

Assessment of the Radiological Risks due Natural Radioactivity in Selected Cement Samples for Karbala City

تقييم المخاطر الإشعاعية الناتجة من النشاط الإشعاعي الطبيعي لعينات من الاسمنت

م.م. احمد نعمة حمود
م.م. نبيل ابراهيم عاشور
م.م. عمار صلاح حميد
مديرية تربية كربلاء المقدسة
جامعة كربلاء /كلية العلوم /قسم الفيزياء
جامعة كربلاء /كلية العلوم /قسم الفيزياء
ah_alshimary@yahoo.com
nabeelcs_ashoor@yahoo.com
ammarsalah265@gmail.com

الخلاصة:

في هذه الدراسة تم اختبار (10 عينات) من الاسمنت وتم حساب الفعالية النوعية للسلاسل الطبيعية (^{238}U , ^{232}Th و نوية عنصر ^{40}K) باستخدام منظومة مطياف أشعة كاما المتضمنة كاشف NaI(Tl) بخلفية اشعاعية واطنة ولوقت قياس 15 ساعة. ان معدل قيم الفعالية النوعية ($23.338 \pm 0.279 \text{Bq/kg}$ ، $39.522 \pm 0.433 \text{Bq/kg}$ و $153.666 \pm 3.477 \text{Bq/kg}$) لل (^{40}K و ^{232}Th) على التوالي . كذلك تم حساب كل من معدل قيم عامل الخطورة الخارجي (0.2504 ± 0.0031)، معدل قيم معامل الخطورة الداخلي (0.316 ± 0.003)، معدل قيم الجرعة الممتصة ($41.522 \pm 0.535 \text{nGy/h}$)، معدل مكافئ الراديوم ($2.62 \pm 1.164 \text{Bq/kg}$)، معدل الجرعة السنوية الفعالة الداخلية ($203.691 \pm 2.625 \mu\text{Sv/y}$) ومعدل الجرعة السنوية الفعالة الخارجية ($50.923 \pm 0.655 \mu\text{Sv/y}$)، جميع هذه النتائج كانت ضمن الحد المسموح به عالميا ولا تشكل خطرا اشعاعيا كبيرا .

Abstract:

In the present work the specific radioactivity measurements of radionuclides to ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K and some radiological parameters of (10) selected cement samples that available in Iraq markets was determined using NaI (TI) , The results showed the average specific activity for (^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K) have been found ($23.338 \pm 0.279 \text{Bq/kg}$, $39.522 \pm 0.433 \text{Bq/kg}$ and $153.666 \pm 3.477 \text{Bq/kg}$) respectively. while the average values of external hazard index (0.2504 ± 0.0031), internal hazard index (0.316 ± 0.003), absorbed dose ($41.522 \pm 0.535 \text{nGy/h}$), Radium Equivalent ($2.62 \pm 1.164 \text{Bq/kg}$), The indoor annual effective dose ($203.691 \pm 2.625 \mu\text{Sv/y}$) and the outdoor annual effective dose ($50.923 \pm 0.655 \mu\text{Sv/y}$).

المقدمة : (Introduction)

تعتبر هذه الدراسات دورية بصورة مستمرة بمراقبة النشاط الإشعاعي الطبيعي وتعيين حالات التلوث ومصادر معالجتها ان وجدت حيث ان مجال الإشعاع مهم جدا في صحة الإنسان لذلك وجب دراسة التغيرات التي تطرأ على الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان وبالتالي معرفة تراكيز النويدات المشعة الطبيعية في مواد البناء يعد أمر ضروري [1] بما انه يتم اشتقاق مواد البناء من المصادر الطبيعية (مثل الصخور والترربة) ومنتجات النفايات مثل (phosphogypsum، الشب الصخري، الفحم الرماد المتطاير، الرماد الزيتي، وبعض المعادن النادرة... إلخ) وكذلك من منتجات الصناعة مثل (محطات توليد الطاقة، وصناعة الفوسفات). لذلك تعتبر مواد البناء مصدر للإشعاع للذين يسكنون في مساكنهم، كما أن لها دور درع ضد الإشعاع في الهواء الطلق [2] ، كذلك فان معظم مواد البناء الخام والمنتجات المشتقة من الصخور والترربة تحتوي على كميات مختلفة من النويدات المشعة التي تأتي من مصادر التعرض الطبيعي المتمثلة باليورانيوم (^{238}U) والكربون (^{14}C) وثلاث سلاسل طبيعية مهمة هي: اليورانيوم (^{238}U) والثوريوم (^{232}Th) والأكتينيوم (^{235}U) [3] حيث أن النويدات المشعة في الاسمنت تأتي من (^{226}Ra ، ^{232}Th ، ^{40}K) ومن المعروف أن الاسمنت يشكل جزءا كبيرا من معظم المباني كما ان معظم الناس يقضون حوالي 80% من حياتهم داخل المنازل والمكاتب وبالتالي من المهم معرفة النشاط الإشعاعي في مواد البناء وخاصة مادة الاسمنت لتقدير المخاطر الإشعاعية على الصحة البشرية [4]. ولهذه المعرفة أمر أساسي لوضع معايير ومبادئ توجيهية لاستخدام هذه المواد [5]. أجريت في السنوات الماضية عدة دراسات اهتمت بحساب مستوى تركيز الفعالية للنوى المشعة الطبيعية في الاسمنت (النشاط الإشعاعي الطبيعي natural radioactivity) والنوى المنتجة صناعيا (النشاط الإشعاعي الصناعي artificial radioactivity) في نماذج مختلفة، وحساب معاملات الخطورة المصاحبة إلى هذه التراكيز حيث أجريت عدة دراسات في العراق ومن ضمنها [6] حيث تم فيها دراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي في مواد البناء (اسمنت، بلوك، جص، طابوق) في منطقة الفرات الأوسط، حيث استعمل كاشف يوديد الصوديوم المنشط بالتاليوم NaI(Tl).

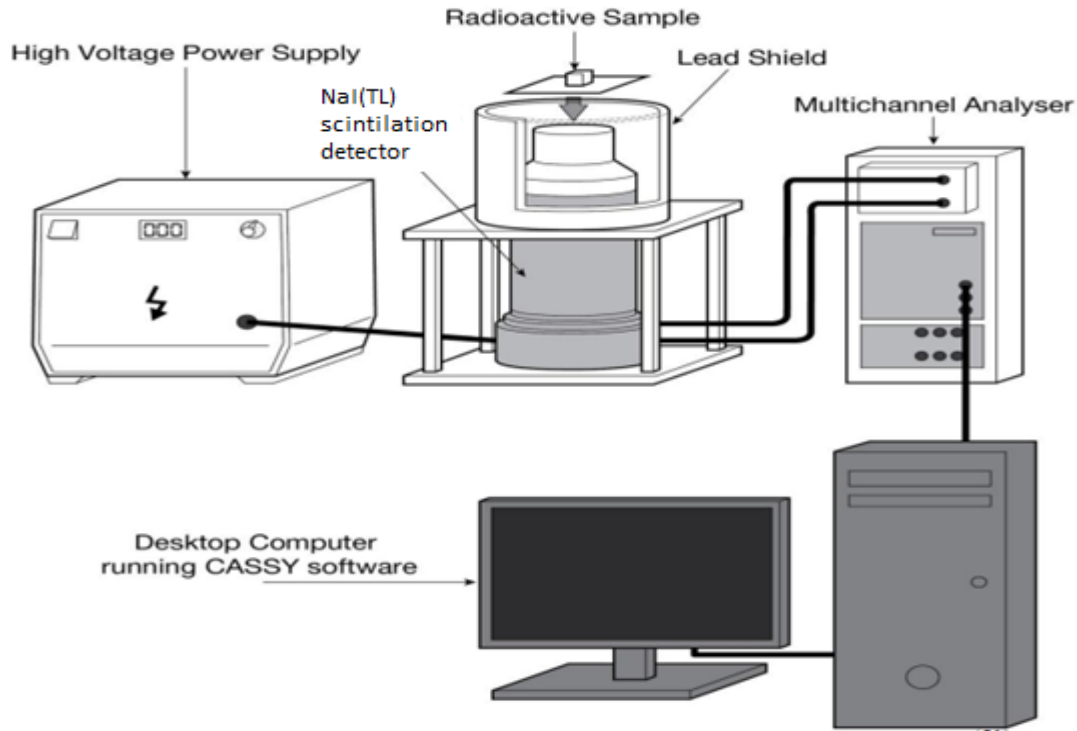
الجزء العملي: (Experimental part)

تم جمع عشرة عينات من الأسمنت المتوفرة في الاسواق المحليه لمحافظة كربلاء المقدسة وخزنت في وعاء مارليني لمدة اربعة اسابيع للوصول الى حالة التوازن الاشعاعي ومن ثم جرى تعريض العينات الى الكاشف الوميضي NaI(Tl) ولمدة (15h) للحصول على الطيف الاشعاعي والجدول (1) يبين العينات التي تم جمعها.

جدول (1) يبين معلومات العينات التي تم جمعها

رمز العينة	الاسم	الدولة المصنعة	النوع	تاريخ التصنيع
SEM1	اسمنت البور تلاندا	ايران	اعتيادي	10\7\2016
SEM2	اسمنت البور تلاندا	ايران(مصنع دليجان)	مقاوم للاملاح	21\7\2016
SEM3	اسمنت بورتلاندا ابيض	ايران(شركة اكباتان)	مقاوم للاملاح	13\6\2016
SEM4	اسمنت الجسر	العراق\كربلاء	مقاوم للاملاح	15\9\2016
SEM5	اسمنت الجسر	العراق\السليمانية	مقاوم للاملاح	10\9\2016
SEM6	اسمنت سامان	ايران	مقاوم للاملاح	23\12\2016
SEM7	اسمنت هكمتان	ايران	مقاوم للاملاح	25\7\2016
SEM8	اسمنت كرسته	العراق\السليمانية	مقاوم للاملاح	13\9\2016
SEM9	اسمنت ايلام	ايران	مقاوم للاملاح	5\10\2016
SEM10	اسمنت نهاوند	ايران\طهران	عادي	15\7\2016

استخدم برنامج (CASSY Lab) لتسجيل طيف اشعة كما عن طريق كاشف يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) والذي ابعاد حجم بلورته (2x1.5 inch) ومزود بقاعدة رقمية متعددة القنوات و يحتوي على 2048 قناة كما موضح في شكل رقم (1) ، حيث رُبط الكاشف بمجهاز الفولتية العالية ومن الكاشف الى المضاعف الابتدائي ومن ثم الى محلل متعدد القنوات الذي رُبط في متحسس نوع كاسي CASSY Sensor الذي بدوره متصل بالكمبيوتر.



شكل (1) تركيب منظومة الكاشف الوميضي [7]

خواص منظومة الكشف والتحليل :-

معايرة الطاقة:- (Energy Calibration)

يقصد بالمعايرة إيجاد العلاقة الخطية بين سعة النبضة الخارجة من الكاشف وطاقة اشعة كما الساقطة على بلورته ويستخدم لمعايرة طيف اشعة كما مصادر قياسية معروفة الطاقة ، وقد استخدمت مصادر قياسية معلومة الطاقة هي (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{22}Na) كما في جدول رقم (2) ، الشكل (2) يبين العلاقة بين الطاقة ورقم القناة ويمكن من خلال المعادلة (1) معرفة قيمة الطاقة بعد تعويض رقم القناة [8].

$$E (\text{KeV}) = 2.0411\text{Channel Number} - 44.606 \quad (1)$$

حيث ان:-

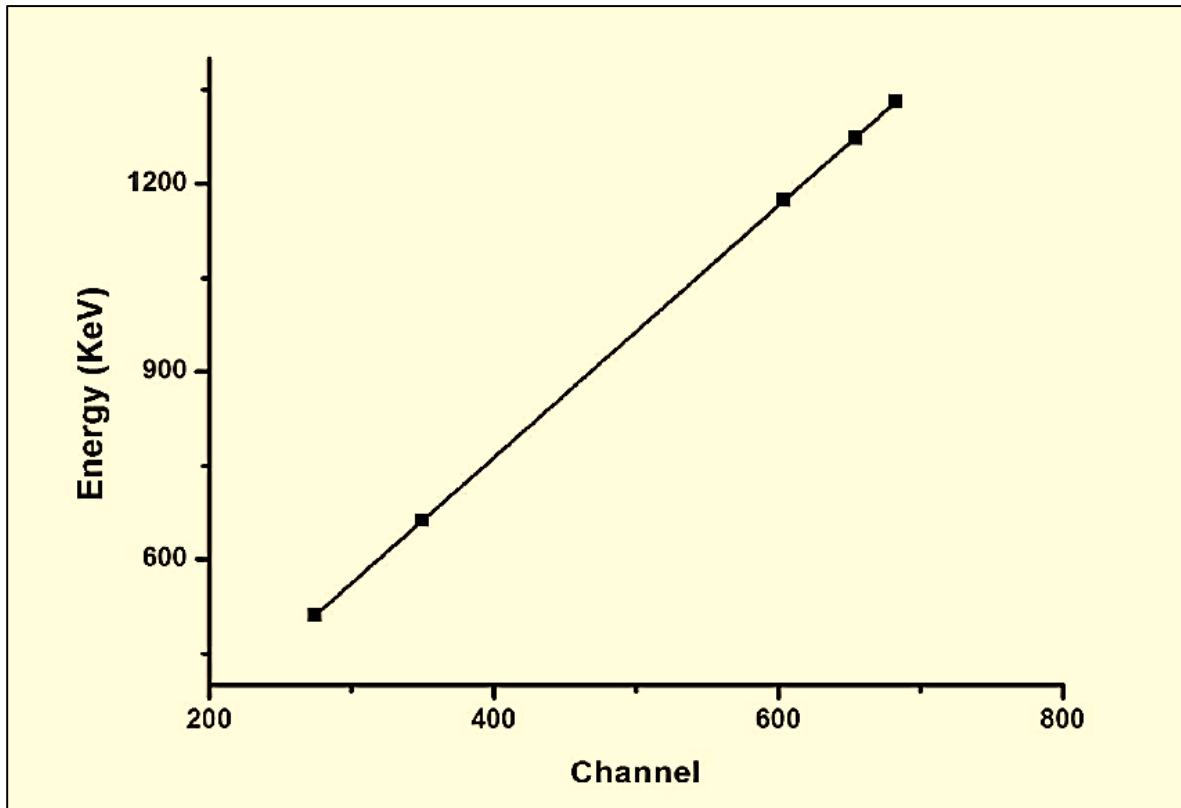
Channel Number :- رقم القناة في الطيف

44.606 :- نسبة الخطأ في المعادلة

E(keV) :- مقدار الطاقة بوحدات (keV)

جدول (2) يوضح تفاصيل المصادر الثلاثة .

Production date	Serial number	$I_{\gamma}^{(24)}$	E_{γ} (keV)	Activity (kBq)	Isotope
March 2009	RE402	1.81	511	74	22Na
		0.9995	1274		
March 2009	RB647	0.999	1173.24	74	60Co
		0.9988	1332.5		
September 2012	IRS480	0.8521	661.66	185	137Cs



الشكل (2) يبين العلاقة بين الطاقة وعدد القنوات

كفاءة الكاشف :- (Detector Efficiency)

كفاءة الكاشف (*Eff*) هي النسبة بين عدد النبضات الخارجة منه إلى عدد فوتونات أشعة كاما الساقطة عليه وتحسب من المعادلة الآتية [8] :-

$$\varepsilon = \frac{C_p}{I_\gamma A} \quad (2)$$

حيث إن :-

C_p :- صافي المساحة لكل وحدة زمنية تحت قمة الفوتون (N/T)

I_γ :- الشدة النسبية لكل طاقة من طاقات المصدر المشع

A :- نشاط المصدر المشع عند إجراء القياس الذي يحسب من بداية التصنيع إلى الوقت الحاضر وتحسب من المعادلة (3) [9]

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (4)$$

حيث إن :-

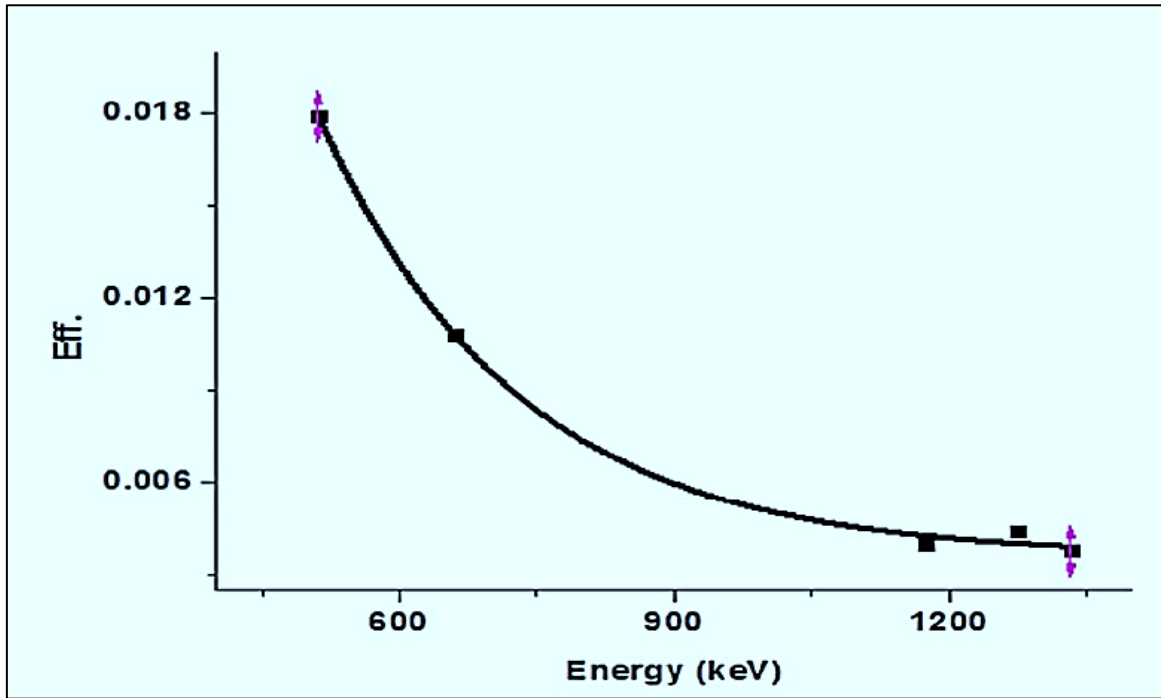
A₀ :- نشاط المصدر المشع عند زمن التصنيع .

λ :- ثابت الانحلال

t :- زمن التأخر (هي الفترة الزمنية المحصورة بين تأريخ صنع المصدر القياسي وتاريخ القياس)

T_{1/2} :- عمر النصف للمصدر المشع ويحسب من المعادلة (4) [10].

والشكل ادناه يمثل العلاقة بين كفاءة الكشف للعداد مع طاقات المصادر المشعة المستخدمة في معايرة الكاشف .



شكل (3) يمثل العلاقة بين كفاءة الكاشف مع طاقات المصادر المشعة

ومعادلة رسم كفاءة الكاشف مع الطاقات هي :-

$$Eff. = 0.1502e^{-x/217.90178} + 0.00353 \quad (5)$$

حيث ان :-

Eff. :- مقدار الكفاءة

X :- مقدار الطاقة

0.00353 :- نسبة الخطأ في المعادلة

النتائج والمناقشة (Results and Discussion)

1- الفعالية النوعية :- (Specific Activity (A))

الفعالية النوعية هي النشاط الإشعاعي النوعي لكل وحدة كتلة (Bq kg^{-1} or Ci g^{-1}) [11] ، يتم حساب الفعالية النوعية لكل عينة باستخدام المعادلة التالية [12] :-

$$A (\text{BqKg}^{-1}) = (N - B) / (t \times \varepsilon \times I_{\gamma} \times m) \dots\dots\dots (6)$$

حيث ان :
 A-الفعالية النوعية.
 B-عد الاشعة الخلفية.
 N-العد الاجمالي(العينة +الاشعة الخلفية).
 t- زمن القياس.
 I_{γ} - احتمالية انبعاث أشعة كاما.
 ε - الكفاءة المطلقة للكشف .
 m- وزن العينة (kg).

2- معامل الخطورة الخارجي: External Hazard Index

ان دليل الخطورة الخارجي هو تقييم لخطر إشعاع كاما الطبيعي ، ويحسب من المعادلة التالية [13] :

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1 \dots\dots\dots (7)$$

حيث يجب ان يكون هذا المعامل اقل من واحد، فاذا كان مساويا الى الواحد او اكبر منه يدل على وجود خطر اشعاعي [14] .

3- معامل الخطورة الداخلي: Internal Hazard Index

ان التعرض الداخلي يكون ناتج عن استنشاق غاز الرادون ووليداته والذي يمكن التعبير عنه بدلالة معامل الخطورة الداخلي [15] ، ويحسب بالمعادلة التالية [14] :

$$H_{in} = \frac{A_{Ra}}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1 \dots\dots\dots (8)$$

ويجب ان يكون هذا المعامل اقل او مساويا الى الواحد ليكون ضمن الحدود المسموح بها عالمياً. جدول رقم (3) يبين قيم الفعالية النوعية و عامل الخطورة الداخلي و الخارجي ، حيث تبين النتائج الموجودة في هذا الجدول ان الاسمنت من نوع البور تلاندا الاعتيادي المصنع في ايران يمتلك اكثر فعالية نوعية لسلاسل اليورانيوم والثوريوم ويمتلك ايضاً اعلى معامل خطورة داخلي وخارجي بينما اسمنت الجسر المصنع في العراق -كربلاء المقام للاملاح يمتلك اقل فعالية نوعية لسلاسل اليورانيوم والثوريوم واقل عامل خطورة (داخلي و خارجي) .

جدول رقم(3) يبين قيم الفعالية النوعية و عامل الخطورة الداخلي و الخارجي

Sample No.	Sample Code	Specific Activity (Bq/kg)			H _{ex}	H _{in}
		²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K		
1	SEM1	34.53±0.33	63.95±0.55	159.49±3.53	0.373±0.004	0.467±0.005
2	SEM2	30.23±0.31	48.02±0.48	190.01±3.72	0.307±0.003	0.388±0.004
3	SEM3	24.85±0.28	38.47±0.43	95.87±3.07	0.236±0.003	0.303±0.004
4	SEM4	14.74±0.22	23.88±0.34	133.91±3.35	0.16±0.003	0.2±0.003
5	SEM5	20.84±0.26	24.75±0.35	91.51±3.04	0.171±0.003	0.227±0.003
6	SEM6	17.23±0.24	30.61±0.39	128.55±3.31	0.191±0.003	0.238±0.003
7	SEM7	25.87±0.29	40±0.44	189.64±3.72	0.264±0.003	0.334±0.004
8	SEM8	20.6±0.26	37.74±0.43	174.8±3.63	0.238±0.003	0.293±0.004
9	SEM9	29.24±0.31	44.1±0.46	166.02±3.57	0.284±0.003	0.363±0.004
10	SEM10	25.25±0.29	43.7±0.46	206.68±3.83	0.28±0.003	0.348±0.004
Min		14.74±0.22	23.88±0.34	91.51±3.04	0.16±0.003	0.2±0.003
Max		34.53±0.33	63.95±0.55	206.68±3.83	0.373±0.004	0.467±0.005
Average		24.338±0.28	39.522±0.4	153.666±3.4	0.2504±0.003	0.316±0.003

وكما مبين في الجدول ادناه فقد تم مقارنة معدل تراكيز الفعالية النوعية و عامل الخطورة الداخلي و الخارجي لعشرة نماذج من الاسمنت مع بعض معدلات القياس في بلدان معينة فقد بينت النتائج ان اعلى تركيز للفعالية النوعية بالنسبة لسلسلة ²³⁸U كانت في دولة اليونان و اقل تركيز كانت في دراستنا الحالية و اما بالنسبة لسلسلة ²³²Th و نوية ⁴⁰K فاعلى نسبة كانت في دولة بنغلادش و اقل نسبة كانت في دولتي النمسا و مصر على التوالي ، في حين ان اعلى معدل لعامل الخطورة الداخلي و الخارجي كانت في دولة بنغلادش و اقل معدل كانت في هولندا .

جدول رقم (4) يبين مقارنة الفعالية النوعية و عامل الخطورة الداخلي و الخارجي لبعض البلدان و الدراسة الحالية

Country	Specific Activity (Bq/kg)			H _{ex}	H _{in}
	²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K		
Australia[16]	51.8	48.1	114.7	0.34956	0.48956
Austria[17]	26.7	14.2	210	0.265242	0.431999
Bangladesh[18]	61	80	1133	0.709296	0.874161
Brazil[19]	61.7	58.5	564	0.563124	0.783124
China[20]	51.7	32	207.7	0.238895	0.311057
Egypt[21]	35	19	93	0.232424	0.372153
Finland[22]	40.2	19.9	251	0.223612	0.318206
Greece[23]	92	31	310	0.292789	0.401437
Italy[24]	46	42	316	0.476507	0.725156
Japan[25]	36	21	139	0.234304	0.358628
Malaysia[26]	81.4	59.2	303.5	0.388966	0.486264
Netherlands[27]	27	19	230	0.194149	0.267122
Norway[28]	29.6	18.5	259	0.205275	0.285275
Pakistan[29]	26.1	28.7	272.9	0.238087	0.308628
Turkey[30]	41	26	267	0.266706	0.377517
Current study	24.338	39.522	153.666	0.2504	0.316
Min	24.338	14.2	93	0.194	0.267
Max	92	80	1133	0.709	0.874
Average	45.721125	34.79	301.5	0.321	0.444

4- الجرعة الممتصة في الهواء : (Absorbed Dose Rate in Air (AD))

معدل الجرعة الممتصة في الهواء متر واحد فوق سطح الأرض تعبر عن جرعة تلقى في الهواء الطلق من الإشعاع المنبعث من تركيزات النويدات المشعة في المواد البيئية. هذا العامل هو كمية هامة للتقييم عند النظر في مخاطر الإشعاع. يتم حساب معدل الجرعة الممتصة ، $AD (nGy h^{-1})$ من خلال المعادلة التالية [31] :-

$$AD = 0.4299 A_U + 0.666 A_{Th} + 0.042 A_K \dots\dots\dots (9)$$

حيث $(0.042, 0.666, 0.4299 nGy h^{-1} / Bq kg^{-1})$ هي عوامل التحويل لـ ^{238}U ، ^{232}Th ، ^{40}K على التوالي [32] . من خلال المعادلة (9) يمكن حساب الجرعة الممتصة في الهواء.

5- مكافئ الراديوم : (Radium Equivalent)

يمكن حساب مكافئ الراديوم من المعادلة التالية :

$$Ra_{eq} (Bq/Kg) = A_{Ra} + 1.43A_{Th} + 0.077A_K \dots\dots\dots (10)$$

حيث ان A_K, A_{Th}, A_{Ra} تركيز الفعالية لسلسلة الراديوم وسلسلة الثوريوم والبوتاسيوم على التوالي [33].

6- الجرعة الفعالة السنوية : (The Annual Effective Dose)

من اجل حساب الجرعة الفعالة السنوية يجب ان نأخذ بنظر الاعتبار ما يأتي :

- معامل التحويل من الجرعة الممتصة الى الجرعة الفعالة.
 - عامل الاحتلال الداخلي.
- استخدم المعامل $0.7 Sv$ كعامل للتحويل من الجرعة الممتصة في الهواء إلى الجرعة الفعالة السنوية المستلمة من قبل البالغين واستخدم 0.8 كعامل الاحتلال الداخلي (وهو نسبة الوقت الذي يقضى في الداخل) و 0.2 هو نسبة الوقت الذي يقضى في الخارج، ومن هذه البيانات وجد ان الجرعة الفعالة السنوية تحسب كالآتي:

$$Indoor = D \left(\frac{Ngy}{h} \right) \times 8760(h) \times 0.8 \times 0.7 \left(\frac{SvG}{y} \right) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11)$$

$$outdoor = D \left(\frac{nGy}{h} \right) \times 8760(h) \times 0.2 \times 0.7 \times \left(\frac{SvG}{y} \right) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (12)$$

حيث ان 8760 يشير الى عدد ساعات السنة. ان المعدل العالمي للجرعة الفعالة السنوية هو $0.48 mSv$ [34] . تم قياس الجرعة الممتصة والجرعة المكافئة السنوية الداخلية والخارجية ومكافئ الراديوم لنماذج الاسمنت المختارة فأظهر القياس وجود نسب متفاوتة للنتائج كما مبين في الجدول رقم (5) ، نلاحظ من الجدول ان الاسمنت من نوع البورتلاند الاعتيادي (ايران) (SEM1) يأخذ اعلى نسبة، بينما الاسمنت من نوع الجسر المصنع في العراق SEM4 و SEM 5 يأخذ اقل نسبة قياس .

جدول رقم(5) يبين الجرعة الممتصة و الجرعة المكافئة السنوية الداخلية و الخارجية و مكافئ الراديوم للعينات .

Sample No.	Sample Code	Absorbed Dose Rate in Air (AD) (nGy/h)	out door	Indoor	Radium Equivalent Activity (Bq/kg)
			Annual Effective Doses Equivalent (AEDE)($\mu Sv/y$)	Annual Effective Doses Equivalent (AEDE)($\mu Sv/y$)	
1	SEM1	61.23±0.63	75.09±0.77	300.37±3.09	138.26±1.39
2	SEM2	50.89±0.59	62.41±0.72	249.65±2.89	113.53 ±1.28
3	SEM3	38.71±0.52	47.47±0.64	189.9±2.55	87.24 ±1.13
4	SEM4	26.82±0.45	32.89±0.55	131.57±2.21	59.2±0.96
5	SEM 5	28.39±0.46	34.82±0.56	139.27±2.26	63.28±0.99
6	SEM 6	31.81±0.48	39.01±0.59	156.05±2.35	70.9±1.05
7	SEM 7	44.02±0.55	53.99±0.67	215.94±2.7	97.67±1.21
8	SEM 8	39.6±0.53	48.57±0.65	194.26±2.6	88.03±1.15
9	SEM 9	47.07±0.57	57.73±0.7	230.91±2.8	105.09±1.24
10	SEM10	46.68±0.57	57.25±0.7	228.99±2.8	103±1.24
Min		28.39±0.46	32.89±0.55	131.57±2.21	59.2±0.96
Max		61.23±0.63	75.09±0.77	300.37±3.09	138.26±1.39
Average		41.522±0.535	50.923±0.655	203.691±2.625	92.62±1.164

جدول رقم(6) يبين مقارنة للجرعة الممتصة و الجرعة المكافئة السنوية الداخلية والخارجية و مكافئ الراديوم لبعض البلدان و هذه الدراسة .

Country	AEDE(in) ($\mu\text{Sv/y}$)	AEDE(out) ($\mu\text{Sv/y}$)	AD (nGy h^{-1})	R(aeq) (Bq/Kg)
Australia[16]	290	72.5	59.12	129.4
Austria[17]	219.8	54.9	44.8	98.2
Bangladesh[18]	623.5	155.9	127.09	262.6
Brazil[19]	479	119.7	97.64	208.5
China[20]	203.6	50.9	41.51	88.5
Egypt[21]	190.3	47.6	38.79	86
Finland[22]	190.5	47.6	38.84	82.8
Greece[23]	249.9	62.5	50.95	108.4
Italy[24]	396.3	99.1	80.79	176.4
Japan[25]	194.3	48.6	39.6	86.7
Malaysia[26]	331.9	83	67.65	144
Netherlands[27]	166.4	41.6	33.92	71.9
Norway[28]	176.2	44.1	35.92	76
Pakistan[29]	205	51.3	41.8	88.2
Turkey[30]	226.4	56.6	46.16	98.7
Current study	203.69	50.92	41.52	92.62
Min	166.4	41.6	33.92	71.9
Max	623.5	155.9	127.09	262.6
Average	271.67	67.926	55.381	118.68

ان النتائج الموضحة في الجدول اعلاه تبين بأن اعلى نسبة للجرعة الممتصة و الجرعة المكافئة السنوية الداخلية والخارجية و مكافئ الراديوم كانت في دولة بنغلادش بينما كانت اقل نسبة في دولة هولندا

الاستنتاجات : (Conclusion)

باستخدام منظومة كاشف يوريد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI (TI) تم قياس المخاطر الاشعاعية لعشرة نماذج من الاسمنت . قد وضحت النتائج في الجدول (3) ان قيم الفعالية النوعية تراوحت بين (14.74 ± 0.28) الى (34.53 ± 0.33) ، التوالي والتي بدورها اقل من القيم العالمية للجنة الامم المتحدة المعنية باثار الاشعاع النووي (UNSCEAR) ، قيم معامل الخطورة الخارجي تراوحت بين (0.16 ± 0.003) الى (0.373 ± 0.004) وقيم معامل الخطورة الداخلي تتراوح بين (0.2 ± 0.003) الى (0.467 ± 0.005) وهي اقل من واحد لجميع العينات وهذا يشير الى عدم وجود خطر اشعاعي كبير. إن جميع نتائج الجرعة الممتصة لنماذج الاسمنت التي تتراوح بين $(28.39 \pm 0.46 \text{ nGy/h})$ الى $(61.23 \pm 0.63 \text{ nGy/h})$ كانت ضمن الحد المسموح به عالميا ، ويعتبر نشاط مكافئ الراديوم مؤشرا جيد آخر حيث كان معدل قيمته $2.62 \pm 1.164 \text{ Bq/kg}$ الذي يكون اقل من الحد المسموح به (370 Bq/kg) ، ومتوسط القيمة للجرعة الفعالة السنوية الداخلية والخارجية كانت $203.691 \pm 2.625 \mu\text{Sv/y}$ ، علاوة على ذلك تم مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع نتائج بعض البلدان العالمية كما في الجداول (4، 6) فقد لوحظ ان هناك نسب متفاوتة في القيم وهذا في الحقيقة بسبب طبيعة الصخور المكونة للمواد الاساسية المستخدمة في صناعة الاسمنت .

Reference

1. Trevisi, R., Risica, S., D'Alessandro, M., Paradise, D. and Nuccetelli, C. "Natural radioactivity in building materials in the European Union: A database and an estimate of radiological significance". *J. Environ. Radioact*, Vol. 105, 11-20, (2012).
2. Markkanen, M. "Radiation Dose Assessments for Materials with Elevated Natural Radioactivity"; *Painatuskeskus oy: Helsinki, Finland*, P: 38, (1995).
3. Turhan, S. "Assessment of the natural radioactivity and radiological hazards in Turkish cement and its raw materials". *J. Environ. Radioact*, Vol. 99, 404-414, (2008).
4. El-Taher, A.; Makhluaf, S.; Nossair, A. and Abdel Halim, A.S. "Assessment of natural radioactivity levels and radiation hazards due to cement industry" , *Appl. Radiat. Isotopes 2010*, Vol. 68, 169-174. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 10, (2013).
5. Damla, D.; Cevik, U.; Kobya, A.I.; Celik, A.; Celik N. and van Grieken, R. "Radiation dose estimation and mass attenuation coefficients of cement samples used in Turkey" , *J. Hazard. Mater*, Vol. 176, 644-649, (2010).
6. الخفاجي، قاسم شمخي جبار، "دراسة الإشعاعي الطبيعي لمواد البناء في منطقة الفرات الاوسط"، رسالة ماجستير، جامعة بابل، (2000).
7. SAINT- GOBAIN, Scintillation Counter (559 901) [accessed 20/8/2015]. Available from: <http://www.ld-didactic.de/documents/en-US/GA/GA/5/559/--559901e.pdf>.
8. Kathren K. *Radioactivity in the Environment, Sources, Distribution, and surveillance*. Harwood Academic Publishers, (1991).
9. Gilmore G.R. "Practical, Gamma-ray Spectrometry", 2nd edition, John Wiley & Sons, England, (2008).
10. Ahmad Neema Hmood. "Assessment of the Radiological risk due Natural Radioactivity in Selected Soil Samples for Kerbala City". the Degree of Master: University of Kerbala (2015).
11. Turner JE. "Atoms, Radiation, and Radiation Protection". 3ed. USA: Wiley-VCH, (2007).
12. Apriantoro NH, Ramli AT, Sutisna. "Activity Concentration of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K Based on Soil Types in Perak State", *Malaysia. Earth Science Research*, Vol. 2(2): 122-125, (2013).
13. Al-Taher A. and Makhluaf S., "Natural radioactivity levels in phosphate fertilizer and its environmental implications in Assuit governorate, Upper Egypt", **Indian Journal of Pure & Applied Physics**, Vol. 48, P:697-702, (2010).
14. Mahur A. K., Rajesh K., Mishra, M., Ali, S. A., Sonkawade, R. G., Singh, B. P., Bhardwaj, V. N. and Rajendra Prasad, "study of radon exhalation rate and natural radioactivity in soil samples collected from East Singhbhum Shear Zone in Jaduguda U - Mines Area, Iharhand, India and its radiological implications", **Indian Journal of Pure & Applied Physics**, Vol. 48, P:486-492, (2010).
15. Hussain, H. H., Hussain, R. O., Yousef, R. M. and Shamkhi, Q., "Natural radioactivity of some local building materials in the middle Euphrates of Iraq", **Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Vol. 284, P:43-47, (2010).
16. Beretka, J.; Mathew, P.J. "Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products". *Health Phys*, Vol. 48, 87-95, (1985).
17. Sorantin, P.; Steger, F. "Natural radioactivity of building materials in Austria". *Radiat . Prot. Dosim*, Vol. 7 , 59-61, (1984).
18. Roy, S.; Alam, M.S.; Begum, M.; and Alam, B. "Radioactivity in building materials used in and around Dhaka city". *Radiat . Prot. Dosim*, Vol. 114 , 527-532, (2005).
19. Malanca, A.; Pessina, V. and Dallara, G. "Radionuclide content of building materials and gamma-ray dose rates in dwellings of Rio-Grande Do-Norte Brazil". *Radiat . Prot . Dosim*, Vol. 48, 199-203, (1993).
20. Lu, X.; Yang, G. and Ren, C. "Natural radioactivity and radiological hazards of building materials in Xianyang, China". *Radiat . Phys. Chem*, Vol. 81, 780-784, (2012).
21. El-Bahi, S.M. "Assessment of radioactivity and radon exhalation rate in Egyptian cement". *Health Phy*, Vol. 86, 517-522, (2004).

22. Mustonen, R." Natural radioactivity and radon exhalation rate from Finnish building materials". Health Phys, Vol. 46, 1195–1203,(1984).
23. Stoulos, S.; Manolopoulou, M.and Papastefanou, C. "Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation from building materials in Greece". J . Environ . Radioact, Vol.69, 225–240,(2003).
24. Sciocchetti, G.; Scacco, F.and Baldassini, P.G. "Indoor measurement of airborne natural radioactivity in Italy". Radiat . Prot. Dosim, Vol.7 , 347–351,(1984).
25. Suzuki, A.; Lida, T.; Moriizumi, J.and Sakuma, Y. "The effects of different types of concrete on population doses". Radiat . Prot. Dosim, Vol. 90, 437–443,(2000).
26. Chong, C.S.and Ahmed, G.U. "Gamma activity in some building materials in west Malaysia". Health Phys, Vol. 43, 272–273,(1982).
27. Ackers, J.G.; den-Boer, J.F.; de-Jong, P. and Wolschrijn, R.A. "Radioactivity and exhalation rates of building materials in the Netherlands". Sci. Total Environ, Vol. 45, 151–156,(1985).
28. Stranden, E.; Berteiz, L. "Radon in dwellings and influencing factors". Health Phys, Vol. 39, 275–284,(1980).
29. Khan, K.; Khan, H.M. "Natural gamma-emitting radionuclides in Pakistani Portland cement". Appl . Radiat . Isotopes, Vol. 54, 861–865,(2001).
30. Turhan, Ş. "Assessment of the natural radioactivity and radiological hazards in Turkish cement and its raw materials". J . Environ . Radioact, Vol. 99, 404–414,(2008).
31. Zeinab M., Magda A. and Nabil E."Determination of natural radioactive elements in Abo Zaabal, Egypt by means of gamma spectroscopy", Journal of Annals of Nuclear Energy, Vol.44 :8-11, (2012).
32. -Joga S., Harmanjit S., Surinder S., Bajwa B.S. and Sonkawade R.G., "Comparative study of natural radioactivity levels in soil samples from the Upper Siwaliks and Punjab, India using gamma-ray spectrometry" Journal of Environmental Radioactivity, Vol.100 No.2 : 94–98, (2009).
33. Diab, H. M., Nouh, S. A., Hamdy and A., EL-Fiki, S. A., "Evaluation of Natural Radioactivity in a Cultivated Area Around A Fertilizer Factory" , **Nuclear and Radiation Physics**, Vol.3, No. 1, P: 53-62, (2008).
34. UNSCEAR. "Sources and Effects of Ionizing Radiation": Report to the General Assembly, with scientific annexes vol 1 (United Nations, New York); 1-219,(2008).