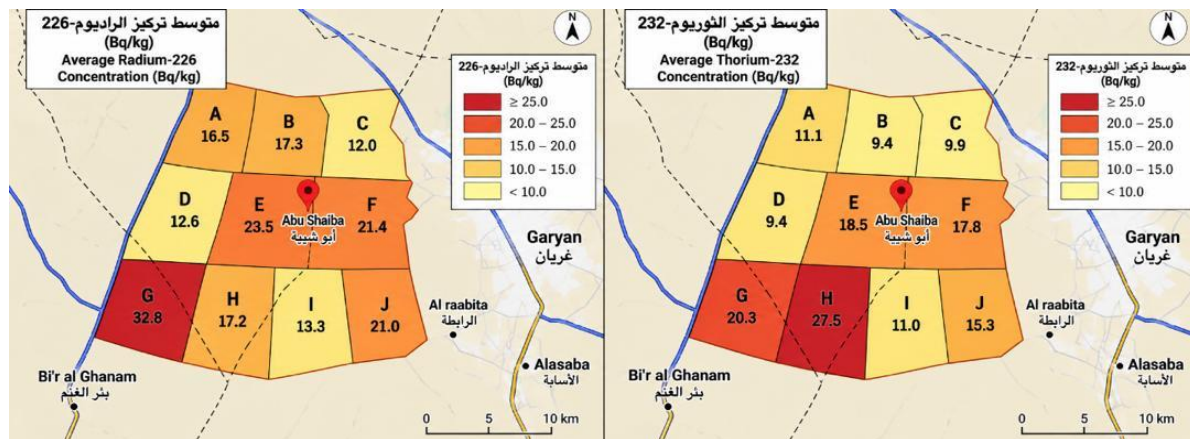
كما يوضح الجدول (2) قيم الجرعة الفعالة السنوية لكل موقع من مواقع الدراسة.

الجدول (2) يبين قيم الجرعة الفعالة السنوية لكل قيمة من قيم التراكيز الإشعاعية لنظيري الراديوم والثوريوم في مواقع الدراسة المختلفة.

الموقع		النشاط الإشعاعي A (Bq/kg)		الجرعة الفعالة السنوية AEDE (mSv/y)
		الراديوم	الثوريوم	
A	A ₁	16 ± 0.6	0.9±9.5	0.064±0.003
	A ₂	0.8±15.6	0.5±12.1	0.071±0.002
	A ₃	0.7±17.4	1.1±11.7	0.074±0.004
B	B ₁	0.4±20.3	0.5±7.8	0.069±0.002
	B ₂	0.9±20	0.3±9.1	0.072±0.002
	B ₃	0.3±11.3	0.2±11.3	0.059±0.001
C	C ₁	0.3±12.3	0.7±10.1	0.058±0.002
	C ₂	0.1±9.7	0.4±7.9	0.045±0.001
	C ₃	0.6±14.1	0.2±11.7	0.067±0.002
D	D ₁	0.2±12.3	0.6±9.1	0.055±0.002
	D ₂	0.7±15.2	0.7±10.2	0.065±0.003
	D ₃	0.4±10.8	0.3±8.9	0.051±0.001
E	E ₁	0.3±25.5	0.6±18.3	0.112±0.002
	E ₂	0.1±20.3	0.3±19.2	0.103±0.001
	E ₃	0.6±23.8	0.7±18	0.107±0.003
F	F ₁	0.7±23.2	0.2±19.8	0.111±0.002
	F ₂	0.3±21.3	0.7±18.2	0.102±0.002
	F ₃	0.7±19.8	0.8±15.3	0.090±0.003
G	G ₁	0.6±30.3	0.7±25.5	0.144±0.002
	G ₂	0.7±33.9	0.6±20.1	0.136±0.002
	G ₃	0.8±31.9	0.3±15.4	0.118±0.002
H	H ₁	0.4±20.3	0.3±35.5	0.151±0.001
	H ₂	0.7±20	0.2±29.3	0.132±0.002
	H ₃	0.6±11.3	1.2±17.7	0.078±0.004
	I ₁	0.3±13.1	0.5±9.1	0.057±0.002

I	I ₂	0.2±11.8	0.6±10.1	0.057±0.002
	I ₃	0.4±15.1	0.3±13.7	0.075±0.001
J	J ₁	0.1±23.9	0.6±18.9	0.110±0.002
	J ₂	0.8±20.15	0.9±15.7	0.092±0.003
	J ₃	0.2±18.9	0.4±11.3	0.076±0.001

في الشكل التالي التوزيع المكاني لمتوسط تركيزات الراديوم-226 والثوريوم-232 في منطقة أبوشيبية، غريان ، حيث تم استخدام برنامج لرسم الخريطة ووضع الاحداثيات لكل موقع وعلى كل موقع متوسط التركيز ، حيث يمثل الشكل على الجهة اليمنى التوزيع المكاني لنظير الثوريوم ، وعلى الجهة اليسرى التوزيع المكاني لنظير الراديوم.



الشكل 6 : خريطة توزيع مكاني لمتوسط التركيزات الاشعاعية للنظيرين في المواقع العشر المستهدفة ، على اليمين تركيز نظير الراديوم وعلى اليسار تركيز نظير الثوريوم.

سادسا: مناقشة النتائج:

من النتائج السابقة نجد أن متوسط تركيز عنصر الراديوم-226 في كل عينات التربة المأخوذة من منطقة الدراسة بلغ Bq/kg 20.47 ± 0.48 ، في حين بلغ متوسط تركيز عنصر الثوريوم 15 ± 0.55 Bq/kg ، وذلك وفقا للقيم المحسوبة في هذه الدراسة. ويشير ذلك الى ان متوسط تركيز عنصر الثوريوم أقل من متوسط تركيز عنصر الراديوم في عينات التربة محل الدراسة، كما يتضح من الخريطة أن أعلى تركيز لنظير الراديوم-226 كان في المنطقة G بمتوسط تركيز وصل الى 32.8 Bq/kg أما نظير الثوريوم فكان أعلى تركيز له في المنطقة H بمتوسط يساوي 27.5 Bq/kg .

قد تُعزى هذه الاختلافات في تركيزات النويدات المشعة الطبيعية في التربة إلى مجموعة من العوامل الجيولوجية والبيئية، من بينها نوع الصخور الام، ودرجة التجوية، خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية ، محتوى الطين والمادة العضوية، إضافة الى عمليات نقل المواد وترسيبها و ايضا التكوينات الرسوبية الموجودة في المنطقة محل الدراسة والمناطق المجاورة لها كتكوين العريزية وتكوين ككلة وابوشيبية. وتُعد هذه العوامل من المحددات المهمة لتوزيع النويدات المشعة الطبيعية في البيئة، الا أن تحديد العامل المسؤول عن الاختلافات في منطقة الدراسة يتطلب دراسة إضافية عن الخصائص الجيولوجية والكيميائية للتربة والصخور الأم.

كذلك، قد تُسهم بعض الأنشطة البشرية، مثل الاستخدام المتكرر لبعض الأسمدة الفوسفاتية، في تغيير تركيزات بعض النويدات المشعة الطبيعية في التربة، بحسب نوع السماد ومصدره وكميات استخدامه. كما قد تؤثر الأنشطة الزراعية والرعي وعمليات الحفر والتعدين في توزيع المواد المشعة في التربة، إذا كانت هذه الأنشطة قائمة في منطقة الدراسة. ولذلك، فإن اختلاف التراكيز بين المواقع قد يرتبط بتداخل العوامل الطبيعية والبشرية، ولا يمكن ارجاعه الى عامل واحد دون توافر بيانات داعمة.

وبمقارنة النتائج الحالية بالقيم المرجعية العالمية الواردة في تقارير UNSCEAR لعام 2024، والبالغة 33 Bq/kg للراديوم-226 و 42 Bq/kg للثوريوم-232، يتضح أن متوسط التراكيز للراديوم والثوريوم أقل من القيم المرجعية العالمية. ويشير ذلك الى أن متوسطات التركيزات المقاسة في عينات الدراسة تقع دون القيم المرجعية المذكورة.

كما أظهرت النتائج ان قيم معدل الجرعة الممتصة لجميع العينات كانت أقل بكثير من القيمة الموصى بها عالميا والبالغة (55 nGy/h). قيم مؤشر الخطر الخارجي والداخلي كانت أقل من الواحد لجميع العينات، اما قيم معدل الجرعة الفعالة السنوية لجميع العينات المدروسة فكانت أقل من القيمة الموصى بها وهي (1mSv/y)، مما يؤكد عدم وجود أي خطورة على السكان والقاطنين بتلك المناطق.

سابعا : مقارنة النتائج بالدراسات السابقة والقيم المرجعية :

وبشكل عام يتضح من مقارنة النتائج ان الاختلاف في تراكيز النشاط الاشعاعي لنظيري ^{232}Th و ^{226}Ra بين منطقة الدراسة والمناطق الأخرى قد يرتبط بالاختلاف بالخصائص الجيولوجية والمعدنية والفيزيائية والكيميائية للتربة إضافة الى اختلاف مصادر المواد المكونة لها والعوامل البيئية والنشاطات البشرية المؤثرة فيها. كما أن الاختلافات في القيم المسجلة بين الدراسات المختلفة قد تُعزى الى طبيعة المناطق الجغرافية، و أنواع التربة والصخور المكونة لها، وطرق أخذ العينات وتحضيرها، وكذلك الى اختلاف ظروف القياس والأجهزة المستخدمة.

وتشير المقارنة الى أن تراكيز النشاط الاشعاعي المقاسة في عينات التربة بمنطقة أبوشيبية تقع ضمن النطاق القيم المسجلة في عدد من الدراسات السابقة، كما أن القيم المسجلة ل ^{232}Th و ^{226}Ra كانت أقل من المتوسطات العالمية المرجعية الواردة في تقارير UNSCEAR، والتي تستخدم لأغراض المقارنة

يبين الجدول (3) مقارنة النتائج المتحصل عليها عند حساب تركيزات النشاط الاشعاعي للنظيرين موضع الدراسة في تربة عدد من الدول العربية والعالمية .

الجدول 3: مقارنة تراكيز النشاط الاشعاعي لنظيري الراديوم-226 والثوريوم-232 في تربة منطقة الدراسة مع نتائج دراسات سابقة

Bq/kg الفاعلية		المرجع	المدينة / المنطقة / الدولة
الثوريوم 232-Th	الراديوم 226-Ra		
5.5	26.5	20	مدينة الزاوية- ليبيا
9.5	10.5	21	مدينة طرابلس- ليبيا
12.18	22.16	22	مدينة زليتن – ليبيا
29.37	33.66	23	مدينة ماردن- تركيا
17.73	13.58	24	نامبيا
109	66	25	منطقة يانغجيانغ-الصين
11.1	21.9	26	كوريا الجنوبية
46.7-39.2	18.9-17.3	27	روسيا
42	33	2024	UNSCAR
15.5	20.5	الدراسة الحالية 2026	منطقة أبوشيبية

يتضح من الجدول (3) وجود تباين في تراكيز النشاط الاشعاعي لنظيري ^{232}Th و ^{226}Ra بين منطقة الدراسة والمناطق الأخرى. ويُعزى هذا التباين بصورة أساسية الى الاختلاف في الخصائص الجيولوجية والمعدنية والجيوكيميائية للتربة، إضافة إلى اختلاف طبيعة الصخور الام والعوامل البيئية المؤثرة في توزيع النويدات المشعة.

وعليه توفر هذه الدراسة بيانات أولية من مستويات النشاط الاشعاعي الطبيعي لنظيري ^{232}Th و ^{226}Ra في تربة منطقة أبوشيبية بمدينة غريان، ويمكن أن تمثل هذه البيانات أساسا مرجعيا للدراسات المستقبلية الخاصة بتقييم الخلفية الاشعاعية في المنطقة ومتابعة أي تغيرات محتملة في مستويات النشاط الاشعاعي فيها.

المراجع

- [1]خ.م. العنقري, الاستشعار عن بعد وتطبيقاته في الدراسات المكانية , الرياض، المملكة العربية السعودية: جامعة الملك سعود، 1986.
- [2]ح. مجاهد مسعود، جغرافية ليبيا، طرابلس: مكتبة طرابلس للنشر، 1998.
- [3]م.ش. الدغمة، فيزياء الإشعاع قياساته وتطبيقاته العملية، ط.1، بيروت، لبنان: معهد الإنماء العربي، ص.131-169، 1998.
- [4]ي. مولود وآخرون ، الفيزياء الحديثة، ط.2. طرابلس، ليبيا: الشركة الخضراء للطباعة والنشر، 2007.
- [5]م. فاروق، أ. السريع ، مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها، ط.8، الرياض، المملكة العربية السعودية: مطابع جامعة الملك سعود، 2007.
- [6]م.ش. الدغمة، ع. م. جمعة، الفيزياء النووية ، جامعة طرابلس: مكتبة الفلاح، ص. 67- 101 ، 1977.
- [7]أحمد الناعي، الفيزياء النووية، ط.2، القاهرة، مصر: دار الفكر العربي، ص 69-85، 2005.
- [8]شذى عبد الحسين، «إيجاد تراكيز المواد المشعة في التربة باستخدام تقنية التحليل الطيفي لأشعة جاما»، رسالة ماجستير، كلية التربية (ابن الهيثم)، جامعة بغداد، بغداد، العراق، 1995.
- [9]محمد رجب القدار، «دراسة تركيز النشاط الإشعاعي في التربة لمدينة زليتن»، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الزاوية، ليبيا، 2010 ص "55-82.
- [10]United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, vol.1. New York, NY, USA: United Nations, 2000.
- [11]A. Malanca, V. Pessina, and G Dallara, "Assessment of the natural radioactivity in the Brazilian state of Rio Grande do Norte," Health Physics, vol.65, no.3, pp.298-302, 1993, doi:10.1097/00004032-1993000-00008.
- [12]Y.Y. Ebaid, M.S. EL-Tahawy, A.A. EL-Lakany, S.R. Garcia, G.H. Brooks, "Environmental radioactivity measurements of Egyptian soils", Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry, Vol. 243, 2000.
- [13] H.A. Enge, Introduction to Nuclear Physics, USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1966.
- [14]G.F. Knoll Radiation Detection and Measurement, 4th Edition, USA, 2010.
- [15] K.S. Krane, Introductory Nuclear Physics", New York, NY, USA, 1987.
- [16]J. Lilley, Nuclear Physics: Principles and Application. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons.
- [17]J. Beretka, and P.J. Mathew, "Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products". Health Physics, vol. 48, no.1, pp. 87-95, 1985.
- [18]A.G.E. Abbady, "Estimation of radiation hazard indices from natural radioactive elements in building materials used in Upper Egypt", 2004.
- [19] A.EL-Taher, "Elemental analysis and radioactivity levels of commercial phosphate fertilizers in Egypt", 2010.
- [20]V. Ramasamy, G.Suresh, Meenakshisundaram, and V. Gajendran, "Evaluation of natural

- radionuclide content in river sediments and excess lifetime cancer risk due to gamma radioactivity". Research Journal of Environmental and Earth Sciences, vol.1,no.1, pp. 6-10,2009.
- [21]M. Sahoub, "Determination of the Levels of Natural Radioactivity and the Resulting Radiation Hazards in the Soil from the Cities of Wadi El-Shati and Zawiya (Libya)". International Journal of Physics, vol.12,no.pp. 34-39,2024, doi:10.12691/ijp-12-1-3.
- [22]M.A. Shenber, "Measurement of natural radioactivity levels in soil in Tripoli". Applied Radiation and Isotopes, vol. 48no.1, pp. 147-148,1997,doi:10.1016/S0969-8043(96)00065-6.
- [23]M.G. Sahoub, and M.R. Alkadar," Determination of Radioactivity Concentrations of Ra226 ,Th232 , K40 in Soil Samples in the City of Zliten, Libya, and the Associated Radiation Hazard". University of Zawia Journal of Natural Sciences,vol.3,pp.1-8, doi: 10.26629/uzjns.2026.01.
- [24]E. Cetin, N. Sezgin, and S.A. Nemlioglu, " Comprehensive Analysis of Radiological Parameters in Historical City Soil". The Case of Mardin, Turkiye". Applied Sciences, vol.15,no.9,Art.no. 4792, 2025.
- [25]M.V. Hitila, and S.A. Onjefu, "Natural radioactivity and associated radiological health hazards in soil around Van Eck Power Plant, Windhoek, Namibia," Heliyon, vol. 8, no.12, Art.no. e12056, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12056.
- [26]B. Yang, C. Pang, F.Tuo, Q. Zhou, and Z. Li, "Radioactivity and elemental oxidation composition in soil from Yangjiang, a high background natural radiation area, China," Journal of Environmental Radioactivity, vol. 276, Art.no.107447, 2024,doi: 10.1016/j.jenvrad.2024.107447.
- [27]J. Lee, H. Kim, Y.U. Kye, D.Y. Lee, W.S. Jo, C.K. Lee, J.G. Kim, J.H. Baek, and Y.R. Kang, "Activity concentrations and radiological hazard assessments of Ra226 ,Th232 ,K40 and Cs137 in soil samples obtained from the Dongnam, Institute of Radiological & Medical Science, Korea," Nuclear Engineering and Technology, vol.55, no.7, pp.2388-2394,2023,doi:10.1016/j.net.2023.03.022.
- [28]S.V. Lukin, "Radionuclides (K40 ,Th232 ,Ra226 ,Cs137 ,Sr90) in agroeco systems of the Central Chernozem region," Doklady Earth Sciences, vol.519,no.2, pp.156-162,2024.