



ISSN: 1608-9391

e-ISSN: 2664-2786

Received:24/12/2020

Accepted: 30/1/2021

## تخمين تراكيز عنصر الرادون المشع الى جانب مؤشرات الخطورة الاشعاعية في مستشفى الاورام والطب النووي في الموصل، العراق

\*فراس محمد علي الجميلي      \*\*ادريس عيدان غدير      \*\*\*ميان ابراهيم خليل

قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة الموصل

\*E-mail: [dr.firas@uomosul.edu.iq](mailto:dr.firas@uomosul.edu.iq)

\*\*E-mail: [dr.adrees@uomosul.edu.iq](mailto:dr.adrees@uomosul.edu.iq)

\*\*\*E-mail: [mayanibraheem@uomosul.edu.iq](mailto:mayanibraheem@uomosul.edu.iq)

### الملخص

حدد تركيز الرادون المشع ( $Bq.m^{-3}$ ) الى جانب مؤشرات الخطورة الاشعاعية المتمثلة بالجرعة السنوية المؤثرة ( $HE(mSv.y^{-1})$ ) وتركيز طاقة الفا المؤثرة ( $PAEC(mWL)$ ) فضلا عن مؤشر سرطان الرئة ( $CPPP/(10^6 person)$ ) في مواقع مختارة ومختلفة التهوية في مستشفى الأورام والطب النووي لمدينة الموصل. استخدمت تقنية العد التراكمي طويل الأمد للأثر النووي المترسبة على مادة كاشف الأثر النووي CR-39. تم اختيار 25 موقعا داخل المستشفى في مبانيها المتعددة (مبنى الإدارة ومبنى المختبرات ومبنى الاستشارية) ولمدة 47 يوما كزمن تشعيع. تمت المعايرة باستخدام مصدر الراديوم  $^{222}Ra$  بفعالية  $2\mu Ci$ . بينت النتائج بان تراكيز الرادون المسجلة لجميع المواقع تراوحت ما بين ( $41.44-79.88 Bq.m^{-3}$ ) وبمعدل ( $59.32 \pm 9.08 Bq.m^{-3}$ ) ويمكن اعتبارها ضمن المستويات الطبيعية العالمية، أما الجرعة المؤثرة السنوية ( $HE$ ) اذ تراوحت قيمتها ( $1.3-2.52 mSv.y^{-1}$ ) وبمعدل ( $0.29 mSv.y^{-1}$ ) ( $1.84 \pm mSv.y^{-1}$ )، بينما تراوحت قيم الجرعة المؤثرة السنوية ما بين ( $4.48-8.6 mWL$ ) وبمعدل ( $5.92 \pm 1.08 mWL$ )، كما ان مؤشر الخطورة سرطان الرئة فقد جاء ضمن القيم ( $32.52-54.34 /10^6 person$ ) وبمعدل ( $35.16 \pm 5.39 /10^6 person$ )، ويمكن اعتبار تلك المؤشرات في ضوء النتائج المستحصلة على انها تقع ضمن المستويات الطبيعية. أشرت المواقع التابعة لثلاجة الادوية المبردة ومكتب الصحة النفسية ومخزن المختبر اعلى مستوى لتركيز الرادون فضلا عن مؤشرات الخطورة الاشعاعية، بينما كانت قيمها ضمن أدنى المستويات المسجلة في ممر الاستشارية. وضحت النتائج بان مستشفى الاورام والطب النووي امنة اشعاعيا على الرغم من ان بعض مواقعها سجلت مستويات عالية لتركيز الرادون نسبة الى المواقع الأخرى، ولاسيما عند مقارنتها بالمستويات العالمية المقبولة التي لا تتجاوز ( $200-300Bq.m^{-3}$ ).

الكلمات الدالة: غاز الرادون الداخلي، الاشعاع الطبيعي، الكاشف CR-39، الجرعة السنوية المؤثرة، تركيز طاقة الفا المؤثر، مؤشر سرطان الرئة.

## المقدمة

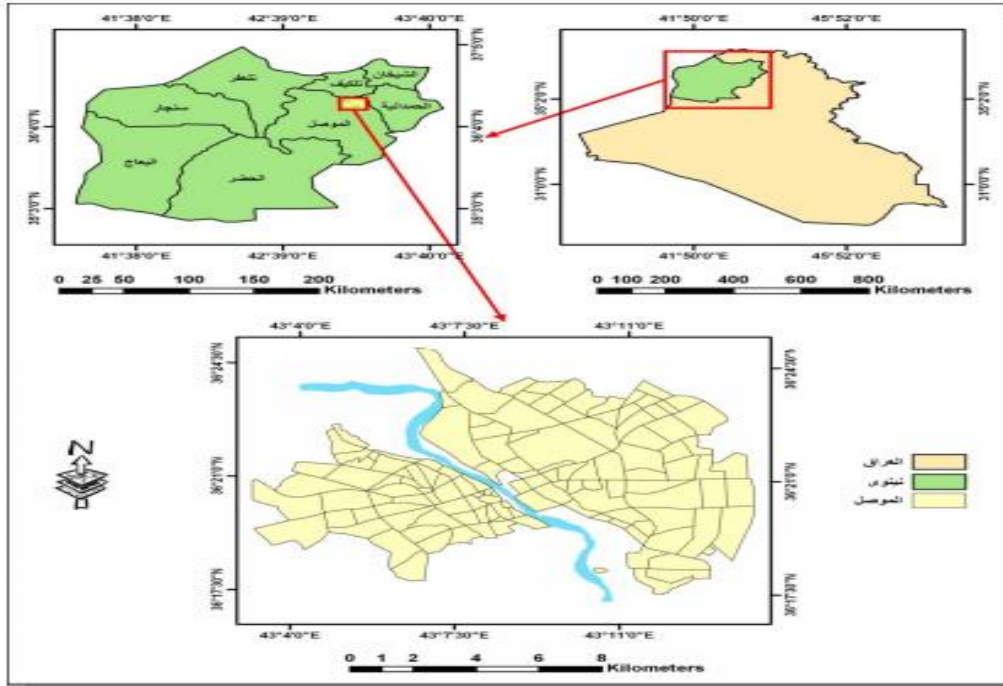
ينبعث غاز الرادون من الاضمحلال الإشعاعي لليورانيوم 235 و 238 أو ثوريوم -232. تقع جميع وليدات الرادون الغازية ضمن سلاسل الإشعاع U-235، U-238، Th-232، التي تحدث بشكل طبيعي وتعتبر من بواعث جسيمات ألفا المشعة (UNSEAR,1993). يمر انحلال الرادون مع اليورانيوم 238 بأربع حالات وسيطة لتشكيل الراديوم 226 الذي له نصف عمر 1600y. ثم يتحلل الراديوم 226 ليشكل غاز الرادون كما أن نصف عمر الرادون هو 3.82 يوماً، مما يوفر الوقت الكافي لينتشر في التربة وفي المنازل. حيث يتفكك أكثر لإنتاج المزيد من وليدات الرادون النشطة إشعاعياً (Cember and Johnson, 2009). تم ترميز نظير الرادون بالرمز Rn-222 من أجل تمييزه عن نظيرين طبيعيين آخرين؛ ثورون Rn-220 (باعث لجسيمة ألفا بعمر نصف يساوي 55.6sec) و Rn-219 (باعث لجسيمة ألفا بعمر نصف يساوي 3.96sec) اللذان ينحلان في سلسلتي الثوريوم والأكتينيوم، على التوالي. بسبب هذه الخصائص فإن قياسات جرعة ألفا التي يتم تلقيها بمساهمة هذين النظيرين هي التي تعتبر مصدر قلق ولكن بحالات نادرة لقصر عمريهما (Cember and Johnson, 2009). يتحرر غاز Rn-222 بحرية تامة في داخل البيئة، فيصبح خطراً على صحة الإنسان. وإذا ارتفع تركيزه في الهواء الداخلي، فيمكن استنشاقه مع وليداته ليسبب سرطان الرئة. فقد تناولت العديد من الدراسات السابقة تخمين تركيز الرادون الداخلي على نطاق واسع باستخدام كواشف الأثر النووي ذات الحالة الصلبة (Mansour, 2005; Yu et al., 2005; Abumurad and Al-Omari, 2008; Shweikani, 2012; Kansal et al., 2012; Al-Ghamdi, 2014; Sakoda et al., 2015) خاض العراق ثلاث حروب كبرى وحظرا دام 13 عاماً بالإضافة إلى جانب سنوات من الحرب الأهلية فضلاً عن الحرب الاهلية الأخيرة على الإرهاب. التي ألحقت أضراراً تراكمية بأرض العراق وهوائه ومائه وصحته وبنية التحتية (Brown, 2004). لقد عانى العراق كثيراً من هذه الصراعات التي كان لها تأثير كبير على البيئة (Faisal, 2014). أظهرت العديد من الدراسات وجود صلة بين حروب العراق وازدياد حالات الإصابة بالسرطان والزيادة المستقبلية المتوقعة في مثل هذه الأمراض بسبب الملوثات المرتبطة بالحرب (Faisal, 2014; Ridha and Al-Safi, 2010). ان التلوث الشديد للمياه والتربة والهواء يمكن أن يحدث بصورة مباشرة بعد القصف (Alaani et al., 2011). فضلاً عن الملوثات الناتجة من القنابل والصواريخ والمواد الكيميائية المتعلقة بالحرب. بينما تم تمثيل التأثيرات غير المباشرة بواسطة تدمير البنية التحتية (Muhannad, 2010). أجريت العديد من الدراسات المحلية لتقييم بعض تراكيز المواد المشعة ومن ضمنها الرادون فضلاً عن مؤشرات الخطورة الإشعاعية لمواقع وعينات ونماذج مختلفة باستخدام تقنيات التحليل الطيفي لأشعة كاما والفا وتقنية كواشف الأثر النووي (Ridha and Kadhim, 2015; Al-Alawy, 2015; Al-Alawy and Fadhil, 2016; Hasan, 2018) تدخل مواد البناء ولجميع أنواعها في تشييد البنايات ومن ضمنها الموقع المختار والتي من شأنها ان تؤثر على تراكيز الرادون المشع، لكونها احد المصدر الرئيسية (Hasan,2018). كما أجريت العديد من الدراسات التي تتناول تحديد تراكيز الرادون في المساكن والابنية (Amin, 2015; KOC et al., 2018).

يهدف البحث الحالي الى تخمين تراكيز عنصر الرادون المشع الى جانب بعض مؤشرات الخطورة الاشعاعية في مواقع مختلفة داخل مستشفى الأورام والطب النووي في مدينة الموصل باستخدام تقنية كاشف الأثر النووي CR-39 ودراسة مدى علاقة تلك التراكيز مع طبيعة التهوية في المواقع المختلفة. إذ تكمن أهمية اختيار مستشفى الأورام والطب النووي في التماس المباشر لمنتسبي المستشفى مع المرضى المصابين بالأورام السرطانية وربما التعامل مع العناصر من ذوات النشاط الإشعاعي الى جانب الجرغ الكيميائية، فضلاً عن أهمية التهوية المناسبة للحد من التركيز العالية للرادون المشع.

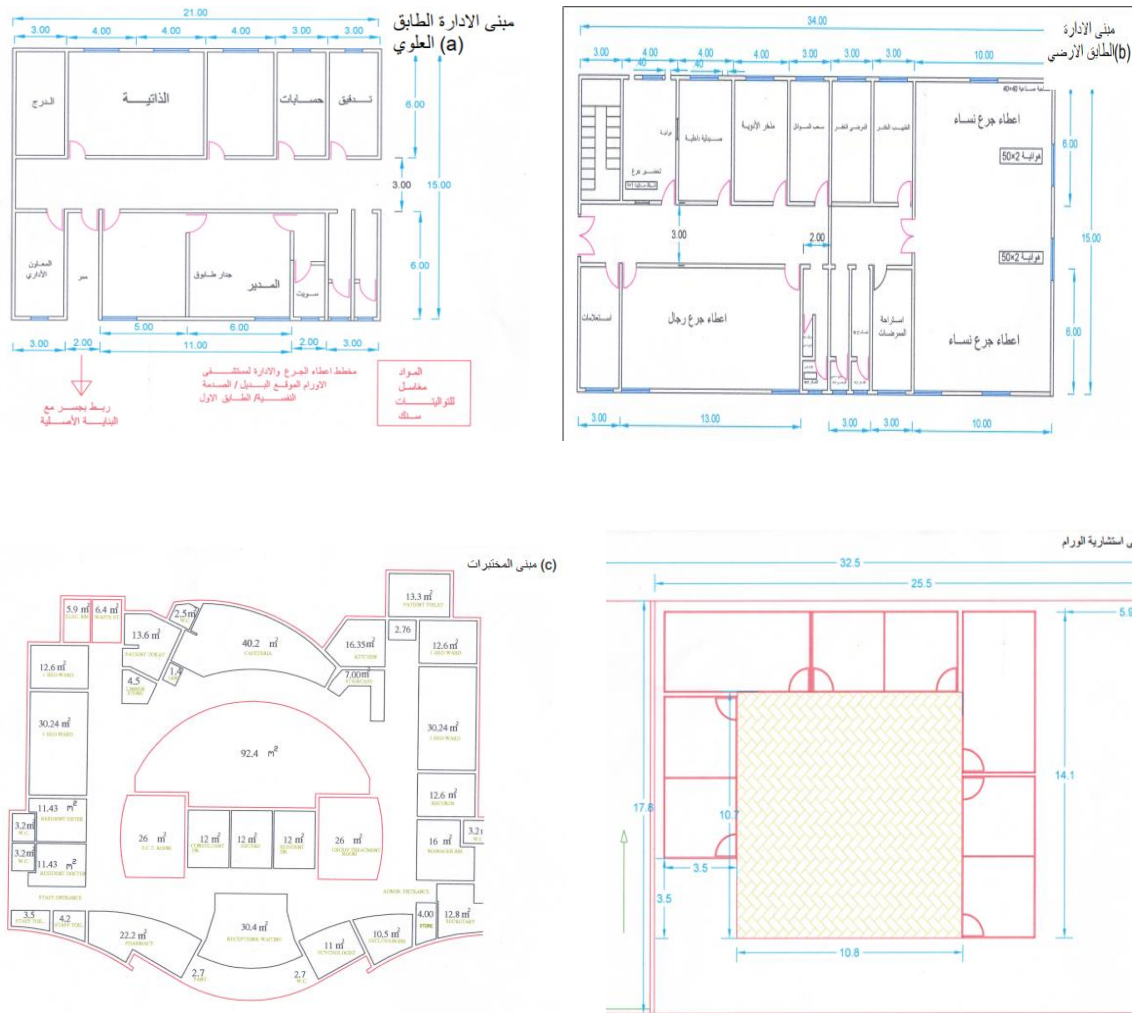
## المواد وطرائق العمل

## منطقة الدراسة

تقع مدينة الموصل في شمال العراق. موقع خط العرض  $36^{\circ} 06'20''$  شمالاً؛ خط الطول:  $43^{\circ} 08'07''$  شرقاً. تبعد مدينة الموصل على بعد 400 كم (250 ميل) شمال بغداد، وتقع على الجانب الغربي من نهر دجلة، تمت المنطقة لتغطي أقساماً كبيرة على كل من "الضفة اليسرى" (الجانب الشرقي) و "الضفة اليمنى" (الجانب الغربي)، حيث يسكن السكان المحليون الضفتين على عكس اتجاه تدفق دجلة. تتمتع الموصل بمناخ شبه جاف دافئ، متأثرة بمناخ البحر الأبيض المتوسط، والصيف حار وجاف جداً بشكل كبير، أما الشتاء بارد إلى حد ما (Gladstone, 2014; Unitar.org). تقع مستشفى الأورام والطب النووي (منطقة الدراسة) على الجانب الشرقي من مدينة الموصل بمحاذاة نهر دجلة. الشكل (1) يوضح خريطة مدينة الموصل والشكل (2) يوضح خريطة مستشفى الأورام والطب النووي.



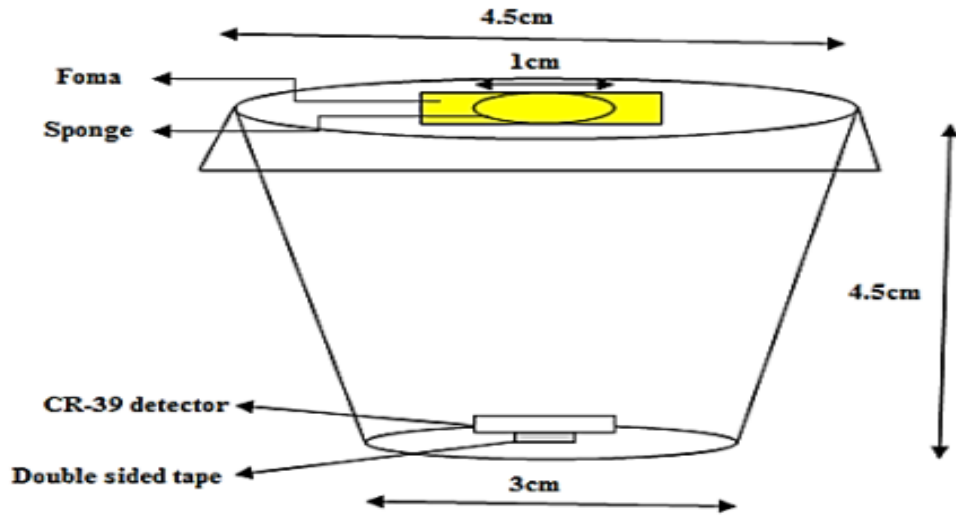
الشكل 1: خارطة مدينة الموصل بجانبها.



الشكل 2 (a,b,c,d): خارطة مستشفى الأورام والطب النووي، (a) مبنى الإدارة الطابق العلوي، (b) مبنى الإدارة الطابق الأرضي، (c) بنائية المختبرات، (d) استشارية الأورام.

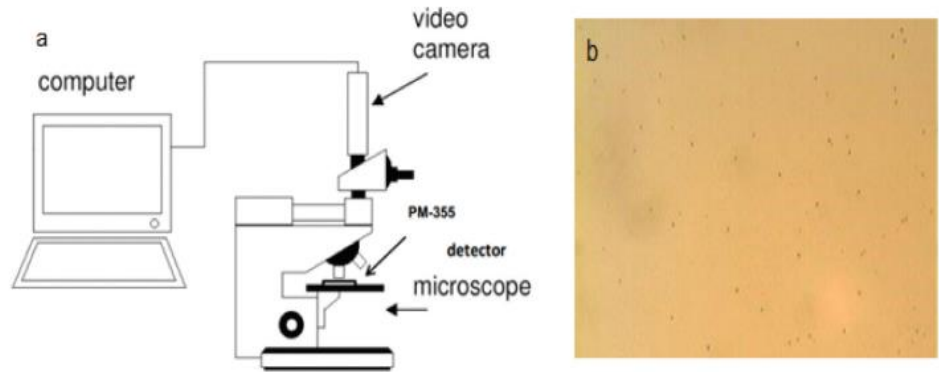
### تقنية القياس

يتم قياس تركيزات الرادون باستخدام 25 قذح كارتوني (أي مقاييس الجرعات) مثبتة في داخلها كواشف الأثر النووي ذات الحالة الصلبة (CR-39) بسمك 500microns وكثافة  $1.36 \text{ gm/cm}^3$ ، إصدار المملكة المتحدة، وتقطع بمساحة  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  وتعلق داخل غرف وممرات ومختبرات المستشفى بواقع كاشف واحد لكل موقع (في داخل مقياس الجرعة). وتثبت على ارتفاع 2m من سطح الأرض. يكون كل من مقياس الجرعات بأبعاد هندسية تقدر بارتفاع 4.5cm وقطر القاع 3cm والجزء العلوي 4cm، مع ثقب دائري قطره 1cm في الوسط، الشكل (3) يوضح كواشف الأثر النووي CR-39 النموذجية. يغطي الثقب بقطعة من الإسفنج مثبتة بداخل سطح الغطاء. تم تثبيت الكاشف CR-39 في الجزء السفلي من القذح (مقياس الجرعات) كما هو موضح في الشكل (3). تكررت الكواشف لمدة 47 يوماً ابتداءً من تاريخ 6-10-2020 ولغاية 23-11-2020. تم جمع الكواشف بعد انتهاء مدة التشعيع من مواقع مختلفة وقشطها كيميائياً في محلول هيدروكسيد الصوديوم 6.5N عند  $60^\circ\text{C}$  لمدة 6hr (KOC et al., 2018). ذلك من أجل إظهار مسارات جسيمات ألفا من Rn-222. تم استخدام مجهر بصري مع تكبير (40X) وبعدها عينية (10X) مربوطة بكاميرا فيديو رقمية 5Mb ومتصلة بجهاز كمبيوتر لعرض وحساب اثار ألفا المتكونة على الكواشف.



الشكل 3: مقياس الجرعة المستخدم في الدراسة الحالية (Al-Alawy and Fadhil, 2016)

يبين الشكل (4a,b) طريقة مسح وعد الاثار الى جانب كثافة الاثار المتخلفة على مادة الكاشف.

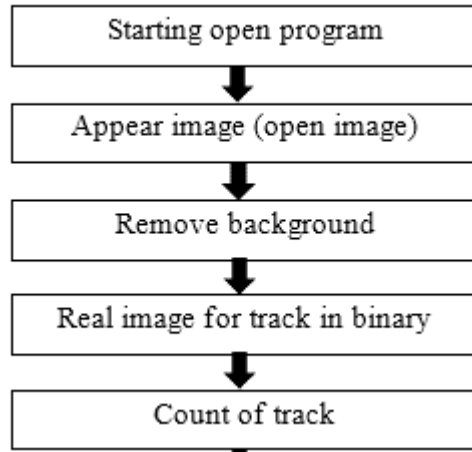


الشكل (4a,b): (a) مسح وعد الاثار بنظام رقمي. (b) كثافة الاثار المتخلفة على الكاشف CR-39 بعد عملية القشط

(Aljomaily et al., 2020) الكيميائي

#### المشاهدة المجهرية

تتم عملية المشاهدة المجهرية باستخدام عملية التكبير (40x) والحصول على صور للكاشف CR-39 التي تم تخزينها على شكل jpg ليتم استدعاؤها ثانية من خلال برنامج معد لهذا الغرض عن طريق برنامج ماتلاب بحيث يحسب مجموع معدل عدد الاثار المترسبة على مادة الكاشفة لكل مشهد (لكل صورة) ويقسم على مساحة المشهد الواحد، اذ ان البكسل الواحد في هذه الصور كان مكافئاً لعامل التحويل  $0.72 \mu\text{m}$  (Al-jomaily, 2020)، والذي تم حسابه تجريبياً باستخدام مقياس التدرج المثبت في المجهر الضوئي وتم إدخاله في برنامج MATLAB الذي يحتوي على العديد من الأدوات الخاصة في معالجة الصور. يوضح الشكل (5) خطوات البرنامج (Al-jomaily, 2020).



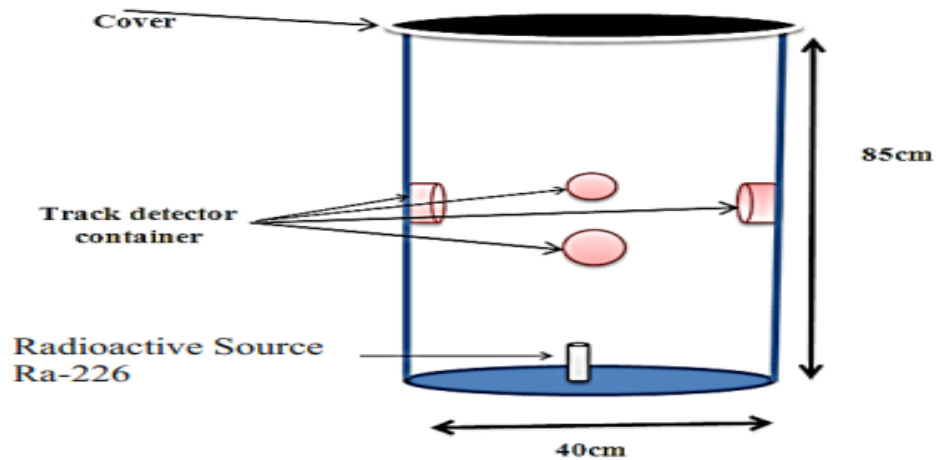
الشكل 5: خطوات المعالجة الصورية للبرنامج المستخدم في عد الاثار النووية.

$$\text{Track density}(\rho) = \frac{\text{Average number of total tracks}(N_{av})}{\text{Area of the field view}(A)} \dots \dots \dots (1)$$

#### معايرة الكاشف CR-39

تمت معايرة الكاشف CR-39 باستعمال مصدر الراديوم المشع ( $A=2\mu\text{ ci}=37000\text{Bq}$ ) الذي تم صنعه سنة 1982 الذي يبعث غاز الراديوم كنواتج اشعاعي من العنصر نفسه اثناء انحلاله. بعد تصحيح الفعالية الاشعاعية للعنصر التي أصبحت بمقدار ( $A= 72793\text{Bq}$ ) في سنة 2020 أي بعد مرور 38 سنة على انتاجه. بمعدل جرعة مقدارها  $126.92 \mu\text{Sv/hr}$  (Al-Alawy and Fadhil,2016).

تم وضع الكاشف CR-39 مع المصدر المشع في حاوية اسطوانية على ارتفاع 85cm ويقطر 40cm وبحجم مقداره  $0.11\text{m}^3$  كما موضح بالشكل (6).



الشكل 6: الحاوية الاسطوانية الشكل المستخدمة لعملية المعايرة

ان فعالية غاز الرادون ( $A_{radon}$ ) داخل الحاوية عند أي زمن يمكن تحديدها من خلال المعادلة الاتية: (Michael, 2007).

$$A_{radon} = A_{radium} (1 - \exp^{-\lambda t}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

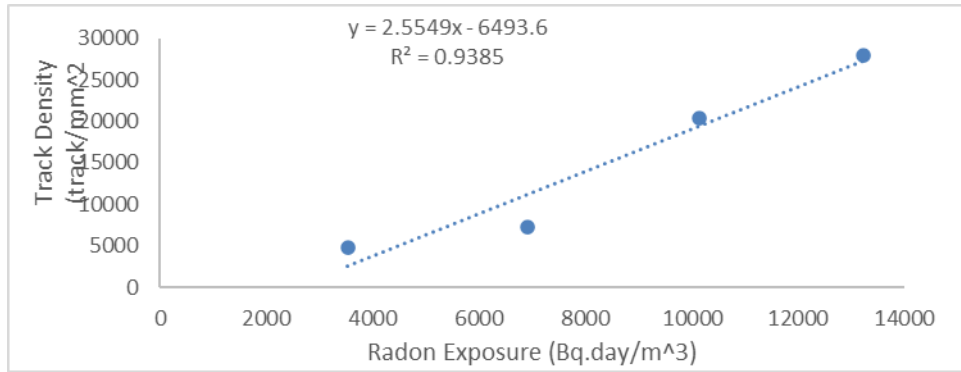
أذ ان: نصف عمر الرادون يساوي (t1/2 (<sup>222</sup>Rn)=3.82 day) وان فعالية مصدر الراديوم القياسي تساوي (A radium= 72793Bq). كما ان ثابت انحلال الرادون يساوي  $\lambda Rn = 0.1812d^{-1}$ . وان t هو زمن التشعيع بالأيام. وان زمن التشعيع للكواشف في الحاوية كان لعدة ازمان (0.25,0.5,0.75, and 1 day)، لذا فان جرعة الرادون المقاسة تحسب كالآتي (Chen et al.,2010):

$$E_s (Bq.day.m^{-3}) = [A_{Rn} (Bq)/V(m^3)] * t(day) \quad \dots\dots\dots(3)$$

أذ ان  $E_s$  يمثل تركيز غاز الرادون في المصدر المعياري. وان  $A_{Rn}$  فعالية غاز الرادون المحسوبة من المعادلة 2. وان V يمثل حجم الحاوية الاسطوانية المقاسة بوحدات  $m^3$  وان t يمثل زمن التشعيع باليوم. الشكل (7) يبين العلاقة ما بين كثافة الاثار ( $\rho_s$ ) وتعرض الرادون وان ميل العلاقة الموضحة بالشكل أعلاه يمكن كتابتها بالشكل الآتي:

$$Slope = \rho_s / E_s \quad \dots\dots\dots(4)$$

حيث ان  $\rho_s$  يمثل كثافة الاثار نتيجة تعرض الكواشف للعنصر المعياري في الحاوية الاسطوانية. وان  $E_s$  تمثل جرعة التعرض للرادون نتيجة الفعالية للرادون في الحاوية الاسطوانية مضروباً في زمن التشعيع (0.25,0.5,0.75,and 1 day).



الشكل 7: كثافة الاثار ( $Track.mm^{-2}$ ) كدالة لجرعة تعرض الرادون ( $Bq.day.m^{-3}$ ).

#### حساب جرعة التعرض للرادون

تمت عملية حاب جرعة التعرض للرادون في المواقع المختارة داخل مستشفى الأورام والطب النووي من خلال المقارنة آتي تم إجراؤها بين كثافة الاثار المترسبة على مادة الكاشف CR-39 المثبتة على الجدران مع كثافة الاثار المترسبة على الكواشف المثبتة في داخل الحاوية الاسطوانية التي تحوي على المصدر القياسي المشع <sup>226</sup>Ra، من خلال العلاقة الآتية: (Chen et al., 2010)

$$\frac{E_x(sample)}{\rho_x(sample)} = \frac{E_s(standard)}{\rho_s(standard)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

أي ان،  $E_x = E_s \left( \frac{\rho_x}{\rho_s} \right)$ ، وان  $E_x$  هو جرعة تعرض الرادون في العينات للمواقع المختارة بوحدة ( $Bq/m^3.day$ ). وان

$\rho_x$  هي كثافة الاثار لتلك العينات أعلاه بوحدة ( $Track/mm^2$ ). 65

$$E_x = \frac{\rho_x}{slope} \quad \dots\dots\dots(6)$$

## تحديد تركيز الرادون

يتم تحديد تركيز عنصر الرادون المشع للمواقع المختلفة في مستشفى الأورام والطب النووي (الموصل) من خلال المعادلة الآتية: (Al-Kofahi et al.,1992).

$$C_{Rn}(Bq.m^{-3}) = \frac{Ex(Bq.day.m^{-3})}{\rho x} \left( \frac{\rho x}{t} \right) \dots \dots \dots (7)$$

اذ ان:  $t$  يمثل زمن التشعيع بوحدة (day) للكواشف المثبتة على الجدران للمواقع المختارة، حيث يتم ذلك من خلال طريقة قابلة للمقارنة لتقنيات كواشف الأثر لتحديد معامل المعايرة الذي يتم الحصول عليه من خلال قسمة كثافة الاثار النووية المستحصلة من وجود عنصر الرادون في المواقع قيد الدراسة، بمعنى اخر يمكن تعويض المعادلتين (5) و (6) في المعادلة (7) لنحصل على صيغة جديدة المتمثلة بالمعادلة الآتية:

$$C_{Rn}(Bq.m^{-3}) = \frac{1}{slope} \left( \frac{\rho x}{t} \right) det. \dots \dots \dots (8)$$

$$\frac{1}{slope} = \frac{Es(Bq.day.m^{-3})}{\rho s(Track.mm^{-2})}, slope = \frac{\rho s(Track.mm^{-2})}{\rho s(Track.mm^{-2})} \dots \dots \dots (9)$$

اذ ان: الميل (slope) هو معامل المعايرة بوحدة  $(Track.mm^{-2} / Bq.day.m^{-3})$ .

## تقييم الجرعة للرادون داخل الأبنية. Dose Assessment Indoor Radon.

A \_ الجرعة المؤثرة السنوية. (AED) The annual effective dose:

يمكن تحديد الجرعة المؤثرة السنوية (HE) نتيجة لاستنشاق الرادون داخل الأبنية من خلال العلاقة الآتية (Wahi,2007).

$$H_E = C_{Rn} . E_q . T . 9 nSv (Bq.h.m^{-3})^{-1} \dots \dots \dots (10)$$

أذ ان: هو تركيز الرادون داخل الأبنية للموقع المحدد،  $E_q$  هو معامل التوازن ما بين الرادون ووليداته [28] و  $T = 8763hr/y$  هو زمن التعرض بالساعات وان  $9 \times 10^{-6} mSv (Bq.h.m^{-3})^{-1}$  هو معامل تحويل الجرعة. يبين (الجدول 1) تسمية المواقع المدروسة في ابنية مستشفى الأورام والطب النووي في الموصل مع رموزها المحددة التي اشتملت على 25 موقعا الى جانب تركيز الرادون ومؤشرات الخطورة الاشعاعية.



**الجدول 1 : تسمية مواقع ورموز مستشفى الأورام والطب النووي في الموصل الى جانب تركيز الرادون ومؤشرات الخطورة الإشعاعية**

التسلسل	اسم الموقع	رمز	C Rn (Bq.m <sup>-3</sup> )	HE(mSv.y <sup>-1</sup> )	PAEC(mWLx10 <sup>-3</sup> )	CPPP/10 <sup>6</sup> person
1	غرفة المدير (الطابق العلوي)	X1	58.40	1.84	6.3	33.12
2	ممر الإدارة العلوي	X2	50.06	1.57	5.41	28.41
3	الحسابات	X3	52.98	1.67	5.72	30.06
4	القانونية	X4	54.48	1.71	5.88	30.78
5	صالة إعطاء الجرع -رجال	X5	61.21	1.93	6.67	34.74
6	صالة إعطاء الجرع -نساء	X6	62.35	1.966	6.74	35.39
7	الصيدلية الداخلية	X7	65.78	2.07	7.11	37.33
8	مذخر الايوية	X8	67.66	2.13	7.31	38.34
9	مخزن العمومية	X9	52.32	1.65	5.65	29.7
10	وحدة تحضير الجرع الكيماوية	X10	59.48	1.87	6.43	33.76
11	ممر الإدارة الأرضي	X11	48.33	1.52	5.22	27.43
12	غرفة الممرضين	X12	59.6	1.88	6.44	33.66
13	ثلاجة الايوية المبردة	X13	79.88	2.52	8.63	45.34
14	صيدلية الاستشارية	X14	61.93	1.95	6.7	35.15
15	مختبر الكيمياء السريرية	X15	66.44	2.09	7.18	37.71
16	غرفة مسؤول الهندسة	X16	69.77	2.20	7.54	39.6
17	غرفة السونار	X17	62.72	1.97	6.76	35.6
18	مختبر البكتريولوجي	X18	52.33	1.65	5.65	29.7
19	مختبر امراض الدم	X19	49.44	1.56	5.34	28.06
20	مخزن المختبر	X20	70.7	2.22	7.64	40.13
21	مكتب الصحة النفسية	X21	72.33	2.28	7.82	41.05
22	مصرف الدم	X22	61.2	1.93	6.61	34.74
23	ممر الاستشارية	X23	41.44	1.306	4.48	23.52
24	استشارية الأورام	X24	48.41	1.52	5.23	27.47
25	وحدة التسجيل السرطاني	X25	47.87	1.51	5.17	27.17
		المعدل	59.32± 9.08	1.84 ± 0.29	5.92 ± 1.08	36.16 ± 5.39

**B – تركيز طاقة الفا المؤثر. (PAEC) Potential Alpha Energy Concentration**

يمكن الحصول على تركيز طاقة الفا المؤثر (PAEC) بوحدات (WL) من خلال العلاقة الاتية

(Ismail and Jaafar, 2010).

$$PAEC(WL) = E_q \cdot \frac{C_{Rn}}{3700} \dots \dots \dots (11)$$

**C – مؤشر سرطان الرئة سنويا لكل مليون شخص (CPPP). Lung Cancer Cases per Year per Million Person**

يمكن تحديد نسبة سرطان الرئة سنويا لكل مليون شخص (CPPP) من خلال العلاقة الاتية (ICRP,2009).

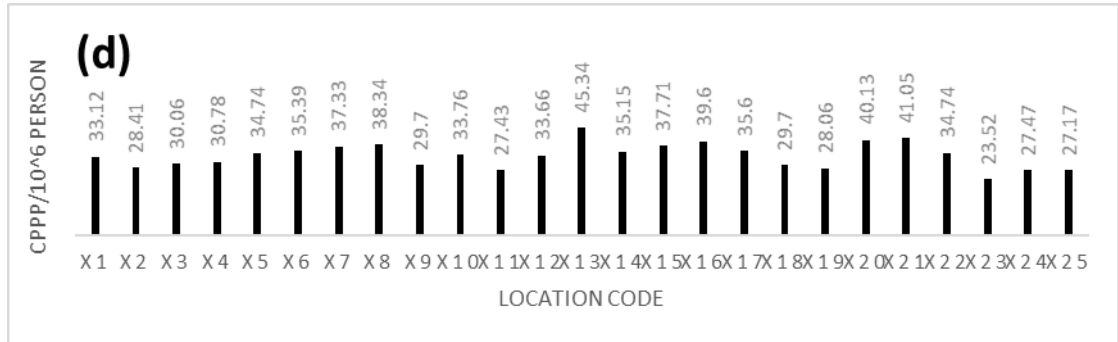
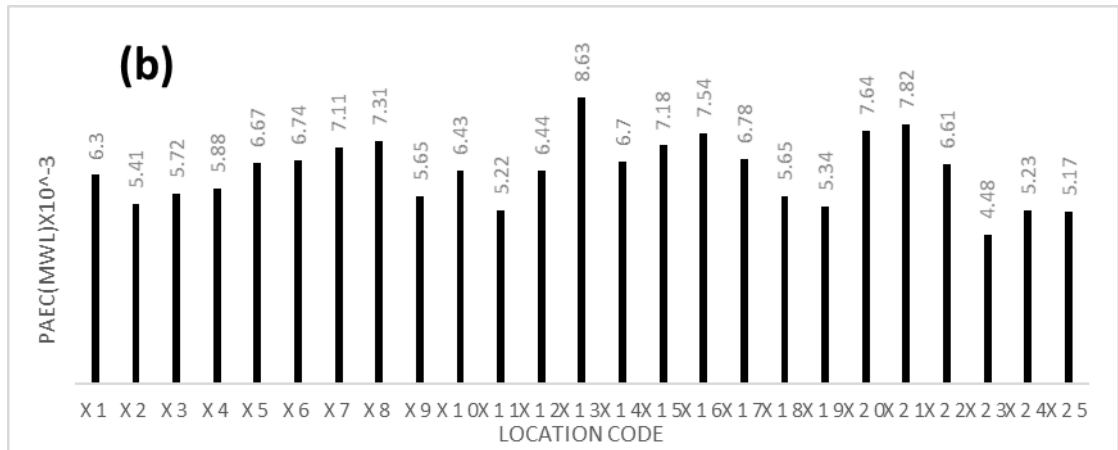
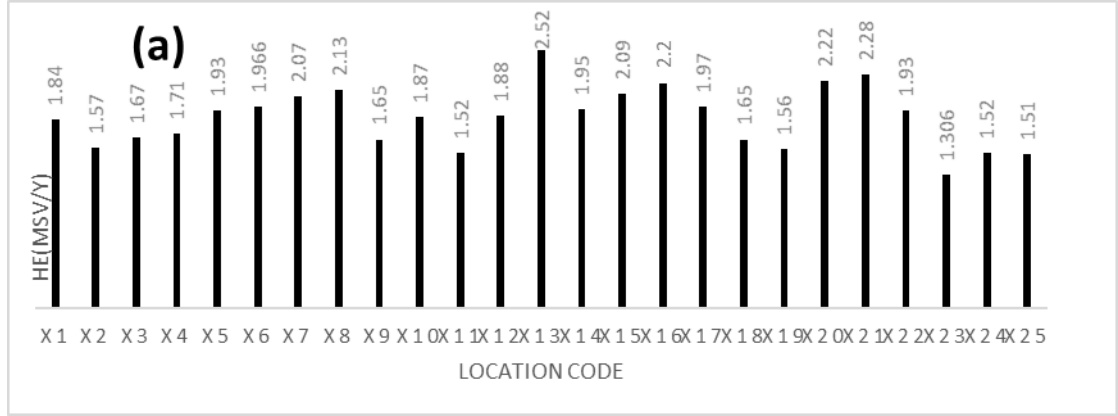
$$(CPPP) = H_E \cdot (18 \times 10^{-6} mSv^{-1} \cdot y) \dots \dots \dots (12)$$

اذ ان،  $18 \times 10^{-6} mSv^{-1} \cdot y$  هو معامل التحويل.

**النتائج والمناقشة**

يعتبر التعرض للرادون لفترة طويلة ضرورياً للحصول على عدد جيد نسبياً من الاثار ويتم عدّها إحصائياً. كما تم حساب الخلفية عن طريق قشط احدى قطع الكواشف التي لم تتعرض للتشعيع بعد عملية القشط التي أجريت عليها وبالتالي طرحها من الحسابات الكلية لعدد الاثار المترسبة على كل كاشف مشع لموقع معين. تم تحديد تركيز الرادون المشع  $C_{Rn} (Bq \cdot m^{-3})$  ومؤشرات الخطورة الاشعاعية المتمثلة بالمصطلحات الاتية (AED) و (PAEC) و (CPPP) على التوالي. حددت اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع (ICRP) مديات تركيز الرادون للسكان ليكون بحدود  $(200-300 Bq/m^3)$  (ICRP,2009). وتتمثل حدود الرادون المسموح بها دولياً في أماكن العمل بحدود  $(400 Bq \cdot m^{-3})$  و  $(148 Bq \cdot m^{-3})$  و  $(148 Bq \cdot m^{-3})$  في المملكة المتحدة وفي الوكالة الدولية لحماية البيئة الى جانب دولة هنكاريما على التوالي (Kendall et al.,2005 ; EPA,2003).

لا توجد لوائح محددة في العراق لمستويات الرادون في الأماكن المغلقة سواء في المساكن أو أماكن العمل. لذا تتم المقارنة مع المعطيات العالمية. يبين الشكل (8,a,b,c,d) علاقة تركيز الرادون  $(Bq \cdot m^{-3})$  والجرعة المؤثرة السنوية  $(mSv \cdot y^{-1})$  وتركيز طاقة الفا المؤثر (mWL) مؤشر سرطان الرئة سنويا لكل مليون شخص  $(CPPP/10^6)$  مع المواقع المختارة في مستشفى الأورام والطب النووي (بارتفاع m2) على التوالي.



الشكل 8: a,b,c,d الى جانب (الجدول 1) علاقة تركيز الرادون ( $Bq.m^{-3}$ ) والجرعة المؤثرة السنوية ( $mSv.y^{-1}$ ) وتركيز طاقة الفا المؤثر (mWL) مؤشر سرطان الرئة سنويا لكل مليون شخص ( $CPPP/10^6$ ) مع المواقع المختارة في مستشفى الأورام والطب النووي ( بارتفاع 2m ) على التوالي.

يظهر الشكل (8a) و(الجدول 1) بان أعلى تركيز للرادون ( $Bq.m^{-3}$ ) كان في داخل ثلاجة الادوية المبردة التابع للطابق الأرضي لمبنى الإدارة اذ يقدر بحوالي ( $79.88 Bq.m^{-3}$ ) ثم يليه الموقع التابع لمكتب الصحة النفسية الى جانب مخزن الادوية في الطابق الأرضي لنفس المبنى يواقع ( $72.33 Bq.m^{-3}$ ) و( $70.7 Bq.m^{-3}$ ) على التوالي. بينما اظهر الموقع لممر الاستشارية في الطابق الأرضي لمبنى الإدارة اقل تركيز لغاز الرادون المشع بقيمة ( $41.44 Bq.m^{-3}$ ). وان المعدل الكلي لتركيز الرادون في جميع المواقع المختارة يقدر بحوالي ( $59.32 \pm 9.08 Bq.m^{-3}$ ). أظهر الشكل (8b,c,d) و(الجدول 1) بان أعلى تركيز للجرعة السنوية المؤثرة كان أيضا في داخل ثلاجة الادوية المبردة التابع للطابق الأرضي لمبنى الإدارة ثم يليه الموقع التابع لمكتب الصحة النفسية الى جانب مخزن الادوية في الطابق الأرضي لنفس المبنى اذ يقدر بحوالي ( $H_E = 2.52 mSv.y^{-1}$ ) و( $H_E = 2.28 mSv.y^{-1}$ ) و( $H_E = 2.22 mSv.y^{-1}$ ) وكذلك الحال في تركيز طاقة الفا المؤثر بقيم (PAEC= 8.63 mWL) و(PAEC= 7.82 mWL) و(PAEC= 7.64 mWL) ومؤشر سرطان الرئة سنويا لكل مليون شخص بقيم (CPPP = 45.34/10<sup>6</sup> person) و (CPPP = 41.05/10<sup>6</sup> person) و (CPPP = 40.13/10<sup>6</sup> person) على التوالي. ويعزى السبب في ظهور تلك المؤشرات الاشعاعية في نفس الموقع لارتباطها الوثيق حسابيا بتركيز الرادون. اما معدلات تلك المؤشرات في جميع المواقع فقد أظهرت قيمها ( $H_E = 1.84 \pm 0.29 mSv.y^{-1}$ ) و (PAEC= 5.92  $\pm$  1.08 mWL) و (CPPP = 35.16  $\pm$  5.39/10<sup>6</sup> person) على التوالي. كما ن اقل تركيز في تلك المؤشرات للخطورة الإشعاعية فقد أظهرت قيمها الدنيا في ممر الاستشارية في مبنى الإدارة في الطابق الأرض اذ سجلت تلك القيم ( $H_E = 1.3 mSv.y^{-1}$ ) و (PAEC= 4.48 mWL) و (CPPP = 23.52/10<sup>6</sup> person). قد يعزى سبب زيادة تركيز الرادون الى جانب مؤشرات الخطورة الاشعاعية انفة الذكر نسبة الى المواقع الأخرى الى قلة تهويتها باعتبارها مواقع مغلقة غالبية الوقت كما في ثلاجة الادوية المبردة ومخزن الادوية الى جانب مكتب الصحة النفسية لذا من المفضل زيادة معدلات التهوية في تلك المواقع بفتح النوافذ الهوائية بين الحين والآخر او نصب ساحبات هوائية داخل تلك المواقع. حيث يزداد تركيز الرادون في المناطق والمواقع ضعيفة التهوية ولاسيما بان احد مصادر الرادون الرئيسية هو الاشعة الكونية الى جانب مواد البناء التي تستخدم في تشييد المواقع والابنية كالسيراميك والارضيات والطلاء الى جانب مواد تغطية الجدران كالصخر الجيري (الحلان) والجص والاسمنت والطابوق . التي يكون مصدرها اما مصنعا او طبيعيا. الرادون هو غاز مشع طبيعي (كما اشرنا الى ذلك سابقا) لا يحتوي على أي رائحة أو لون أو طعم. ويصدر الرادون عن الانحلال الإشعاعي الطبيعي لليورانيوم المتواجد في الصخور والاتربة كافة، ويمكن أن يتواجد في الماء أيضا. ويمر الرادون بسهولة من الأرض والاتربة إلى الهواء، اذ ينحل ويمنح مزيدا من الاشعاعات ويتواجد في البيئات الداخلية للمنازل والمدارس وأماكن العمل. تظهر التقديرات إلى أن الرادون يسبب ما بين 3 و 14% من مجموع حالات الإصابة بسرطان الرئة، طبقا لمعدل تركيزه على المستوى البيئي وانتشار التدخين. فكلما كان تركيزه ضعيفا في المنزل او أماكن العمل كلما تدنى خطر الإصابة بسرطان الرئة، لا لوجود لحد عتبة معروف لتركيز الرادون بحيث ان التعرض لأقل منها لا يشكل خطرا محتملا (WHO.INT). وتم ملاحظة زيادات مطردة لمعدلات الإصابة بسرطان الرئة لأول مرة بين عمال مناجم اليورانيوم المعرضين لتراكيز عالية من الرادون. وبالإضافة إلى ذلك، أكدت بعض الدراسات التي أجريت في أوروبا وأمريكا الشمالية والصين أنه حتى التراكيز الضعيفة من الرادون، مثل تلك الموجودة في هواء المنازل وأماكن العمل، يمكن ان تؤدي الى مخاطر صحية محتملة تسهم بشكل ملحوظ في الإصابة المحتملة بسرطان الرئة. وكلما ارتفع معدل تركيز الرادون على المدى الطويل بمقدار ( $100 Bq.m^{-3}$ )، ارتفع احتمال خطر الإصابة بسرطان الرئة بنسبة 16%. ويمكن اعتبار العلاقة بين الجرعة الشعاعية ونسبة الاستجابة للسرطان على انها خطية بدون عتبة خطية، أي أن احتمالية حدوث ورم سرطاني في الرئة يرتفع كلما ارتفع مستوى التعرض لغاز للرادون. المشع وتبين الاحصائيات أن الأشخاص المدخنين يمكن اعتبارهم أكثر عرضة لاستنشاق الرادون ب 25 مرة بالموازنة مع الاشخاص غير المدخنين. ولم تُحدد حتى الآن أي مخاطر بالنسبة لأنواع السرطان الأخرى (WHO.INT). ومن ناحية أخرى لا بد من القول ان جميع المستويات المسجلة لتركيز الرادون هي ضمن المستويات الطبيعية العالمية اقل من ( $200-300 Bq.m^{-3}$ ) و (148

( $Bq.m^{-1}$ ) ولا تشكل خطراً حقيقياً على المستقبل القريب (ICRP, 2009; Kendall *et al.*, 2005). كما هو الحال لمؤشرات الخطورة الإشعاعية التي يمكن اعتبارها ضمن المستويات الطبيعية (UNSEAR, 1993; ICRP, 1993). (الجدول 3) يوضح مقارنات تراكيز الرادون مع بعض الدراسات الأخرى.

الجدول 2: مقارنة معدل تراكيز الرادون ( $Ra Bq.m^{-3}$ ) الى جانب معدل الجرعة المؤثرة السنوية ( $HE mSv.Y^{-1}$ ) مع دراسات أخرى لعينات ومواقع بداخل الأبنية

المصدر	( $HE mSv.Y^{-1}$ )	( $Ra Bq.m^{-3}$ )	البلد
Mehra and Badhan (2012)	2.27	132.84	الهند
Rafique <i>et al.</i> , (2012)	2.06	82	باكستان
EL Zain (2014)	1.3	49	السودان
Al-Khateeb (2012)	0.92	36.3	الأردن
Obed <i>et al.</i> , (2012)	6.5	257	نيجيريا
Nigus and Tilahun (2017)	1.22	135.88	اثيوبيا
	1.84	59.32	العمل الحالي (موصل، العراق)

يبين (الجدول 2) ان معدل تراكيز اليورانيوم والجرعة المؤثرة السنوية في مستشفى الأورام والطب النووي في مدينة الموصل (العراق) ضمن المستويات الإشعاع الطبيعية وتقع ضمن المدى المسموح به ويمكن اعتبارها منطقة آمنة من حيث الإشعاع.

### الاستنتاجات

يمكننا ان نستنتج من خلال المعطيات المحسوبة ما يلي:

1 - أظهرت المواقع التابع لثلاجة الادوية المبردة ومكتب الصحة النفسية ومخزن المختبر أكبر قيم لتركيز الرادون المشع على التوالي، بينما أظهر ممر الاستشارية أدنى قيمة لتركيز الرادون.

2 - أبدت مؤشرات الخطورة الإشعاعية قيمها العظمى للمواقع التابعة لثلاجة الادوية المبردة ومكتب الصحة النفسية ومخزن المختبر أيضاً لارتباطها ارتباطاً وثيقاً بتركيز غاز الرادون المشع. بينما أظهرت تلك المؤشرات قيمها الدنيا في الموقع التابع لممر الاستشارية.

3 - تمحورت قيم تراكيز الرادون الى جانب مؤشرات الخطورة الإشعاعية ضمن المستويات الطبيعية العالمية.

4 - يمكننا ان نستنتج بان التهوية الجيدة يمكن ان تؤدي دوراً كبيراً وأساسياً في تقليل مستويات تراكيز الرادون المشع، وتم ذلك من خلال التحري الميداني اثناء وضع مقاييس الجرعة الإشعاعية وهذا ما ايدته النتائج.

### المصادر

- Abumurad, K.M.; Al-Omari, R.A. (2008). Indoor radon levels in irbid and health risks from internal dose. *Radiation Measure.*, **43**, S389-S391.
- Alaani, S.; Tafash, M.; Busby, C.; Hamdan, M.; Blaurock-Busch, E. (2011). Uranium and other contaminants in hair from the parents of children with congenital anomalies in Fallujah, Iraq. *Confl. Health.*, **5**, 15.
- Al-Alawy, I.T.; Fadhil, H.R. (2016). Measurements of Radon concentrations and dose assessments in Chemistry Department/ College of Science / Al-Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq. *IJSRST*, **2**(4), 72-82.
- Al-Alawy, I.T.; Fadhil, H.R. (2015). Measurements of Radon concentrations and dose assessments in Physics Department/ College of Science/ Al-Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq,

International Letters of Chemistry. *Physics and Astronomy Online*: ISSN: 2299-3843, **60**, 83-93.

- Al-jomaily, F.M; Najam, L.A.; Abood, S.N. (2020). Estimation of radioactivity in plankton deposited on air conditioner filters in the old area of Mosul city, Iraq. Be published in *Internat. J. Environm. Analyt. Chem.*, <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1832481>.
- Al-Aljomaily, F.M (2020). Using the image processing in digital system to determine the nuclear parameters of LR-115 detector. Be published in *Radiation Detection Technol. and Methods*.
- Al-Khateeb, H.M.; Al-Qudah, A.; Alzoubi, F.Y.; Alqadi, M.K.; Aljarrah, K.M. (2012). Radon concentration and radon effective dose rate in dwellings of some villages in the district of Ajloun, Jordan. *Appl. Radiat. Isotopes.*, **70**, 1579–1582. 0555361541
- Al-Ghamdi, S.S. (2014). Seasonal and location dependence of indoor and soil Radon concentrations in two villages Najran Region, Saudi Arabia. *Radia. Measur.*, **69**, 12-17.
- Al-Kofahi, M.; Khader, B.; Lehlooh, A.; Kullab, M.; Abumurad, K.; Al-Bataina, B. (1992) Measurement of Radon 222 in Jordanian Dwellings. *Nuclear Tracks Radia. Measur.*, **20**, 377-382.
- Amin, R.M. (2015). Assessment of concentration and exposure doses due to radon by using CR-39 plastic track detectors in the dwellings of Saudi Arabia. *Advances in Appl. Sci. Research*, **6**(7), 42-48.
- Brown, V.J. (2004). Reconstructing the environment in Iraq. *Environ. Health Perspect.*, **112**(8), A464.
- Cember, H.; Johnson, T. E. (2009). "Introduction to Health Physics". 4<sup>th</sup> ed. New York, Mc Graw-Hill Companies.
- Chen, J.; Rahman, N.M.; Atiya, I.A. (2010). Radon exhalation from building materials for decorative use. *Environm. Radioact.*, **101**(4), 317-322.
- EL Zain, A. (2014). A Study of indoor Radon levels and Radon effective dose in dwelling of some cities of Gezira State in Sudan. *Nucl. Technol. Radiat. Prot.*, **29** (4), 307-312.
- EPA, (2003). "Environmental Protection Agency, Assessment of Risks from Radon in Homes". (EPA 402-R-03-003). Office of Radiation and Indoor Air United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, 20460.
- Faisal, N.N. (2014). The use of cluster analysis to classify cancer by species and situations in Iraq for the period (1998–2006). *J. Kirkuk Uni. Admin Econ Sci.*, **4**(1), 269–91
- Gladstone, P. (2014). Synop Information for ORBM (40608) in Mosul, Iraq. Weather Quality Reporter (accessed Jun. 16).
- Hasan, S.Y. (2018). Determination of Radon Concentration and Annual Effective Dose Inside houses in left side of Mosul City During Winter. *Raf. J. Sci.*, **27**(1), 156-162. <https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health> .
- ICRP, (1993). International commission on radiological protection. Against Radon-222 at home and at work, ICRP Publication 65, *Annual of the ICRP Pergamon*. **23**(2).
- ICRP, (2009). International commission on radiological protection. International commission on radiological protection statement on Radon. *ICRP*, Ref. 00/902/09
- Ismail, A.H. ; Jaafar, M.S. (2010). "Indoor Radon Concentration and its Health Risks in Selected locations in Iraqi Kurdistan Using CR-39 NTDs". The 4<sup>th</sup> International conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE 2010). 18-20 June 2010. Chengdu China .
- Jergovic, M.; Miškulin, M.; Puntarić, D.; Gmajnića, R.; Milas, J. (2010). Cross-sectional biomonitoring of metals in adult populations in post-war eastern Croatia: differences between areas of moderate and heavy combat. *Croat. Med. J.*, **51**(5), 451–60.
- Kansal, S.; Mehra, R.; Singh, N. P. (2012). Life time fatality risk assessment due to variation of indoor Radon concentration in Dwellings in Western Haryana. *India, Applied Radia. and Isotopes.*, **70**(7), 1110-1112.

- Kendall, G.M.; Green, B.M.R.; Miles, J.C.H.; Dixon, D.W. (2005). The Development of the UK Radon Programmed. *Radiol. Protect.*, **25**(4), 475.
- Koc, P.; Ekinci, N.; Cinan, E.; Kava, Z. E. (2018). Determination of Radon concentration by using CR-39 plastic track detectors in dwellings of Bingöl and Mus Provinces of Turkey. *Asian J. Chem.*, **30**(1), 226-230.
- Mansour, H.H. (2005). Measurement of indoor Radon level in Arbil Capital by using solid state nuclear track detectors. *Radiation Measurements*, **40**, 544-547.
- Mehra, R.; Badhan, K. (2012). Determination of radon level and radon effective dose rate using SSNTD in dwellings in the Bathinda district of Punjab, India. *Radiat. Prot. Dosim.*, **152** (1–3), 25–28.
- Michael, F. (2007). "Radioactivity: Introduction and History". 1<sup>st</sup> ed., Elsevier.
- Muhammad, K.M. (2010). Risk assessment related to contamination of terrestrial food chains by atmospherically deposited lead particles. *Al-Mustansiriyah J. Sci.*, **21**(3), 103–16.
- Nigus, M.D.; Tilahun, G. W. (2017). Indoor Radon concentration and its associated health effect in the dwellings of Fiche Selale North Shewa, Ethiopia. *J. Natural Sci. Research*, **7**(7), 43-47.
- Obayes, K.H. (2020). Measurement of the Radon concentration in dust for some small side areas of Diwanayah City by using nuclear impact detector CR-39, 1<sup>st</sup> International Virtual Conference on *Pure Sci. J. Physics: Conference Series*, **1664**, 012013, IOP Publishing.
- Obed, R.I.; Ademola, A.K.; Ogundare, F.O. (2012). Radon measurements by nuclear track detectors in dwellings in Oke-Ogun area, South-Western, Nigeria. *Radiat. Prot. Dosim.*, **148**(4), 475–481.
- Rafique, M.; Ur Rahman, S.; Akram, M.; Matiullah, (2012). Estimation of concentration and exposure doses due to radon by using CR-39 plastic track detectors in the residences of Sudhnuti, Azad Kashmir, Pakistan. *Environ. Earth. Sci.*, **66**, 1225–1232.
- Ridha, A. A.; Kadhim, N. F. (2015). Indoor risk assessment of radon gas in the science college buildings University of Mustansiriyah using RAD-7 detector. *Iraqi J. Physics.*, **13**(27), 97-101.
- Ridha, HKA.; Al-Safi, J.S. (2010). The future vision to the cancer incidence in Iraq, a comparative analytical study to the effect of Iraq-Iran war. *Baghdad College Econ Sci. Uni.*, (25), 91–102.
- Sakoda, A.; Meisenberg, O.; Tschiersch, J. (2015). Behavior of Radon progeny produced in a scintillation cell in the flow – through condition. *Radiation Measurements*, **77**, 41- 45.
- Shweikani, R. (2012). Variations of Radon exposure in Damascus dwelling. *Appl. Radiat. and Isotopes*, **70**, 785-789.
- UNSCEAR, (2000). "United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation". Report to the General Assembly with scientific Annex E: Occupational Radiation Exposures. Sources to Effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces. New York, United Nations.
- UNSEAR, (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 A and B: Exposures from natural sources of radiation; Exposures from man-made sources of radiation, New York.
- Wahl, W. (2007). "Radionuclide Handbook for Laboratory Workers: in Spectrometry". Radiation Protection and Medicine, ISuS, Germany. [www.unitar.org/unosat](http://www.unitar.org/unosat).
- Yu, K.N.; Nikezic, D.; Ng, F.M.F.; Leung, J.K.C. (2005). Long –Term measurements of Radon progeny concentrations with solid state nuclear track detectors. *Radiat. Measur.*, **40**, 560-568.
-

## Estimating the Concentrations of Radioactive Radon Element along with the Radiation Risk Indicators at the Oncology and Nuclear Medicine Hospital in Mosul, Iraq

**Firas M. Aljomaily**

**Edrees Gh. Eedan**

**Mayan I. Khali**

*Department of Physics, College of Sciences, University of Mosul*

### ABSTRACT

The radioactive radon concentration was determined in addition to the radiation risk indicators represented by the effective annual dose and the effective alpha energy concentration, as well as the lung cancer cases per year at selected and different well-ventilated sites in the Oncology and Nuclear Medicine Hospital in Mosul. The long-term cumulative counting technique of nuclear tracks deposited on the nuclear track detector CR-39. Twenty-five sites were chosen within the hospital in its multiple buildings (administration building, laboratory building and consulting building), where these reagents were installed in the lower part inside the radiometric dose room (Dosimetry) with certain geometric dimensions for 47 days as an irradiation time Calibration was performed with a  $2\mu\text{Ci}$  radium( $^{222}\text{Ra}$ ) source. The results showed that the radon concentrations recorded for all sites ranged between (41.44 - 79.88  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) with a rate of ( $59.32 \pm 9.08 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) and could be considered within the global normal levels. As for the annual effective dose (HE), as its value ranged (1.3-2.52  $\text{mSv}\cdot\text{y}^{-1}$ ) with a rate of ( $1.84 \pm 0.29 \text{ mSv}\cdot\text{y}^{-1}$ ), while the annual effective dose values ranged between (4.48-8.6 mWL) with a rate of 1.08 mWL ( $\pm 5.92$ , and the risk index is lung cancer). It included within the values (32.52-54.34 /  $10^6$  person) and a rate of ( $35.16 \pm 5.39 / 10^6$  person), and these indicators can be considered in light of the results obtained as falling within the normal global levels. I indicated the sites of the refrigerator of refrigerated drugs, the office of mental health and the laboratory store the highest-level Radon concentration, as well as radiation hazard indicators, while its values were within the lowest levels recorded in the advisory path. The highest level of radon concentration as well as radiation risk indicators were identified at the sites of the medication refrigerator, the mental health clinic, and the laboratory store, although their values were below the lowest levels documented in the advisory corridor. The results showed that the Oncology and Nuclear Medicine Hospital is logically radio-safe, despite the fact that some of its sites reported high levels of radon concentration compared to other sites, especially when combined with appropriate global levels that do not exceed (200-300  $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ ).