

الكشف عن الحرارة الناتجة عن تحديد تراكيز بعض النويدات المشعة لعينات مختلفة من المياه الطبيعية في محافظة نينوى، العراق

عاطف محمد الطاهر

قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة الازهر / مصر

فراس محمد علي الجميلي

قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة الموصل

دانية صالح مصطفى الصوفي

p-ISSN: 1608-9391

e-ISSN: 2664-2786

Article information

Received:30/6/2022

Revised:20/8/2022

Accepted:28/8/2022

DOI: 10.33899/rjs.2023.178581

corresponding author:

دانية صالح مصطفى الصوفي

Danva.20scp2@student.uomosul.edu.iq

فراس محمد علي الجميلي

dr.firas@uomosul.edu.iq

عاطف محمد الطاهر

atef.eltaher@gmail.com

الملخص

أشتملت الدراسة الحالية على تحديد معدل إنتاج الحرارة Heat Production Rate (HPR) الناتجة عن انحلال العناصر المشعة (^{238}U , ^{232}Th , and ^{40}K) بعد تحديد تراكيزها باستعمال تقنية تجميع طيف أشعة كاما عن طريق كاشف أيوديد الصوديوم (TI) NaI. إذ تكمن أهمية تحديد معدل إنتاج الحرارة لما لها تأثير بالغ على سطح القشرة الأرضية ولاسيما في ظروف التصحر الذي يجتاح المعمورة في العقدين الأخيرين ولتحقيق هدف الدراسة تم جمع 30 عينة من المياه الطبيعية حيث تنوعت تلك العينات ما بين مياه الأمطار والسدود والمياه الجوفية ومياه الإسالة إلى مياه الينابيع الطبيعية. أظهرت النتائج بأن تركيز اليورانيوم (^{238}U) تراوح ما بين (0.006–0.161ppm) وتركيز الثوريوم (^{232}Th) ما بين (0.110–0.462ppm) إلى جانب تركيز البوتاسيوم (^{40}K) ما بين (0.023–0.123%). أظهرت هذه القيم مستويات إشعاعية أقل من الحدود الأمانة والمعيارية التي وضعتها لجنة UNSCEAR. بينما أظهرت النتائج لمعدل إنتاج الحرارة قيماً تراوحت ما بين ($0.0091\text{--}0.0223\ \mu\text{W}/\text{m}^3$)، مما يشير إلى معدل إنتاج حرارة منخفض ولا يؤثر على درجة حرارة القشرة الأرضية في حدود مواقع العينات التي اشتملت هذه الدراسة عليها. يمكن استعمال نتائج الدراسة الحالية لتوفير بيانات أساسية للتحقيقات الوبائية المستقبلية وبرامج المراقبة في المناطق قيد الدراسة.

الكلمات الدالة: معدل إنتاج الحرارة، المياه الطبيعية، كاشف أيوديد الصوديوم (TI) NaI، النويدات المشعة، النشاط الإشعاعي.

المقدمة

مصادر الإشعاع الطبيعي هي الشمس والأشعة الكونية وكذلك العناصر المشعة الطبيعية الموجودة في قشرة الأرض مثل اليورانيوم ^{238}U والثوريوم ^{232}Th والبوتاسيوم ^{40}K ، والتي تمثل أقدم العناصر المشعة في الطبيعة، فضلاً عن نواتج انحلالها الإشعاعي على سبيل المثال يتم إطلاق غاز الرادون من الأرض نتيجة لانحلال الراديوم الطبيعي (Pereira et al., 1986). تحتوي مكونات البيئة من حولنا على كميات متفاوتة من الإشعاع حيث نجد أن الماء والهواء والصخور ومواد البناء والتربة بجميع أنواعها وحتى داخل جسم الكائن الحي تحتوي على النويدات المشعة التي تنتج عن العناصر التي وجدت في الطبيعة (Radiation, 1972). يعد التلوث الإشعاعي من أخطر أنواع التلوث البيئي عندما تصل المواد المشعة إلى خلايا الجسم تحدث أضرار خارجية وداخلية قد تؤدي إلى موت الإنسان وأن التلوث الإشعاعي يحدث من مصادر طبيعية مثل الأشعة المنبعثة من الفضاء الخارجي والغازات المشعة المتصاعدة من قشرة الأرض، أو المصادر الصناعية التي تحدث، مثل المفاعلات الذرية ومحطات الطاقة النووية والنظائر المشعة المستخدمة في الزراعة والطب و الصناعة (Kinsey et al., 1996). يشار إلى النظائر المشاركة في معدل إنتاج الحرارة المشعة على أنها النويدات مشعة بدائية في الجيوفيزياء، النظائر البدائية هي نوكليدات متوفرة بكثرة على الأرض وتوجد منذ تكوين الأرض (Hoffman et al., 1971). من العوامل المهمة في تدفق حرارة سطح الأرض كمية المواد المشعة بشكل طبيعي الموجودة في قشرة الكوكب. يعد قياس مصادر الحرارة المشعة هدفاً أساسياً لاستقصاءات تدفق الحرارة، خاصة بالنسبة للغلاف الصخري للقارات، والذي يحتوي على تركيبة معقدة مقارنة بالغلاف الصخري المحيطي (Martin et al., 2018). التحلل الطبيعي للذرات من خلال العملية الطبيعية المعروفة بالنشاط الإشعاعي هي عملية تطلق حرارة تزيد من تبديد الطاقة المرتبطة بالتبريد البطيء للكوكب. تدفق الحرارة السطحية في المناطق القارية، حيث تكون القشرة عادةً أكثر سمكاً، ويمكن أن تنتج بشكل رئيس عن الانحلال الإشعاعي (60%)، إسهام ذي صلة في تبديد الحرارة من اللب والغطاء (40%). وتعرف الطاقة الحرارية الأرضية، وهي استخراج الحرارة من باطن الأرض، تستخدم على نطاق واسع من قبل البشر لتدفئة المناطق وإنتاج الكهرباء، عادة في مناطق من العالم حيث يكون تدفق الحرارة أعلى بكثير من المتوسط العالمي، مثل في المناطق البركانية النشطة (Glassley, 2014). ومع ذلك، فقد تم توسيع استخدام الطاقة الحرارية الأرضية بنجاح في العقود الماضية ليشمل الإعدادات الجيولوجية الأخرى حيث لا يكون تدفق الحرارة شديداً للغاية، ولكن يمكن إنشاء الخزانات الحرارية الأرضية في أعماق أعلى من خلال التقنيات الهندسية. هذا هو الحال، على سبيل المثال، في مشاريع الطاقة الحرارية الأرضية العميقة في سولنتز ولانداو، حيث توجد الخزانات في كاليفورنيا على عمق 5 كم يتميز كلاهما بوجود الكرانيت، والصخور عادةً ما تكون غنية جداً بالعناصر المشعة، وقيم تدفق الحرارة أعلى بشكل معتدل من المعتاد (Lamas et al., 2015) (Abbadly and Al-Ghamdi, 2018). لا يقتصر الأمر على المحتوى الحراري للأرض الذي يوفر المصدر الداخلي الرئيس للحرارة فحسب، بل أيضاً الانحلال الإشعاعي للنظائر غير المستقرة لليورانيوم ^{238}U ، ^{235}U ، والثوريوم ^{232}Th ، والبوتاسيوم ^{40}K . للنويدات المشعة أنصاف عمر يمكن مقارنتها بعمر الأرض، ويتحول جزء كبير من انبعاثاتها بالكامل إلى حرارة داخل الصخور (Ali and Orazulike, 2010). أكبر مصدر خارجي لإشعاع جسم الإنسان هو إشعاع كاما المنبعث من هذه النويدات المشعة، والذي يمكن اعتباره أكبر إسهام في الجرعة الخارجية التي يتلقاها سكان العالم (Radiation, 1996). تهدف الدراسة الحالية إلى الكشف عن معدل إنتاج وتدفق الحرارة الناتجة من الانحلال الإشعاعي بعد قياس تراكيز النويدات المشعة (^{238}U ، ^{40}K ، ^{232}Th) في أنواع مختلفة من المياه الطبيعية في محافظة نينوى، العراق. عن طريق التحليل الطيفي بأشعة كاما باستخدام كاشف أيودييد الصوديوم المنشط بالتاليوم (NaI (TI).

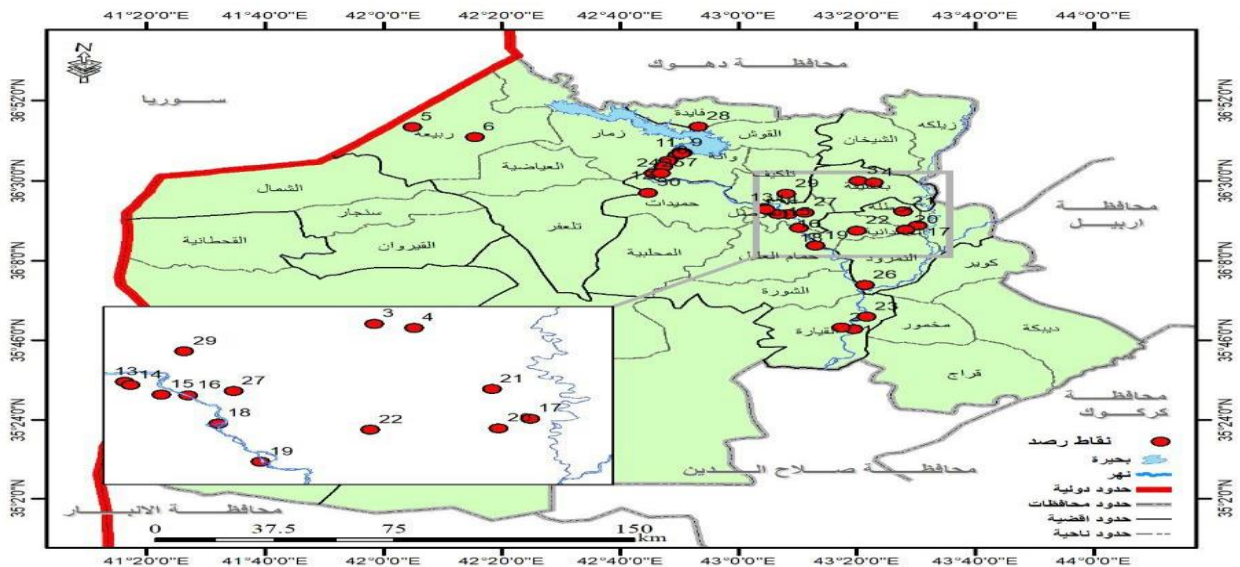
المواد والأساليب

وصف منطقة الدراسة

تم اختيار محافظة نينوى كموقع دراسة لهذا العمل. تقع في شمال غرب العراق ومركزها مدينة الموصل على بعد 465 كيلومترًا من بغداد عاصمة البلاد ويبلغ عدد سكان نينوى ما يقارب ثلاثة ملايين نسمة وهي ثاني أكبر محافظة بعد بغداد تقع المقاطعة بين خطي طول 36° درجة وخط عرض 43° درجة يمر نهر دجلة عبر المحافظة ويقسم الموصل إلى ساحلين ، يسارًا ويمينًا ، مع مدن وقرى رئيسة على كلا الجانبين. يمكن اعتبار دراسة النشاط الإشعاعي في هذه المدينة مهمة بسبب الإهمال البيئي الذي تعاني منه المحافظة ومركزها، مدينة الموصل، نتيجة القصف والدمار اللذين تعرضت لهما المدينة خلال الحرب التي عانت منها. وله تأثير كبير على تكوين البيئة وخاصة المياه، ويعتبر نهر دجلة الذي يمر عبر المدينة المصدر الرئيسي لمياه الشرب وغيرها من الضروريات، وكذلك للاستخدام الزراعي والري.

تقنيات جمع وتحضير العينات

جمعت العينات في محافظة نينوى في آب من سنة 2021. وشملت العينات (المياه الطبيعية) معظم مشاريع تنقية المياه في مدينة الموصل والمناطق المحيطة بها، مثل سد الموصل على نهر دجلة (عينات من المياه الطبيعية لثلاث مواقع من سد الموصل)، والآبار الجوفية التي تزود معظم المناطق البعيدة بالمياه، ونهر دجلة، وعدد من الينابيع المعدنية، وكذلك مياه الأمطار بالمدينة. يوضح الشكل (1) الهيكل الإداري لمحافظة نينوى والأماكن التي تم فيها جمع عينات المياه. تم إحضار ثلاث عينات من كل موقع وخلطها معًا وأخذ عينة واحدة من الخليط بسعة 5 لتر. واشتملت العينات على مياه خام طبيعية لمشروعات تنقية المياه ومشروع سد الموصل من أعماق 3-4 متر تحت سطح النهر فيما تراوحت اعماق الآبار من (30-180) مترا. يمثل (الجدول 1) المواقع التي تم أخذ العينات منها. تم استخدام عبوات بلاستيكية سعة 5 لتر بعد غسلها جيدًا بحمض الهيدروكلوريك المخفف لحفظ عينات المياه يتميز الحمض بتقليل امتصاص النويدات المشعة على جدران الحاوية. مع منع تكوين الطحالب. يتم ترشيح المياه لإزالة أي جزيئات عالقة في العينات قبل تعبئتها في الحاويات. يتم إغلاق فتحة الحاويات بإحكام بشريط بارافين وتترك لمدة 28 يومًا على الأقل للحصول على التوازن الإشعاعي للنويدات المشعة ووليداتها. بعد ذلك، يوضع لتر واحد من الماء في وعاء مارينيلي لغرض التحليل وجمع طيف أشعة كما المنبعثة من محتوى النويدات المشعة في العينات. تم تقدير تراكيز النظائر المشعة بما في ذلك ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K باستخدام دراسة طيفية لهذه الأشعة باستخدام كاشف NaI(Tl) متصل بمحلل متعدد القنوات.



الشكل 1: خريطة جيولوجية توضح المواقع التي أخذت منها عينات المياه من مناطق مختلفة في محافظة نينوى.

مطيافية أشعة كاما

تم استخدام نظام التحليل الطيفي لأشعة جاما (SPECTCH USC-20) المقدم من (Spectrum Techniques LLC)، الولايات المتحدة الأمريكية) المرتبط بكاشف وميض (TI) NaI بأبعاد (2.5 سم × 3.8 سم). يتكون هذا النظام من مضخم، ومضخم رئيس، ومزود بقدرة عالية (في هذه الدراسة، كان الجهد المستخدم 600 فولت، وهو ضمن ثبات جهد التشغيل للكاشف الوميضي) ومحلل متعدد القنوات (MCA). كاشف الوميض متصل بنظام يسمى (SPECTECH UCS-20) والذي بدوره مرتبط بجهاز كومبيوتر مع برنامج لغرض تشغيله وجمع الطيف وتحليل النتائج. أن معايرة الطاقة من أهم العوامل التي ينبغي مراعاتها قبل الشروع في عملية التحليل وذلك من أجل الحصول على نتائج دقيقة يعود ذلك الى حقيقة أن تفسير طيف أشعة كاما يعتمد على النويدات المشعة والطاقة بدلا من الجهد و رقم القناة (Wais and Najam, 2021). ولهذا السبب قمنا بمعايرة الطاقة بشكل تجريبي والتحقق منها باستخدام المصادر القياسية ^{133}Ba و ^{137}Cs و ^{60}Co ، والتي تحتوي على خطوط كاما عند 356keV ، 661.6 keV ، و (1173.2 ، 1332.5) keV على التوالي، من خلال جمع طيف كاما لهذه النظائر لمدة 180 ثانية و حساب قيمة الطاقة لكل قناة (keV/channel) علاوة على ذلك، قمنا بمعايرة كفاءة الكاشف باستخدام مصدر قياسي من اليوروبيوم ^{152}Eu بمجموعة من الطاقات المعروفة تتراوح من (121.8 keV إلى 1408). تم إجراء المعايرة في نفس الظروف مثل قياسات عينة الماء عن طريق وضع المصدر في وعاء Marinelli والنقاط طيف كاما الخاص به لنفس الفترة الزمنية، 18000 ثانية، واستخدام علاقة النشاط الإشعاعي المذكورة في المعادلة (1).

حساب تراكيز النشاط الإشعاعي

يتم فحص عينات المياه التي تم إحضارها من مناطق مختلفة من محافظة نينوى عن طريق وضع لتر واحد من الماء الذي تم إخضاعه للتوازن ما قبل الإشعاعي، في وعاء يشبه وعاء مارينيلي، ومن ثم يتم إدخال بلورة الكاشف بهدوء في نفس الوعاء بحيث تواجه العينة المراد فحصها. وكل هذا محاط بصفائح من الرصاص بسمك 5 سم وذلك لتقليل الخلفية الإشعاعية ولمنع الإشعاع الخارجي من الوصول إلى الكاشف. ثم يتم جمع طيف أشعة كاما المنبعثة من عينة المياه لمدة 18000 ثانية. وذلك بحساب المنطقة الواقعة تحت منحنى طيف كاما، يتم حساب تراكيز محتوى النويدات المشعة ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K في العينات باستخدام علاقة النشاط الإشعاعي كما في الصيغة التالية. و تجدر الإشارة إلى أنه تم قياس الخلفية الإشعاعية لنفس الفترة الزمنية وطرح قيمتها للحصول على النشاط الإشعاعي الفعلي الناتج عن العينات (Taher and Mohammad, 2020).

$$C = \frac{(N-B) \pm \sqrt{N-B}}{\epsilon_{\gamma} I_{\gamma} t M} \dots\dots\dots (1)$$

وتشير C في المعادلة إلى النشاط الإشعاعي بوحدة (Bq/L)، N تمثل كل المنطقة الواقعة تحت الذروة الضوئية لطاقة النظائر المشعة، B هي إشعاع الخلفية للمختبر، ϵ_{γ} هي كفاءة الكاشف عند طاقة معينة لخط كاما للنويدات المقاسة، I_{γ} هو شدة النسبة المئوية لأشعة كاما المنبعثة من العنصر المشع، M هي في الواقع كتلة العينة المستخدمة (1Kg)، و t زمن التجميع بالثواني. بعد حساب تراكيز النشاط البالغة ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K في العينات، يتم تحويل مستويات تراكيز النشاط للنويدات المشعة المحسوبة من (Bq/L) إلى التركيز (ppm ، percentage%) للنويدات المشعة باستخدام معاملات التحويل الموضحة أدناه .

(1ppm) من اليورانيوم ^{238}U يعادل (12.35Bq/l)، (1ppm) من الثوريوم ^{232}Th يعادل (4.06Bq/l)، (1%) من البوتاسيوم ^{40}K يعادل (313Bq/l). (Sedara and Adelowo, 2015).

الجدول 1: يوضح مختلف أنواع ومواقع عينات المياه التي تم جمعها في مناطق مختلفة من محافظة نينوى

Sample ID	sample type	Location	(X-Y) coordinates
W1	المياه الخام	مشروع ماء القيارة	(43° 32' 21 80" , 35° 81' 89 29")
W2	مياه الصنبور النقية	مشروع ماء القيارة	(43° 28' 75 49" , 35° 82' 64 12")
W3	مياه الابار الباردة	رأس العين - بعشيقه	(43° 33' 72 52" , 36° 50' 18 17")
W4	مياه الابار الباردة	أبو جريوة- بعشيقه	(43° 37' 96 49" , 36° 49' 32 44")
W5	مياه الابار الباردة	ربيعه	(42° 25' 60 19" , 36° 70' 12 38")
W6	مياه الصنبور النقية	ربيعه	(42° 08' 01 36" , 36° 74' 69 60")
W7	مياه الينابيع المعدنية	عين كبريت- موصل	(43° 13' 79 70" , 36° 34' 74 06")
W8	المياه الخام	مشروع سد الموصل	(42° 82' 75 55" , 36° 61' 88 97")
W9	مياه الصنبور النقية	مشروع سد الموصل	(42° 80' 01 55" , 36° 59' 37 18")
W10	مياه الابار الباردة	القوسيات - موصل	(43° 13' 36 51" , 36° 44' 21 14")
W11	المياه الخام	مشروع الايمن الموحد	(43° 07' 00 72" , 36° 37' 66 00")
W12	مياه الصنبور النقية	مشروع الايمن الموحد	(43° 07' 62 31" , 36° 36' 95 43")
W13	مياه الصنبور النقية	بادوش - حميدات	(42° 78' 74 29" , 36° 56' 79 99")
W14	المياه الخام /المصب	مشروع سد الموصل	(42° 84' 26 47" , 36° 62' 92 48")
W15	المياه الخام /مدخل الطاقة	مشروع سد الموصل	(42° 83' 62 20" , 36° 63' 07 06")
W16	المياه الخام /بوابة الحارسة	مشروع سد الموصل	(42° 83' 79 87" , 36° 62' 65 49")
W17	مياه الصنبور النقية	كرمليس	(43° 50' 36 08" , 36° 29' 69 14")
W18	مياه الصنبور النقية	ألبوسيف	(43° 17' 04 03" , 36° 28' 63 22")
W19	مياه الينابيع المعدنية	حمام العليل	(43° 21' 57 51" , 36° 20' 36 71")
W20	مياه الصنبور النقية	مدينة الموصل القديمة	(43° 10' 98 37" , 36° 34' 90 97")
W21	مياه الصنبور النقية	الكسك	(42° 74' 38 40" , 36° 44' 66 27")
W22	مياه الصنبور النقية	قرقوش - بغديدا	(43° 46' 99 22" , 36° 27' 58 40")
W23	مياه الصنبور النقية	برطلة	(43° 46' 27 91" , 36° 36' 05 83")
W24	مياه الصنبور النقية	فائدة	(42° 88' 48 99" , 36° 74' 94 59")
W25	مياه الابار الباردة	الحمدانية - كرمليس	(43° 33' 26 61" , 36° 27' 29 66")
W26	المياه الخام /ضفة النهر	القيارة	(43° 35' 48 07" , 35° 87' 66 50")
W27	مياه الخامل	مشروع وانه	(42° 75' 90 14" , 36° 53' 55 08")
W28	مياه الصنبور النقية	مشروع وانه	(42° 78' 00 56" , 36° 53' 55 20")
W29	مياه الينابيع المعدنية	النمرود	(43° 35' 40 53" , 36° 02' 25 03")
W30	ماء المطر	مدينة الموصل	(43° 18' 64 88" , 36° 35' 62 76")

معدل إنتاج الحرارة

في هذا العمل، تم إجراء محاولة لتحديد حرارة النشاط الإشعاعي الناتجة عن النويدات المشعة التي تحدث بشكل طبيعي في المياه الطبيعية في جميع المواقع المختلفة للمواقع المغطاة. تقدر النويدات المشعة، المصدر الرئيسي للحرارة الداخلية للأرض. تم التركيز على العديد من الأبحاث على مدار العقود القليلة الماضية نظرًا لأهميتها في نمذجة التقييم الحراري للمياه الطبيعية. تساهم النظائر المشعة ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K في غالبية التدفق الحراري الأرضي هذه النويدات ضرورية لفهم قشرة الأرض (Abbadly and Al-Ghamdi, 2018). تقدر الكثافة ب $\text{Kg/m}^3(1000)$ وتعد هذه القيمة ثابتة لجميع العينات المدروسة

وللمواقع المختلفة ويعزى السبب في ذلك إلى كونها مياه طبيعية وخالية من الملوحة. بالإضافة إلى إمكانات توليد الحرارة، من خلال النظر في ثابت توليد الحرارة (كمية الحرارة المنبعثة لكل جرام لكل وحدة زمنية) ^{238}U ، ^{232}Th ، ^{40}K من الممكن قياس معدل إنتاج الحرارة باستخدام القيم الواردة في المعادلة التالية (Abbady, 2010).

$$A (\mu\text{Wm}^{-3}) = 10^{-5} \rho (9.52C_{U(\text{ppm})} + 2.56C_{Th(\text{ppm})} + 3.48C_{K(\%)}) \dots (2)$$

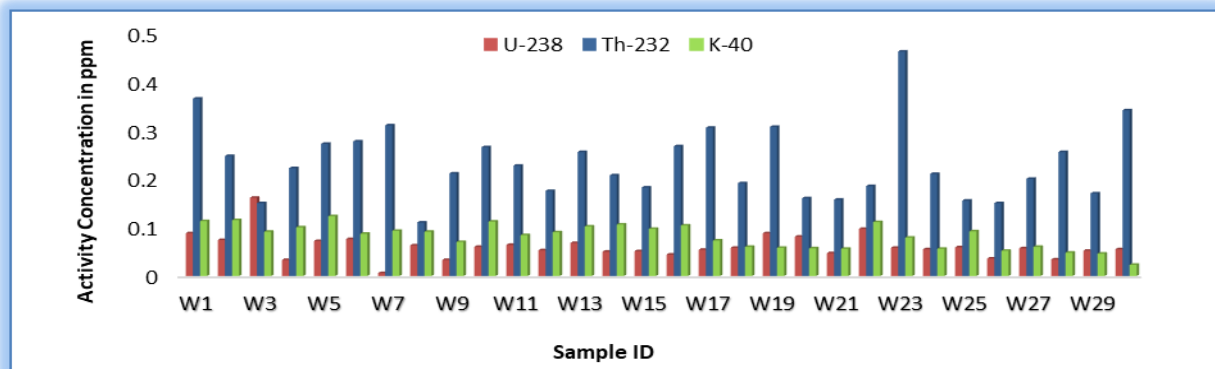
حيث يشير A إلى معدل إنتاج الحرارة بوحدة μWm^{-3} ، ρ هي كثافة العينة تقاس بوحدة Kg/m^3 و C_U و C_{Th} إلى تراكيز ^{238}U و ^{232}Th بوحدة ppm، وتشير C_K إلى إجمالي تركيز البوتاسيوم بالنسبة المئوية %.

النتائج والمناقشة

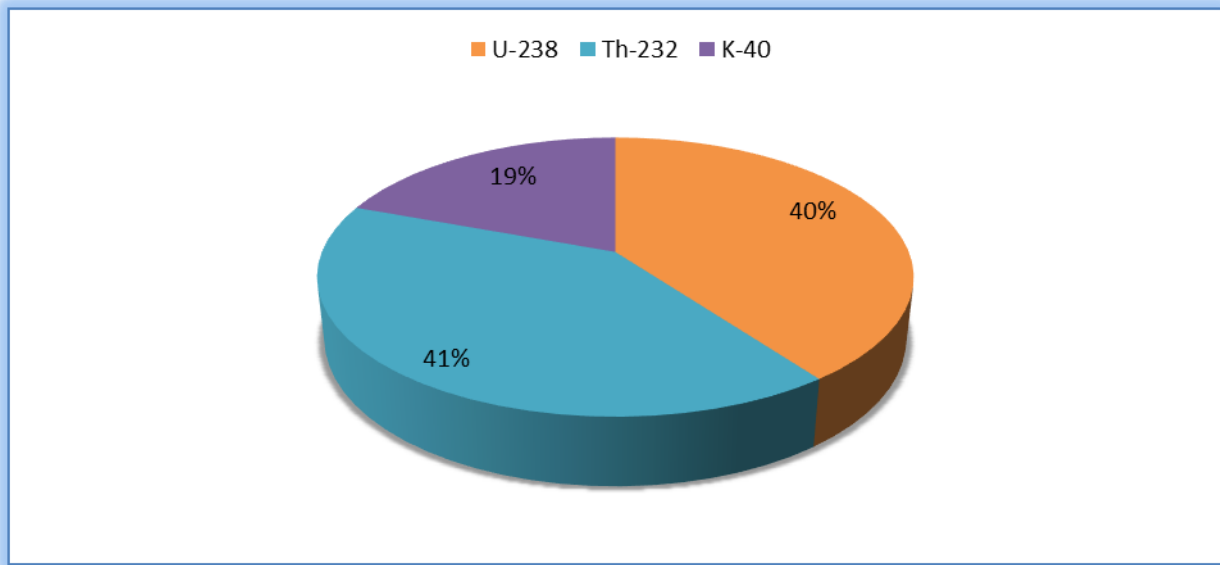
الجدول (2) يعرض نتائج قياس تراكيز النشاط الإشعاعي للنويدات المشعة الطبيعية (^{40}K ، ^{232}Th ، ^{238}U) في نماذج المياه الطبيعية التي تم تحليلها، حيث أظهرت النتائج أن أعلى تركيز لليورانيوم ^{238}U كانت في العينة (W3) تقدر حوالي 0.161 ppm، وأقل قيمة كانت 0.006 ppm في العينة (W7) بمتوسط قيمة 0.060 ppm. أما بالنسبة لـ ^{232}Th فقد تراوحت تراكيز النشاط بين 0.462 ppm في العينة (W23)، وأقل قيمة كانت 0.110 ppm في العينة (W8) بمتوسط قيمة 0.231 ppm، كما أظهرت النتائج أن أعلى تركيز نشاط للبوتاسيوم ^{40}K كان في العينة (W5) يقدر بحوالي 0.123%، وأقل تركيز ^{40}K في العينة (W30) كان حوالي 0.023% وبمتوسط قيمة 0.080%. على الرغم من أن قيمة متوسط تركيز النشاط الإشعاعي للثوريوم ^{232}Th البالغة في جميع العينات التي تمت دراستها أعلى من متوسط قيم تركيز النشاط لـ ^{238}U و ^{40}K حيث كانت الاسهامات في معدل إنتاج الحرارة المشعة لعينات المياه الطبيعية هي في الغالب للثوريوم ^{232}Th ، يليه اليورانيوم ^{238}U ثم البوتاسيوم ^{40}K ، بنسبة اسهام 41% و 40% و 19% على التوالي (الجدول 2)، الشكل (3) ويعود ذلك إلى أن عنصر الثوريوم ^{232}Th قليل الذوبان بالماء وهو يتفاعل مع الماء بدرجة 100°C . كان المتوسط التقديري لمعدل إنتاج الحرارة $0.0145 \mu\text{W/m}^{-3}$ ويتراوح بأعلى قيمة في العينة (W3) كان حوالي $0.0223 \mu\text{W/m}^{-3}$ ، وأقل قيمة في العينة (W23) كان حوالي $0.0091 \mu\text{W/m}^{-3}$ الشكل (4) يوضح توزيع معدلات إنتاج الحرارة للنويدات المشعة من عينات المياه الطبيعية، لذلك أظهرت عينات المياه الطبيعية معدل إنتاج حرارة منخفض، فإن المعدل الإجمالي المحسوب لإنتاج الحرارة (HPR) في المواقع أقل من $1 \mu\text{W/m}^{-3}$ (Faweya et al., 2018)، مما يشير إلى أن تراكيز ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K تقع ضمن الحدود المسموح بها. على الرغم من أن التراكيز الإشعاعية العالية للنويدات المشعة في مكان معين قد لا تعني دائماً اسهاما عاليا في معدل إنتاج الحرارة. كما هو موضح في (الجدول 2)، فإن النتائج التي تم الحصول عليها كانت أقل بكثير من متوسط التركيز العالمي للنويدات المشعة الطبيعية (UNSCEAR, 2000). تعتبر هذه الأنواع من الدراسات حول كمية وتوزيع إنتاج الحرارة المشعة في المياه الطبيعية ذات أهمية قصوى لفهم كامل الحالة الحرارية وتطور الغلاف الصخري وقد تلقي الضوء على أي نظام حراري مرتفع بشكل غير طبيعي في أي من المناطق. إجمالي توليد الحرارة A لعينات (المياه الطبيعية) هو مجموع الاسهامات الفردية A_U و A_{Th} و A_K بواسطة اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم.

الجدول 2: يوضح تراكيز النويدات المشعة في عينات المياه الطبيعية لـ ^{238}U و ^{232}Th بوحدات ppm والبوتاسيوم بوحدة (%)، وكذلك معدل إنتاج الحرارة (HPR).

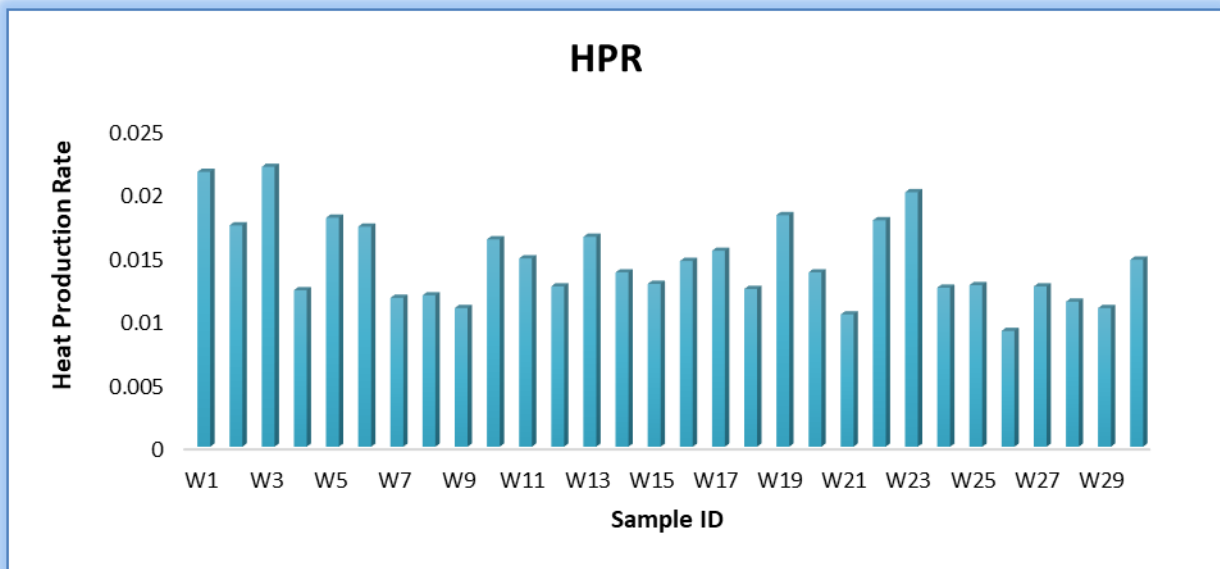
Sample ID	Activity Concentrations			Heat Production Rate ($\mu\text{W}/\text{m}^3$)			A $\mu\text{W}/\text{m}^3$
	^{238}U ppm	^{232}Th ppm	^{40}K %	^{238}U	^{232}Th	^{40}K	
W1	0.088	0.365	0.113	0.837	0.934	0.393	0.0216
W2	0.074	0.247	0.115	0.704	0.632	0.400	0.0174
W3	0.161	0.150	0.091	1.532	0.384	0.316	0.0223
W4	0.033	0.222	0.100	0.314	0.568	0.348	0.0123
W5	0.072	0.272	0.123	0.685	0.696	0.428	0.018
W6	0.076	0.277	0.087	0.723	0.709	0.302	0.0173
W7	0.006	0.310	0.093	0.057	0.793	0.323	0.0117
W8	0.063	0.110	0.091	0.599	0.281	0.316	0.0119
W9	0.033	0.211	0.070	0.314	0.540	0.243	0.0109
W10	0.060	0.265	0.112	0.571	0.678	0.389	0.0163
W11	0.064	0.227	0.084	0.609	0.581	0.292	0.0148
W12	0.053	0.175	0.090	0.504	0.448	0.313	0.0126
W13	0.068	0.255	0.102	0.647	0.652	0.354	0.0165
W14	0.050	0.207	0.106	0.476	0.529	0.368	0.0137
W15	0.051	0.182	0.097	0.485	0.465	0.337	0.0128
W16	0.044	0.267	0.104	0.418	0.683	0.361	0.0146
W17	0.054	0.305	0.073	0.514	0.780	0.254	0.0154
W18	0.058	0.191	0.060	0.552	0.488	0.208	0.0124
W19	0.088	0.307	0.058	0.837	0.785	0.201	0.0182
W20	0.081	0.160	0.057	0.771	0.409	0.198	0.0137
W21	0.047	0.157	0.056	0.447	0.401	0.194	0.0104
W22	0.097	0.185	0.111	0.923	0.473	0.386	0.0178
W23	0.058	0.462	0.079	0.552	1.182	0.274	0.0200
W24	0.055	0.210	0.056	0.523	0.537	0.194	0.0125
W25	0.059	0.155	0.092	0.561	0.396	0.320	0.0127
W26	0.036	0.150	0.052	0.342	0.384	0.180	10.009
W27	0.057	0.200	0.060	0.542	0.512	0.208	0.0126
W28	0.034	0.255	0.048	0.323	0.652	0.167	0.0114
W29	0.052	0.170	0.046	0.495	0.435	0.160	0.0109
W30	0.055	0.341	0.023	0.523	0.872	0.080	0.0147
MIN.	0.006	0.110	0.023	0.057	0.281	0.080	0.0091
MAX.	0.161	0.462	0.123	1.532	1.182	0.428	0.0223
AV.	0.060	0.231	0.080	0.579	0.592	0.281	0.0145



الشكل 2: يوضح تراكيز النشاط الإشعاعي بوحدة (ppm) لـ ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K في نماذج المياه الطبيعية لمحافظة نينوى.



الشكل 3: نسبة مساهمة النويدات المشعة (^{238}U , ^{232}Th , and ^{40}K) في معدل إنتاج الحرارة (%).



الشكل 4: توزيع معدلات إنتاج الحرارة (HPR) للنويدات المشعة من عينات المياه الطبيعية.

الاستنتاجات

جرى قياس النشاط الإشعاعي للنويدات الطبيعية المشعة (^{40}K ، ^{232}Th ، ^{238}U) في نماذج المياه حيث كانت جميع القيم ضمن الحدود المسموح بها حسب منظمة الصحة العالمية (Organization, 2016)، متنوعة بحسب معدل إنتاج الحرارة حيث تراوحت النتائج ما بين (0.0091 إلى $0.0223 \mu\text{W}/\text{m}^3$)، وبمتوسط قيمة ($0.0145 \mu\text{W}/\text{m}^3$). النتائج التي تم الحصول عليها من نماذج المياه أقل من الحدود الآمنة والمعيارية التي وضعتها لجنة UNSCEAR، لذلك أظهرت نماذج المياه الطبيعية معدل إنتاج حرارة منخفضاً، واكتشفت الدراسة أن ^{232}Th هو المسهم الأساس في إجمالي معدل إنتاج الحرارة لأنه قليل الذوبان في الماء ويتفاعل مع الماء بدرجة حرارة 100س. تسهم النويدات المشعة المدروسة في الإنتاج الغير المنتظم للحرارة المشعة في

عينات المياه، نظرًا لندرة البيانات الخاصة بدراسات معدل إنتاج الحرارة في هذه المنطقة وفي العراق بشكل عام، لا يمكننا إجراء مقارنة دراسة العمل الحالي الذي تم إجراؤه على عينات المياه الطبيعية مع الأبحاث السابقة، ونتيجة لذلك، تعتبر سمات معدل إنتاج الحرارة الإشعاعية لمحافظة نينوى الواردة في هذه الدراسة بيانات أساسية وأساسًا للبحوث المستقبلية حول تأثير الحرارة في هذا المكان.

شكر وتقدير

يعبر المؤلفون عن امتنانهم لقسم الفيزياء في كلية العلوم في جامعة الموصل، فقد ظلوا داعمين أثناء تحليل العينات وإكمال هذا البحث. كما نتقدم بالشكر والتقدير لرئيس قسم الفيزياء الدكتور مازن أحمد عبد والدكتور ليث أحمد نجم.

المصادر

- Abbady, A.G.E. (2010). Evaluation of heat generation by radioactive decay of sedimentary rocks in Eastern Desert and Nile Valley, Egypt. *Appl. Radiat. and Isotop.*, **68**(10), 2020–24.
- Abbady, A.G.E.; Al-Ghamdi, A.H. (2018). Heat production rate from radioactive elements of granite rocks in North and Southeastern Arabian Shield Kingdom of Saudi Arabia. *J. Radiat. Research and Appl. Sci.*, **11**(4), 281–90.
- Ali, S.; Orazulike, D.M. (2010). Well logs-derived radiogenic heat production in the sediments of the Chad Basin, NE Nigeria. *J. Appl. Sci.*, **10**(10), 786–800.
- Faweya, E.B.; Adesakin, G.E.; Akande, H.T.; Olowomofe, G.O.; Adewumi, T.; Agunbiade, G. S. (2018). Assessment of excess lifetime cancer risk and radioactive heat production from waste dumpsites in three cities in Southwestern Nigeria. *International J. Low Radiat.*, **11**(1), 23–44.
- Glassley, W.E. (2014). "Geothermal Energy: Renewable Energy and the Environment". CRC press.
- Hoffman, D.C.; Lawrence, F.O.; Mewherter, J.L.; Rourke, F.M. (1971). Detection of plutonium-244 in nature. *Nature*, **234**(5325), 132–34.
- Kinsey, R.R.; Dunford, C.L.; Tuli, J.K.; Burrows, T.W. (1996). "The Nudat/Pcnudat Program for Nuclear Data". Brookhaven National Lab. (BNL), Upton, NY (United States).
- Lamas, R.; Mafalda M.; Neves, L.J.P.F.; Pereira, A.J.S.C. (2015). Radiogenic heat production from a deep borehole in the beiras granite (Almeida, Central Portugal). *Energy for Sustainabil.*, **2015**, 1–5.
- Martin, A.; Harbison, S.; Beach, K.; Cole, P. (2018). "An Introduction to Radiation Protection". CRC Press.
- Organization, World Health. (2016). Palliative Care for Non-Communicable Diseases: A Global Snapshot in 2015: Summary of Results from the 2015 WHO NCD Country Capacity Survey.
- Pereira, E.B.; Hamza, V.M.; Furtado, V.V.; Adams, J.A.S. (1986). U, Th and K Content, heat production and thermal conductivity of São Paulo, Brazil, Continental Shelf Sediments: A reconnaissance work. *Chem. Geol.: Isotope Geosci. Sect.*, **58**(3), 217–26.
- Radiation, I. (1972). Levels and effects, A report of the united nations scientific committee on the effects of atomic radiation, general assembly. *Official Records: 27th Session, Suppl* (25).
- Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic. (1996). "Sources and Effects of Ionizing Radiation". UNSCEAR 1996 Report to the General Assembly, with Scientific Annex.
- Sedara, S.O.; Adelowo, A. (2015). Assessment of radiogenic heat production in soil samples around if steel rolling mill site in Southwestern Nigeria. *Int. J. Innov. Sci. Res.*, **13**(1), 249-56.
- Taher, A.M.; Mohammad, K. (2020). Natural radioactivity in underground waters in Tallafar Distract In Iraq. P. 72079 in *IOP Conference Series: Mater. Sci. and Engin.* **928**. IOP Publishing.
- UNSCEAR, S. (2000). "Effects of Ionizing Radiation". United Nations, New York 453–87.

Wais, T.Y.; Najam, L.A. (2021). Activity concentration of natural radionuclides in sediment of Tigris River in the City of Mosul, Iraq. P. 12064 in *J. Phys.: Conference Ser.*, **1999**. IOP Publishing.

Detection of Heat Resulting from Determining the Concentrations of some Radionuclides for Different Samples of Natural Water in Nineveh Governorate, Iraq

Danya S. Al sofy

*Department of Physics
College of Science
University of Mosul*

Firas M. Al-jomaily

Atef M.El-Taher
*Department of Physics
College of Science
University of Al-Azhar/ Egypt*

ABSTRACT

The current study included the determination of the Heat Production Rate (HPR) resulting from the decay of radioactive elements (^{238}U , ^{232}Th , and ^{40}K) after determining their concentrations using the technique of collecting gamma ray's spectrum by means of the sodium iodide detector NaI (TI). The importance of determining the heat production rate, because it has a profound effect on the surface of the earth's crust, especially in the conditions of desertification that have swept the globe in the last two decades. To achieve the objective of the study, 30 samples of natural water were collected. These samples varied between rainwater, dams, groundwater and pure tap water to natural spring water. The results showed that the concentrations of uranium (^{238}U) ranged between 0.161-0.006 ppm and thorium (^{232}Th) concentrations between (0.462-0.110 ppm), in addition to the potassium (^{40}K) concentration between (0.23-0.023%). These values showed radioactivity levels below the safe and standard limits set by the UNSCEAR Committee. While the results showed for the heat production rate values ranged between (0.0223-0.0091), which indicates a low heat production rate that does not affect the temperature of the earth's crust within the limits of the sample sites that this study included. The results of the current study can be used to provide basic data for future epidemiological investigations and monitoring programs. In the areas under study.

Keywords: heat production rate, natural water, NaI(TI) detector, radionuclides, Radioactivity.