قياس وتوصيف الملوثات الإشعاعية الطبيعية والصناعية في نماذج تربة مدينة بغداد باستعمال مطيافية أشعة كاما

خالد هادي مهدي محمود احمد عليوي فراس محمود هادي

جامعة بغداد-كلية التربية /ابن الهيثم- قسم الفيزياء

الخلاصة:

قَدم هذا البحث توصيفاً للنويدات المشعة الموجودة في نماذج تربة بغداد بالاضافة إلى قياس فعاليتها النوعية باستعمال مطيافية اشعة كاما.

تم جمع ستة وعشرون انموذج تربة سطحية من جانب الكرخ واربعة عشر انموذجاً في جانب الرصافة، التي ثبتت احداثياتها باستعمال جهاز (G.P.S) ، بالاضافة إلى تربة خمسة مواقع تعرضت للقصف في احداث اذار 2003.

استعملت منظومة مطيافية اشعة كاما نوع (DSA 2000) مع كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HpGe) ذي كفاءة 50% وقدرة تحليل (2.2 keV) بالنسبة للطاقة (1332 keV) للمصدر (^{60}Co).

كانت نتائج معدلات الفعالية النوعية للنويدات المشعة (^{214}Bi أو ^{214}Pb) و (^{228}Ac أو ^{208}Tl) و (^{40}K) و (^{137}Cs) في التربة السطحية لجانبي الكرخ والرصافة هي (47.199±2.047) و (47.032±3.147) و (819.901±11.134) و (7.49±0.759) Bq/kg على التوالي بالنسبة لتربة الكرخ ، و (51.703±2.229) و (49.388±32.361) و (852.715±1.798) و (7.54±0.804) Bq/kg بالنسبة لتربة الرصافة، وهي مقاربة مثلاً لنسبة تواجد اليورانيوم الامثل ولاعلى قيمة كما خمنته (UNCERR) وهي (48.89) Bq/kg.

يستنتج من هذا البحث انه لم تؤشر أية مستويات عالية للفعالية النوعية وكانت ضمن المستويات المطلوبة.

الكلمات المفتاحية: الملوثات الطبيعية والصناعية، مطيافية اشعة كاما، تربة بغداد، كاشق الجرمانيوم HpGe، الفعالية النوعية.

توصيف الملوثات الإشعاعية الطبيعية والصناعية في نماذج تربة مدينة بغداد باستعمال مطيافية أشعة كاما

خالد هادي مهدي محمود احمد عليوي فراس محمود هادي

Measurement and Identification of Natural and Artificial Ratio Active Pollutants in Soil Samples of Baghdad City Using Gamma-ray Spectrometry

Khalid H. Mahdi **Mahmoud A. Elawi** **Firas M. Hadi**

Baghdad University/Education College- Ibn-Al- Haitham/ Physics Department

Abstract:

In this work an identification of the ratio active nuclide in soil samples of Baghdad city with the measurement of there specific activity using Gamma-ray spectrometry is given. Twenty six samples of surface soil from Al-Kharch side and Four tenth samples from Al-Rusafa side are collected. Their positions are allocated using GPS system. A Gamma-ray spectrometry system type (DSA2000) is used in measurements with (HpGe) detector with 50% efficiency and 2.2 keV at the 1332 keV line emitted from (^{60}Co) source.

The results of specific activity averages of the radio active nuclide (^{208}Tl or ^{228}Ac) , (^{214}Pb or ^{214}Bi) , (^{40}K) , (^{137}Cs) in surface soil of Al-Kharch and Al-Rusafa sides are (47.199± 2.047), (47.032±3.147), (819.901±11.134), (7.49±0.759) Bq/kg respectively for Al-Kharch soil and (51.703±2.229), (49.388±32.361), (852.715±1.798), (7.54±0.804) Bq/kg for Al-Rusafa soil, which are close, for example, to the uranium percentage as estimated by (UNCERR) which is (48.89) Bq/kg.

It may be concluded that no indication of high level of specific activity is observed and results are within the ordinary levels.

خالد هادي مهدي محمود احمد عليوي فراس محمود هادي

المقدمـة:

تقوم الكثير من دول العالم بقياس معدل النشاط الناجم عن الاشعاع الطبيعي لاغراض مختلفة منها الدراسات الوبائية وكذلك اختيار موقع المنشأة وخاصة النووية واعداد خطط الطوارئ أو الاستشعار عن المواد النووية من اية نفايات أو نشاط نووي تفجيري أو صناعي [1] . إن لعملية رصد مستوى النشاط الاشعاعي البيئي اهمية كبيرة في ضمان امن وسلامة المجتمع لذا يتوجب معرفة مقدار الزيادة في هذا المستوى لما له من تأثيرات صحية سلبية جسدية ووراثية [2].

ابتدات برامج الرقابة الجدية والعلمية المدروسة على النشاط الاشعاعي البيئي في العراق منذ اكثر من ثلاثة عقود واستمر لحد اواخر عام 2003 . تمثلت بمراقبة موقع التويثة ومواقع مختلفة من القطر خاصة في شمال العراق بعد حادثة تشرنوبل 1986 وجنوب العراق بعد إستعمال الولايات المتحدة للقذائف المصنوعة من اليورانيوم المنضب عام 1991 [3] .

يشتمل البحث قياس وتوصيف باعثات اشعة كاما الناتجة عن النشاط الطبيعي للسلاسل الطبيعية الثلاثة (اليورانيوم ، الثوريوم ، الاكتينيوم) والطبيعية الاخرى (^{40}K) والصناعية الاخرى (^{137}Cs) . تبدأ سلسلة اليورانيوم (^{238}U) الذي وفرته في الطبيعة بمقدار 99.2% من اليورانيوم الطبيعي والعمر النصف لهذه الوفرة هو (4.5×10^{9} yr) . تعاني افراد هذه السلسلة العديد من الانحلالات ببعث α أو β ويصاحب معظمها انبعاث γ. تضم السلسلة ستة عشر نظيراً تتراوح انصاف اعمارها بين الثواني ومئات الالاف من السنين، حيث يعاني العديد من الانحلالات لتنتهي بالنظير المستقر الرصاص (^{206}Pb) [3,4] . تبدأ سلسلة الثوريوم (^{232}Th) ذو وفرة طبيعية هي (100%) وعمر النصف له (1.4×10^{10} yr) وبتراكيز قليلة في الطبيعة وتعاني العديد من الانحلالات لتنتهي بالنظير المستقر الرصاص (^{208}Pb) [3,4].

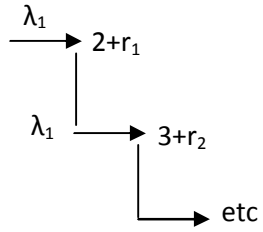
تبدأ سلسلة الاكتينيوم باليورانيوم (^{235}U) هو النظير الام الاولى في السلسلة ، وعمر النصف له هو (7.10×10^{8} yr) ، ووفرته في الطبيعة (0.72%) ، وتبدأ السلسلة باليورانيوم -235 الذي يعاني العديد من الانحلالات وتنتهي بالنظير المستقر الرصاص (^{207}Pb). أما نظير البوتاسيوم (^{40}K) من نظائر البوتاسيوم المشعة الموجودة بوفرة طبيعية قدرها (0.0118%) ويمكن تمييز اضمحلاله عن اضمحلال النويدات المشعة في السلاسل المذكورة سابقاً من خلال الخط الكامي المفرد ذي الطاقة (1460 keV) [5-7] . فيما يكون النظير (^{137}Cs) هو ناتج صناعي عن النشاطات اليومية.

يخضع اضمحلال النوى المشعة لقانون اسي : $N = N_0 e^{-\lambda t}$

حيث أن:

N_0: يمثل عدد ذرات نواة الام عند الزمن (t=0) ، N: يمثل عدد ذرات نواة الام المتبقية عند الزمن (t) ، λ: ثابت الانحلال ، t: زمن الانحلال.

كما يوضح الانحلال للسلاسل بالمخطط الاتي:



بالنسبة للاضمحلال فالنوع الاول يكون: $N_1 = N_{10}\, e^{-\lambda_1 t}$

وعدد الذرات من النوع الثاني سيكون: $N_2 = \frac{N_{10}\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$

اما عدد الذرات من النوع الثالث فسيكون : $N_3 = \frac{N_{10}\lambda_1\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(\frac{1-e^{-\lambda t}}{\lambda_1} - \frac{1-e^{-\lambda_2 t}}{\lambda_2}\right)$

ومن المعادلة الاخيرة فإذا كان عمر النصف اللازم اكبر بكثير من عمر النصف للنواة الوليدة أي أن $\lambda_2 > \lambda_1$ فأنه بعد فترة زمنية طويلة $(t >> 1/\lambda_1)$ يصبح لدينا $N_2 = \frac{N_{10}\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_{11} t} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1$

تكون نسبة الفعالية A لنواة الاصل والنواة الوليدة هي $\frac{A_2}{A_1} = \frac{\lambda_2 N_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \approx \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$ تسمى هذه الحالة بالتوازن الانتقالي ، اما إذا كان $(\lambda_1 << \lambda_2)$ وإن الفعاليات سوف تتساوى وبذلك نحصل على التوازن العرضي $\lambda_2 N_2 \approx \lambda_1 N_1$. [8]

الجانب العملي:

1. جمع العينات: تم جمع اربعة عشر انموذجاً للتربة السطحية من جانب الرصافة، وستة وعشرين انموذجاً من جانب الكرخ، وتسجيل احداثياتها باستعمال جهاز (G.P.S) مصنوع من قبل شركة Etrex كما ثبتت في الجدول (1). كما ثبتت في الجدولين (2,1) على التوالي بعد التأكد من عدم وجود مصادر للتلوث باستعمال جهاز (BUG-1) المحمول. ويوضح الجدول (3) المواقع التي تعرضت للقصف.

2. تحضير العينات: تجفف العينات الترابية بدرجة (80^oC) لمدة ساعتين، وطحنت وغربلت بمنخل حجم (200 µm) كون هذا الحجم يمثل متوسط حجوم عوائق الهواء تقريباً ثم تترك لمدة اربع اسابيع في وعاء مارنيلي محكم الغلق للحصول على التوازن الاشعاعي بين النويدات المشعة.

3. منظومة القياس: هي منظومة خاصة بقياسات كاما وتتكون من:

أ. كاشف الجرمانيوم (HpGe) : هو من كواشف المواد شبه الموصلة ذو كفاءة (50%) وقدرة تحليل (2.2keV) بالنسبة للطاقة (1332 keV) للمصدر (^{60}Co). وقد اتخذت الاجراءات اللازمة لاحاطته بجدار من الرصاص بسمك (10 سم) لتقليل الخلفية الاشعاعية بالاضافة إلى عمل حاوية تحيط بالبلورة مكونة من ثلاث طبقات من الالمنيوم والكادميوم والحديد بسمك (1 ملم) لكل طبقة.

ب. محلل الطيف الرقمي (DSA) (Digital Spectrum Analyzer): محلل الطيف الرقمي المستعمل كان من موديل (نوع) (DSA2000) مصنع من شركة CANBERRA وهو محلل متعدد القنوات عالي الاداء متكامل الاجزاء Fully Integrated . يتكون من كل الانظمة والوحدات الفرعية المطلوبة للحصول على طيف عالي الجودة يشكل صورة وحدة متكاملة تسيطر الحاسبة كلياً على الالكترونيات داخل المحلل باستعمال البرنامج التحليلي (GENE 2000) [9,10] وهو موضح في الشكل رقم (1).

4- طريقة العمل:

أ. تم تعيير منظومة القياس بالنسبة للطاقة باستعمال مصدر (^{152}Eu) . حيث وضع المصدر القياسي في وعاء مارنيلي سعة (1 لتر) بعد خلطه مع الاسمنت وبفعالية (236Bq/kg) . وكان زمن القياس المختار (10000) ثانية. يوضح الشكل (2) طيف اليوربيوم (^{152}Eu) الخاص بمعايرة الطاقة لمنظومة القياس حيث تم الحصول على المعادلة الخاصة بتعيير الطاقة فكانت

$$E = -4.034\times10^{-1} + 1.957\times10^{-1}\times C$$

ب. حساب الخلفية الاشعاعية الطبيعية: تم حساب الخلفية الاشعاعية الطبيعية من منطقة عمل المنظومة. حيث وضع وعاء مارنيلي فارغ وتسجيل طيف اشعة كاما ، حيث سجلت المساحة تحت المنحني بين الذروات لغرض طرح هذا العدد من القراءات المسجلة للنماذج.

ج. حساب كفاءة الكاشف للطاقات المختلفة: المنظومة مصممة لحساب كفاءة الكاشف للطاقات المختلفة وذلك بتسجيل طيف المصدر القياسي (^{152}Eu) ومن ثم حساب المساحة تحت الذروة من طيف الاشعة لكل طاقة بعد طرح الخلفية الاشعاعية وحساب الكفاءة من المعادلة الآتية:

$$\varepsilon = \frac{cps\,(yelid)}{dps\times I}\times100\%$$

cps: يمثل العد لكل ثانية للطاقة المختارة على زمن القياس (10000s) ، (I): تمثل الشدة النسبية لكل طاقة من طاقات المصدر المشع ، dps: يمثل النشاط الاشعاعي القياسي عند القياس بعد أن تم تصحيحها والشكل (3) يوضح العلاقة بين الطاقة والكفاءة النسبية، حيث تم الحصول على المعادلة الخاصة بالكفاءة وهي الاتي:

$$\log\varepsilon = (-3.54*10^{-5})*E - 2.282*10^{-1} + \frac{1.31*10^{2}}{E} - \frac{8.541*10^{-3}}{E^{2}}$$

ويوضح الجدول (4) طاقات نظير (^{152}Eu) والكفاءة النسبية لها ونسبة الانحلال[11] .

د. حساب (dps) للنماذج (الفعالية النوعية Special Activity): بعد وضع الانموذج في وعاء مارنيلي يتم تثبيته حول كاشف الجرمانيوم. ويسجل طيف اشعة كاما لمدة قياس (10000s) ، ثم يقوم برنامج (Gene 2000) برسم الطيف وعمل تقرير يتضمن ارقام القنوات والطاقات المقابلة لها وقيم (FWHM) وقدرة التفريق (R) وصافي مساحة الذروة من منحنى طيف الطاقة ومقدر الخطأ فيها . فتحسب الفعالية النوعية

$$dps = \frac{cps}{\varepsilon_* w_* I_\gamma}$$

حيث أن: (cps): صافي مساحة الذروة للطاقة المختارة، (ε): كفاءة الكاشف للطاقة المختارة ، (I_γ): الشدة النسبية لاشعة كاما من جداول خاصة بها ، (w) : وزن الانموذج.

هـ . حساب حد الكشف Detection Limit: يعبر عن حد الكشف من معادلة كوري[1] الاتية

$$D.L = (2.77 + 3.29\sqrt{B.G}) \times \frac{dps(concentration)}{NetArea}$$

تحسب B.G كالاتي $B.G = \frac{(\delta)^2 - A}{2}$

تحسب (δ) من التقرير الخاص بالمنظومة. رتبت حدود الكشف بالجدول رقم (5).

النتائج والمناقشة:

أ. كانت نتائج الفعالية النوعية لنظير البزموث-214 والرصاص-214 كالاتي:

في جانب الكرخ سجلت اعلى قيمة (61.557±2.114) بكرل/كغم في منطقة الدورة، وبادنى قيمة (40.278±1.963) بكرل/كغم في الكاظمية / ساحة عبد المحسن الكاظمي ، والمعدل العام (47.199±2.047) بكرل/كغم. كما سجلت في جانب الرصافة اعلى قيمة (62.524±2.217) بكرل/ كغم من منطقة جسر ديالى وبادنى قيمة (41.235±1.958) بكرل/ كغم في منطقة الاعظمية /كلية التربية/ابن الهيثم، والمعدل العام (51.703±2.229) بكرل/كغم.

ب. نتائج الفعالية النوعية لنظير الاكتينيوم -228 أو الثاليوم-208:

فكانت في جانب الكرخ اعلى قيمة (65.115±3.387) بكرل/كغم لمنطقة الدورة، وبادنى قيمة (35.39±3.830) بكرل/كغم في الكاظمية / منطقة الصنايع، وكان المعدل العام (47.032±3.147) بكرل/كغم. كما سجلت في جانب الرصافة اعلى قيمة (59.666±3.737) بكرل/كغم. في منطقة الزعفرانية، وادنى قيمة (39.029±3.120) بكرل/كغم كانت في منطقة البلديات، والمعدل العام (49.388±3.361) بكرل/كغم.

ج. نتائج الفعالية النوعية لنظير البوتاسيوم – 40:

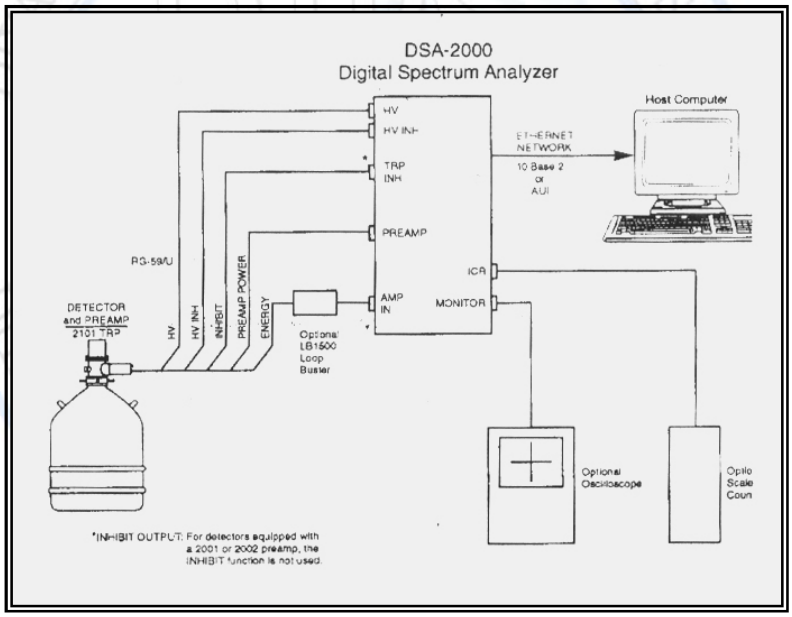
فكانت في جانب الكرخ اعلى قيمة (1162.365±14.553) بكرل/كغم في منطقة الكاظمية وادنى قيمة (651.121±10.197) بكرل/كغم في منطقة البرموك، فكان المعدل العام في تربة الكرخ (819.901±11.134)

بكرل/كغم. كما سجلت في جانب الرصافة اعلى قيمة (993.741±12.903) بكرل/كغم في حي القاهرة ، وادنى قيمة (624.527±10.784) بكرل/كغم داخل معمل البطاريات. والمعدل العام (852.715±11.798) بكرل/كغم.

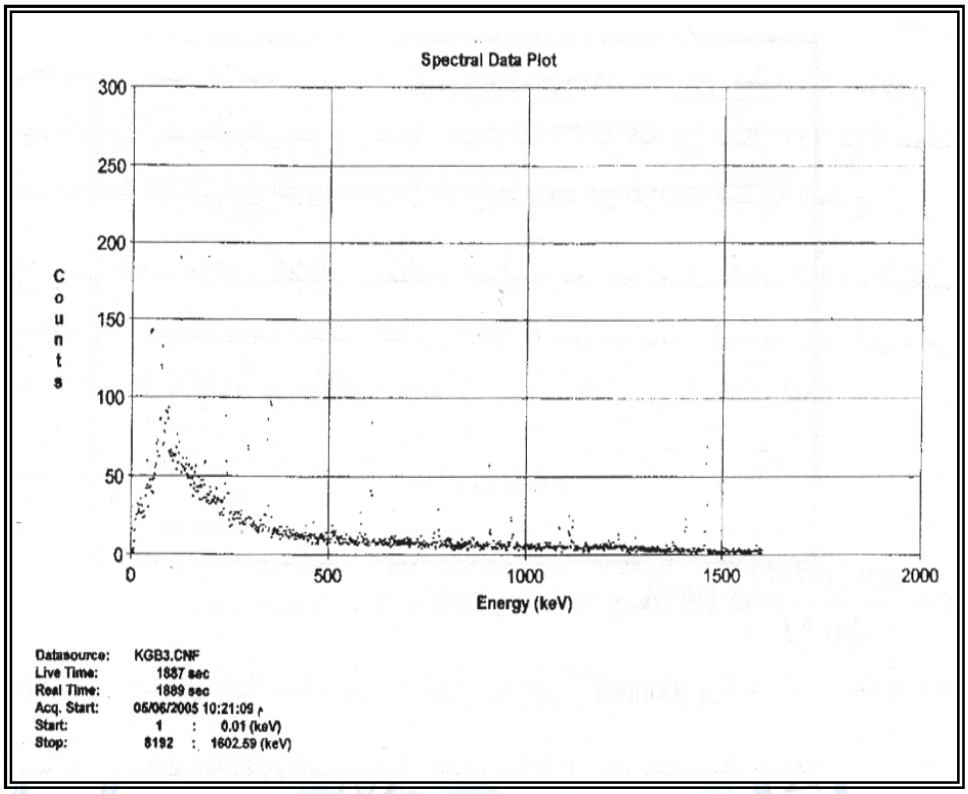
د. نتائج الفعالية النوعية لنظير السيزيوم-137:

فكانت في جانب الكرخ اعلى قيمة (23.020±0.970) بكرل/كغم في منطقة اليرموك/ تقاطع شارع الضباط، وادنى قيمة (3.400±0.738) بكرل/كغم في منطقة التاجي، وكان المعدل العام (7.495±0.789) بكرل/كغم. كما سجلت في جانب الرصافة اعلى قيمة (24.085±1.123) بكرل/كغم في منطقة الزعفرانية، وادنى قيمة (2.332±0.633) بكرل/كغم في منطقة معسكر الرشيد، والمعدل العام (7.540±0.804) بكرل/كغم.

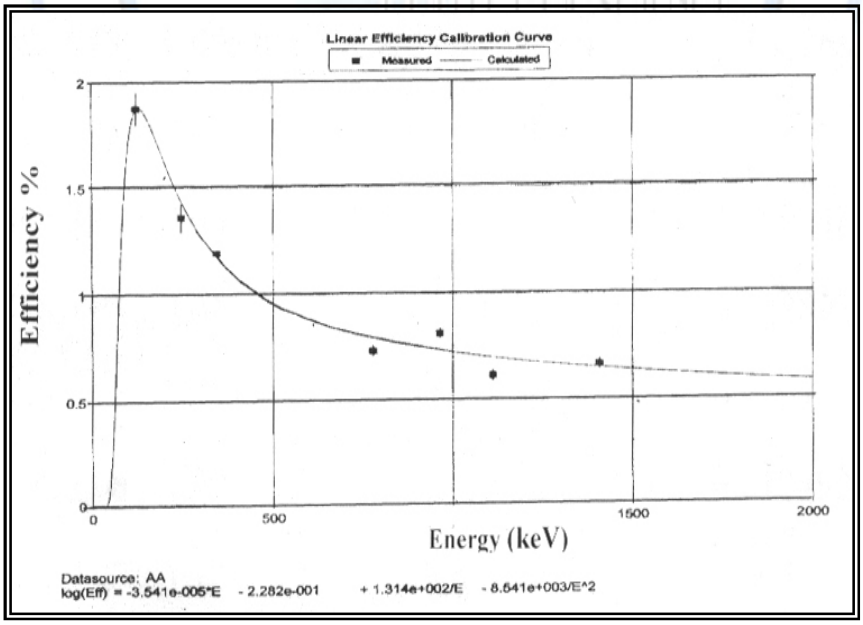
رتبت نتائج الفعالية النوعية في جانب الكرخ والرصافة بالجدولين (7,6) على التوالي، ويوضح الجدول رقم (8) الفعالية النوعية للنويدات المختلفة في المواقع التي تعرضت للقصف. في الجدول رقم (8,7,6) لم تؤشر أي زيادة في الفعالية النوعية للنويدات وبالتالي فانها ضمن النشاط الطبيعي لمدينة بغداد . فيما اشر الجدولين (9,10) تقارباً مع نتائج الدراسات الاخرى والاختلاف قد يكون عدم دقة منظومة القياس أو اسلوب النمذجة.



الشكل (1): منظومة مطيافية اشعة كاما الخاصة بالقياس[9]



الشكل (2): طيف نظير اليوريبيوم – 152 الخاص بمعايرة الطاقة لمنظومة القياس



الشكل (3): العلاقة بين الطاقة والكفاءة النسبية للكاشف

الجدول (1) المناطق التي جمعت منها نماذج تربة سطحية في جانب الرصافة

ت	أسم المنطقة	رقم الانموذج	الاحداثيات	
1	جسر ديالى	RL1	Y=77415	X=55129
2	الزعفرانية	RL2	Y=78209	X=54010
3	معسكر الرشيد	RL3	Y=82420	X=50475
4	زيونة	RL4	Y=86480	X=50395
5	الكرادة/ مسبح	RL5	Y=88920	X=47540
6	البلديات	RL6	Y=89572	X=51543
7	شارع فلسطين	RL7	Y=90371	X=46700
8	الحبيبية/ الثورة	RL8	Y=91290	X=49756
9	حي القاهرة	RL9	Y=93269	X=42833
10	حي الشعب	RL10	Y=95560	X=42974
11	الاعظمية/ كلية التربية	RL11	Y=92120	X=41120
12	سوق السمكة/ سبع ابكار	RL12	Y=96539	X=40637
13	معمل البطاريات	RL13	Y=91900	X=43020
14	التويثة/ الطاقة الذرية	RL14	Y=72049	X=56535
		RL14*	Y=72049	X=56592

الجدول (2) المناطق التي جمع نماذج تربة سطحية منها في جانب الكرخ

ت	أسم المنطقة	رقم الانموذج	الاحداثيات	
1	ساحة عبد المحسن الكاظمي/ الكاظمية	KL1	Y=92050	X=39000
2	شارع الصناعة/ الكاظمية	KL2	Y=93180	X=37671
3	معهد النفط العربي	KL4	Y=98404	X=36667

4	بوابة بغداد الشمالية	KL5	Y=94250	X=36167
5	بوابة الشعلة/ الشعلة	KL6	Y=92990	X=34712
6	الشارع العام/ الغزالية	KL7	Y=90590	X=32809
7	قرب جامع الرسول/ الغزالية	KL8	Y=88220	X=32277
8	قرب ثانوية المتميزات/ الخضراء	KL9	Y=86430	X=34560
9	قرب ملجأ العامرية/ العامرية	KL10	Y=84442	X=33036
10	داخل ملجأ العامرية/ العامرية	KL11	Y=84432	X=33025
11	قرب جامع محمد رسول الله/ الجهاد	KL12	Y=80470	X=34664
12	قرب جامع عمر بن الخطاب/ الاعلام	KL13	Y=78717	X=37797
13	قرب جامع الحمزة بن عبد المطلب	KL14	Y=75700	X=38140
14	تقاطع السيدية/ السيدية	KL15	Y=79281	X=40178
15	قرب محطة تعبئة وقود البياع	KL16	Y=81827	X=39910
16	قرب تقاطع نادي الضباط/ اليرموك	KL17	Y=84653	X=38600
17	تقاطع 14 رمضان/ المنصور	KL18	Y=87529	X=38332
18	قرب جامع الحاج صالح خزعل/ الاسكان	KL19	Y=89584	X=38535
19	مطار المثنى	KL20	Y=87757	X=42276
20	مشتل الحرية/ الحرية	KL26	Y=90280	X=37213
21	قرب الطريق السريع/ الدورة	KL21	Y=79100	X=46300
22	الصالحية/ علاوي الحلة	KL23	Y=87850	X=43150
23	تقاطع حيفا/ الكرخ	KL24	Y=89020	X=42177
24	ساحة الساعة/ الشالجية	KL3	Y=89670	X=41389
25	قرب شركة الصناعات الخفيفة/ حي الجامعة	KL25	Y=87320	X=36218

26	المامون	KL27	Y=	X=

الجدول (3) المواقع التي جمعت منها نماذج تربة سطحية والتي تعرضت للقصف

ت	أسم المنطقة	رقم الانموذج
1	الرضوانية	KL28
2	الحرية/ دور نواب الضباط	KL26
3	مطار المثنى	KL20*
4	برج المامون	KL27*
5	التاجي	KL4[4]

الجدول (4) طاقات النظير (^{152}Eu) والكفاءة النسبية لهما ونسبة الانحلال

طاقة الفوتون Photon Energy (keV)	نسبة الانحلال [127] Percentage Per Disintegration	الكفاءة Efficiency
121.779±0.003	28.37±0.24	1.869265
244.693±0.005	7.51±0.06	1.357481
344.272±0.007	26.58±0.18	1.189348
778.890±0.016	12.96±0.07	0.728893
964.05±0.03	14.62±0.06	0.812463
1112.08±0.04	13.56±0.06	0.612492
1408.03±0.03	20.58±0.09	0.663521

الجدول (5) معدلات حد الكشف عن النظائر في نماذج التربة .

النظيرIsotope	الطاقة مختارة للنظير (MeV)	حد الكشف (D.L.) Detection Limit Bq/kg
K-40	1460	12.459
Bi-214	609	4.149
Ac-228	911	7.047
Tl-208	583	1.824
Cs-137	662	1.989
Bi-212	727	20.108
Pb-214	352	5.102
Pb-212	238	5.717

الجدول (6) مستويات الفعالية النوعية للنويدات المختلفة للاتربة السطحية في جانب الكرخ

الموقع	رقم الانموذج	الفعالية النوعية Bq/kg			
		Pb- أو Bi-214 214	Tl- أو Ac-222 208**	K-40	Cs-137
ساحة عبد المحسن الكاظمي	KL1	40.278±1963	40.522±2.736	730±9.600	7.615±0.663
منطقة الصنايع/ الكلية	KL2	45.894±2.474	35.391±3.830	1162.365±14.553	6.407±0.863
ساحة الساعة/ تربية الكرخ	KL3	52.528±2.139	50.213±3.392	919.816±11.642	11.808±0.967
تاجي/ معهد النفط العربي	KL4	61.301±2.225	58.396±3.427	910.742±12.391	3.400±0.738
بوابة بغداد	KL5	47.694±2.108	50.211±3.177	834.407±11.878	4.513±0.768
الشعلة/ قرب جسر المرور	KL6	45.765±2.29	43.713±3.024	774.535±10.691	4.832±0.778
الغزالية/ قرب سكلة المواد الانشائية	KL7	48.001±1.771	40.405±3.229	750.593±10.379	B.D.L
الغزالية/ جامع الرسول الكريم	KL8	46.873±2.224	53.651±3.553	853.932±12.829	9.704±1.010
حي الخضراء/ ثانوية المتميزين	KL9	58.260±2.242	54.148±3.362	918.978±12.006	B.D.L
العامرية/ مقابل الملجأ	KL10	55.666±2.157	55.295±3.199	798.976±11.124	7.577±0.833
العامرية/ داخل الملجأ	KL11	430359±1.614	40.894±2.616	711.193±9.273	3.794±0.606
الجهاد/ جامع محمد رسول الله	KL12	44.108±1.981	37.311±2.950	714.300±9.995	4.275±0.589
الاعلام/ جامع عمر بن الخطاب	KL13	41.393±1.925	43.566±2.978	708.416±10.230	5.896±0.775
حي التراث/جامع الحمزة بن عبد المطلب	KL14	43.843±1.846	42.254±2.954	731.552±11.175	3.895±0.751
السيدية/ تقاطع داخل السيدية	KL15	47.357±2.149	40.688±3.208	788.480±10.582	6.090±0.723
البياع/مقابل محطة البنزين	KL16	54.033±2.383	56.208±3.115	848.354±11.358	7.663±0.800
اليرموك/ تقاطع شارع الضباط	KL17	47.308±1.894	39.228±2.875	651.121±10.197	23.020±0.970
المنصور/ تقاطع 14 رمضان	KL18	53.371±1.910	48.525±3.425	878.554±11.393	15.856±0.94

8					
6.459±0.907	891.377±12.452	49.613±3.450	53.399±2.235	KL19	الاسكان/ جامع الحاج صالح خزعل
9.015±0.902	906.529±12.339	55.747±3.562	53.245±2.227	KL20	مطار المثنى
4.476±0.742	918.733±12.078	65.115±3.387	61.557±2.114	KL21	الدورة/ تقاطع السريع مع المصفى
11.203±0.794	792.046±11.187	46.856±3.051	46.612±1.842	KL23	علاوي الحلة/ الصالحية
4.799±0.623	798.916±10.474	42.346±2.992	46.038±2.059	KL24	شارع حيفا/ تقاطع جسر 14 تموز
6.860±0.741	750.763±9.783	43.002±2.836	44.902±2.029	KL25	حي الجامعة/ قرب ورشة تصليح الثلاجات
4.637±0.763	861.248±10.853	48.642±3.097	53.369±1.907	KL26	الحرية/ مشتل الحرية
6.097±0.677	711.488±9.198	41.185±2.402	44.423±1.530	KL27	المامون
7.495±0.789	819.901±11.134	47.032±3.147	47.199±2.047	المعدل	

الجدول (7) مستويات الفعالية النوعية للنويدات المختلفة في نماذج تربة سطحية في جانب الرصافة

الموقع	رقم الانموذج	الفعالية النوعية Bq/kg			
		Pb- أو Bi-214 214	Tl- أو Ac-228 208**	K-40	Cs-137
جسر ديالى	RL1	62.524±2.217	50.579±3.735	927.223±12.863	5.170±0.912
الزعفرانية	RL2	56.937±2.141	59.666±3.737	926.386±12.480	24.085±1.123
معسكر الرشيد	RL3	46.175±2.442	46.445±3.025	787.420±10.649	2.332±0.633
زيونة	RL4	51.910±1.899	51.487±3.474	832.677±11.558	4.325±0.683
الكرادة/ المسبح	RL5	56.700±2.193	53.327±3.647	879.861±11.921	9.812±0.887
البلديات	RL6	47.391±1.903	39.029±3.120	766.998±10.893	4.464±0.482
شارع فلسطين/ساحة بيروت	RL7	55.089±2.117	53.807±3.440	915.633±12.464	7.147±0.848

الثورة/ الحبيبية	RL8	57.114±2.542	54.419±3.292	898.781±12.346	10.287±0.895
حي القاهرة	RL9	52.466±2.219	49.518±3.457	993.741±12.903	8.752±0.791
الشعب	RL10	55.935±2.504	51.631±3.312	856.120±11.906	B.D.L.
الاعظمية/ كلية التربية	RL11	41.235±1.957	43.818±2.701	746.927±9.815	6.896±0.641
سبع ابكار/ سوق السمكة	RL12	43.909±1.927	39.140±3.182	754.992±10.921	3.549±0.718
معمل البطاريات/ داخل المعمل	RL13	47.554±2.037	40.804±3.165	624.527±10.784	16.049±0.992
محيط المعمل	RL13*	42.778±1.846	39.868±2.750	737.199±9.412	5.642±0.666
خارج المعمل	RL13**	46.920±2.044	50.745±3.470	883.266±12.184	5.110±0.865
التويثة	RL14	57.811±3.058	58.149±3.788	985.85±13.333	0.781±2.878
التويثة	RL14*	56.505±2.855	57.175±3.846	978.548±14.135	0.941±4.145
المعدل		51.703±2.229	49.388±3.361	852.719±11.798	7.540±0.804

الجدول (8) مستويات الفعالية النوعية للنويدات المختلفة في المواقع التي تعرضت للقصف

الموقع	رقم الانموذج	الفعالية النوعية Bq/kg			
		Bi-214 أو Pb-214*	Ac-228 أو Tl-208**	K-40	Cs-137
الرضوانية	KL28	56.156±1.946	53.593±3.471	807.660±11.315	B.D.L
الحرية/ دور نواب الضباط	KL22	42.860±1.663	38.988±2.489	840.530±10.877	5.468±0.711
مطار المثنى	KL20*	58.296±2.839	55.747±3.562	899.827±12.464	9.819±0.402
برج المامون	KL27*	117.214±6.499	84.671±8.903	1738.515±31.144	9.487±1.922
التاجي	KL4*	60.578±2.311	69.632±3.446	923.445±12.672	4.862±0.783

الجدول (9) الفعالية النوعية للنويدات المشعة المختارة لبعض دول العالم والدول العربية ومقارنتها بالدراسة الحالية

Country	(Specific Activity) Bq/kg	Reference

(Sample)	U-238	Th-232	K-40	Cs-137	
Ireland (تربة سطحية)	68.1	49.55	284.55	-	[29]
USA (تربة سطحية)	370±3.07	36.26±7.02	472	23	[28]
India (تربة سطحية)	22.0	9.3	233	-	[25,29]
Australia (مواد بناء)	24.79±14.61	32.56±19.98	172.77±16.5	-	[30]
Bangladesh (تربة سطحية)	88.1±4.8	68.2±5.28	256.4±16.3	7.5±16.3	[30]
Hungary (تربة سطحية)	26.3±1.5	52.8±2.0	443±15	-	[30]
China (تربة سطحية)	40±34	49±28	580±200	-	[18]
Taiwan (تربة سطحية)	30	44	462	B.D.L.	[30]
West Malaysia (تربة سطحية ورسوبيات)	51.8±10.36	70.3±6.63	-	0.37±24.65	[22]
West Germany (مواد بناء)	14.8	18.5	<259	-	[29]
Finland (مواد بناء)	37	43	1034	-	[29]

USSR (مواد بناء)		14.8±37.0	14.8	259	-	[29]
Tunis (تربة سطحية)		17.1±2.54	19.54±3.47	284.2±55.45	8.72±7.57	[30]
Yemen (تربة سطحية)		47.49±2.89	37.89±1.484	908.8±22.12	21.75±0.96	[30]
الدراسة الحالية	رواسب نهر دجلة	54.758±2.177	52.682±3.482	895.833±12.186	8.475±0.789	
	تربة بغداد/ الكرخ	47.199±2.047	47.032±3.147	819.901±11.134	7.49±0.759	
	تربة بغداد/ الرصافة	51.703±2.229	49.388±3.361	852.715±11.798	7.54±0.804	

الجدول (10) الدراسات العراقية ومقارنتها بالدراسة الحالية

Reference	الفعالية النوعية Bq/kg or Bq/I				الانموذج والسنة
	U-238	Th-232	K-40	Cs-137	
الكبيسي[27]	359-127	125-68	800	175-0.5	تربة الصحراء الغربية 2004
معروف[1]	70-60	431	437	<10	تربة سطحية بابل 2000
معروف[1]	-	-	-	5	تربة سطحية بغداد 2000
زاير[31]	-	-	-	76.0	تربة المنطقة الغربية 2000
امين[32]	55	-	520	-	تربة بغداد 2000
شمسي[33]	45.65	11.46	304	4.75	تربة الوزيرية 2002
مزوري[34]	-	-	-	33	تربة الموصل 1999
شذى[35]	38.67±2.54	11.62±0.63	771.80±120.0	-	تربة بغداد 1996
الدراسة الحالية	47.199±2.047	47.032±3.147	819.901±11.134	7.49±0.759	تربة بغداد/ الكرخ

This Work	51.703±2.229	49.388±3.361	852.715±11.798	7.54±0.804	تربة بغداد/ الرصافة

References :

[1] معروف ، بهاء الدين، "النشاط الاشعاعي الطبيعي في العراق" ، دراسات وابحاث مختارة من المؤتمر العلمي عن اثار استعمال اسلحة اليورانيوم المنضب على الانسان والبيئة في العراق، 26-27 اذار 2002 ، بغداد-العراق، إصدار وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، ص129.

[2] Matsuki Y. and Lec R., "Deciding The Way", IAEA, Bull, 41, 10-13, 1999.

[3] T.A. Little Fied & Thorley N. "Atomic and Nuclear Physics", London, New York, Van Nostrand, 1963.

[4] عزوز، عاصم عبد الكريم، "مقدمة في الفيزياء النووية"، تأليف مايرهوف، مترجم، مطبعة الموصل، 1989.

[5] Ecology/ Kozloduy NPP and environment, 2000, Internet.

[6] D.C., Tayal "Nuclear Physics", Himalaya Publishing House, New Delhi, 1982.

[7] R.T. Weidner and R.L Sells "Elementary Modern Physics", Second Edition, Allyn and Bacon, Inc., Boston, 1990.

[8] J., Dacre "Nuclear Physics", First Published, HEINMANN EDUCATIONAL, 1990.

[9] Genie 2000 Operation Tools Manual, Canberra Industries Inc., USA, 2001.

[10] Genie 2000 Customization Tools Manual, Canberra Industries Inc., USA, 2001.

[11] "Radioactive Standard Substances PIB", (Stand 1.3.1980 and 1.7.1980).

[12] Erdtmarn G. and Soyka W., Die γ-linfen der Radionuklide Band 1-5, April, 1974, (K.F.A).

[13] KERNFORS CHUNG SANLAGE JULICH, Technical reports series No.295, "M. of Radionuclides in Food and the Environment", IAEA. 1989.

[14] Dikson, H.W., Kerr, G.D., Perdue, P.T, and Abdulla, S.A., "Environmental Gamma-Ray Using Insult and Core Sampling Techniques", Health Physics, 30 , 221-227, 1976.

[15] Myrick T.E., "Determination Of Concentration of Selected Radionuclide in Surface in The U.S.", Health Physics, vol.51, No.2, 239-244, 1986.

[16] Delaune R.D., Jones G.L. & Smith C.J., "Radionuclide Concentrations in Louisiana Soil and Sediments", Health Physics, vol.51, No.2, 239-244, 1986.

[17] Mishra, V.C. and Sadasviran, S., "Fallout Radioactivity in Indian Soil", Health Physics, 23, 1972.

[18] Pallai K.C., "Assessment of Natural Ridioactivity Levels in Building Materials and Evaluation of Indoor Radiation Exposure", Environment Technology Letters, vol.5, 1948.

[19] Berelka, J. and Mathew, P.J., "Natural Radioactivity on Australian Building Materials, Industrial Wastes and By-Products", Health Physics, vol.48, No.1, 1985.

[20] Mollah A.S., Rahman M.M. & Husain S.R., "Distribution of γ-emitting Radionuclide in Soil at The Atomic Energy Research Establishment, Savar, Bangladesh", Health Physics, vol.50, No.6 , 1986.

[21] Jhn S.A. & Gasparini A.P., "Gamma-Ray Spectrometry of Rocks, Methods in Geochemistry and Geophysics".

[22] UNSCEAR 1993, United Nations Scientific Committee on The Effect of Atomic Radiation, "Sources and Effects of Ionizing Radiation", Report to The General Assembly , with Scientific Annexes , New York, United Nations, 1993.

[23] Yu-Ming Lin, Pei-Huo Lin, Ching - Jiang Chen and Ching-Chung Huang, "Measurements Of Terrestrial γ-Radiation in Taiwan, Republic Of China", Health Physics, col.52, No.3, 1989.

[24] Hassan A., Abdel Wahab A.M., Nada A., Walley Al-Dine N. and Khazbak N., "Determination Of Uranium and Thorium in Egyptian Monazite By Gamma-Ray Spectrometry", Applied Radiation and Isotopes, vol.48, No.1, 1997.

[25] بازهير، عبد العزيز عمر محمد، "دراسة الترب السطحية الصخور اليمنية وتحليلها باستخدام طرائق نووية وطيفية" ، اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد/ كلية التربية / ابن الهيثم، تموز 2000.

[26] Mahat R.H. & Amin Y.M., "Concentration Of Radon Precursors in Some Malaysian Building Materials", J. Radio Anal Nucl. Chem. Letter. Chem. Latter, vol. 144, No.5, 1990.

[27] الكبيسي، كمال كريم علي، "دراسة الجيولوجيا الاشعاعية للصحراء الغربية – العراق مع التركيز على الجانب البيئي الاشعاعي" ، اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد / كلية العلوم/ قسم علم الارض، 2004.

[28] Ellis W.R., "Advantages of solid state nuclear track detectors for the assessment of alpha and fissile elements". Nuclear Tracks, Vol.12, Nos. 1-6 (1986), p. 773-780.

[29] Fleischer R.L., Price P.B. & Walker R.M., "Nuclear Tracks in solid", University of California Press, (1975).

[30] (I.A.E.A), International Atomic Energy Agency, Vienna, "Calibration of Desimeters used in Radio therapy". (A manual sponsored by the (IAEA) and (WHO)), Technical Reports Series, Vol.1, No. 374, (1994).

[31] Zayir, Yousif Muhsin, "Radiological Characterization of the Western Region of Iraq", Thesis , University of Baghdad, College of Science: August (2000).

[32] Ameen, Nabeel Hashem, "Assessment of Environmental Radioactivity in Baghdad City", M.Sc. Thesis, Al-Mustansiriyah Univesity, College of Environmental Engineering, (2000).

[33]صالح ، علي شمسي ، "التلوث الكيميائي والإشعاعي لمنطقة الوزيرية ببغداد" ، رسالة ماجستير ، الكلية الهندسية الكيميائية (2002) .

[34] Al-Mozouri, Nashwan Shawkat, "Environmental Radiological Pollution and its Sources in Nineveh Governorate", Thesis, University of Baghdad, (2000).

[35]محمد ، شذى عبد الحسين ، "إيجاد تراكيز المواد المشعة في التربة باستخدام تقنية التحليل الطيفي لأشعة كاما" ، أطروحة ماجستير – كلية التربية / ابن الهيثم – جامعة بغداد ، (1996) .