قياس ودراسة تراكيز غاز الرادون المشع في عينات منتخبة من المياه في ناحية القاسم/ العراق

انعام هاني كاظم إشراق محمد حسن

جامعة بابل – كلية التربية للعلوم الصرفة – قسم الفيزياء

anaam_hani@yahoo.com

الخلاصة:

تناولت هذه الدراسة قياس تراكيز غاز الرادون المشع في نماذج من المياه (ماء الإسالة والنهر) في ناحية القاسم فقد تم جمع 18 عينة من مناطق مختلفة من ناحية القاسم في محافظة بابل / وسط العراق وذلك باستخدام كاشف الرادون الالكتروني RAD7 وتم حساب معدل تركيز غاز الرادون ومعدل الانحراف المعياري وبلغت قيمته (0.17 ± 0.08 Bq.L^{-1}) والجرعة الفعالة كانت مساوية (0.009 mSv.y^{-1}) وعليه وجد أن تراكيز غاز الرادون في المياه هي ضمن الحدود الطبيعية التي حددتها المنظمات المختصة حيث إن الحد الأعلى المسموح به لتركيز غاز الرادون في الماء حسب وكالة EPA هو(11.1 Bq.L^{-1}) وقد تم اختيار هذا الموضوع للدراسة الحالية لأهمية الماء والهواء في حياة الإنسان والكائنات الحية ، ولقلة الدراسات السابقة في منطقة الدراسة .

الكلمات المفتاحية: تركيز غاز الرادون , الجرعة الفعالة , ناحية القاسم

Abstract

This research is measuring the radioactive gas radon in samples of water (water liquefaction and river) in district of Al-Qassim for Babel province (100 Km) south of Baghdad,18 samples were collected from different regions from Al-Qasim, using the electronic radon detector RAD7, and the average concentration of radon (0.17 ± 0.08 Bq.L^{-1}) , and effective dose for human exposure to radon was (0.009) mSv.y^{-1}. And it was found that the concentrations of radon in the water are within normal limits set by the relevant organizations as the maximum allowable concentration of radon in water (11.1 Bq.L^{-1}) (As defined by the Environmental Protection Agency). This subject has been chosen because of the importance of water in human life and living, and the lack of previous studies in the study area.

Keyword: radon gas concentration, effective dose ,Al-Qassim district

الجزء النظري Theoretical Part

الرادون هو احد عناصر الجدول الدوري ويقع ضمن مجموعة العناصر النبيلة (Noble gases) (الهيليوم ,النيون,الزينون وغيرها) وهو غاز غير مرئي عديم الطعم والرائحة، يتولد هذا العنصر ضمن مرحلة وسطية من مراحل إنحلال اليورانيوم– 238 والتي تتضمن علاوة على الرادون توليد عدة عناصر مشعة أخرى لتنتهي سلسلة الانحلالات هذه بعنصر الرصاص, كما في المعادلة رقم (1) (Reid,1986) حيث α هي جسيمة الفا

$$^{226}Ra \xrightarrow[4.87\ MeV]{\alpha} {}^{222}Rn \xrightarrow[5.49\ MeV]{\alpha} {}^{218}Po \xrightarrow[6\ MeV]{\alpha} {}^{214}Pb \quad \ldots \qquad (1)$$

الرادون من الغازات الخاملة كيميائياً وعدده الذري 86 والعدد الكتلي لنظيره الأكثر استقراراً هو 222, وللرادون ثلاثة نظائر مشعة هي الرادون (^{222}Rn) والثورون (^{220}Rn) والاكتينون (^{219}Rn) ومن المتعارف عليه في الدراسات الجيولوجية والبيئية هو النظير ^{222}Rn لعمره النصفي الطويل نسبيا 3.82 يوم بينما يمكن إهمال دور النظيرين الآخرين ^{220}Rn و ^{219}Rn نظرا لقصر عمرهما النصفي (56 و3.92) ثانية على التوالي(Wehr,1974).

إن مشكلة الرادون في المساكن وأماكن الإقامة الأخرى تظل قائمة لأن الرادون يتسرب باستمرار من التربة والمياه الجوفية إلى أجواء المساكن. ويعد الماء والغاز الطبيعي من المصادر الأخرى التي ينبعث منها الرادون في المنازل إذ ينتقل هذا الغاز مع الماء من خلال صنابير المياه ودورة المياه في الطبيعة، وأثناء القيام ببعض الأعمال

المنزلية كعمليات الغسل والطبخ والتنظيف إذ ينطلق الرادون المذاب في الماء إلى الهواء الذي نتنفسه عند استخدام الماء للاستحمام أو الاستخدامات المنزلية الأخرى (بشائر,1998).

يدخل غاز الرادون البيوت من خلال الشقوق والثغرات الموجودة في جدران البيت وأرضيته والمجاري. والملاحظ عادة أنّ مستويات غاز الرادون أعلى في الطوابق السفلية أو الأقباء. ويمكن أن تتباين تركيزات غاز الرادون بين البيوت المتجاورة ، كما يمكنها أن تتباين داخل بيت واحد من يوم لآخر ومن ساعة لأخرى . وبالنظر إلى تلك التقلبات فإنّ تقدير المعدل السنوي لتركيز غاز الرادون في الهواء الداخلي يقتضي قياس معدل تركيزاته لفترة لا تقلّ عن ثلاثة أشهر(Cember,1969).

الرادون يؤدي إلى مخاطر صحية عن طريق مسارين هما استنشاق الرادون ونواتج تحلله بعد تحرره من الماء إلى هواء المنازل والتناول المباشر لغاز الرادون في مياه الشرب (هناء,2002) وتكمن الآثار الصحية في جسيمات الفا الصادرة عن غاز الرادون وعن نواتج تحلله نظراً لكون جسيمات ألفا المنبعثة من الرادون ونواتج تحلله تعد من الجسيمات الثقيلة والمشحونة فإنها تحدث عند تصادمها مع ذرات الخلايا المكونة لأنسجة وأعضاء الجسم تأثيرات واضطرابات هائلة فيها فضلاً عن التأثيرات الكيميائية على المستوى الجزيئي ، وإن طاقتها التأيينية تزيد بكثير على طاقة جسيمات بيتا وهي بذلك تكون أكثر تدميراً للأنسجة البشرية إذ تلتصق بجدار الرئتين وتقوم بدورها بالتحلل إلى عناصر أخرى (الن وصاموئيل ,1989).إن خطر الإصابة بسرطان الرئة ناتج من استنشاق نواتج اضمحلال الرادون, فالرادون لم يكن مرتبط بأي مرض آخر أكثر من السرطان ومخاطر الاستنشاق قد تتجاوز ابعد بكثير من الابتلاع (هناء,2002).

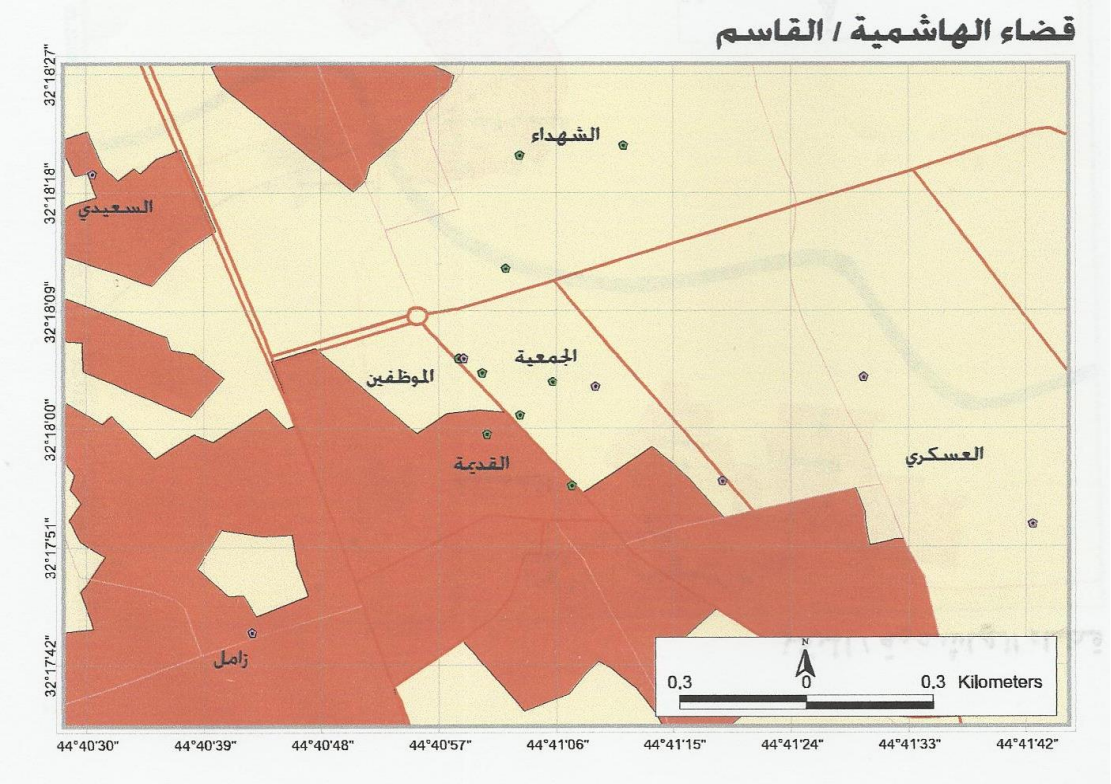
أجريت دراسات عديدة في مختلف مناطق العالم لتحديد مستويات التعرض لغاز الرادون , فقد قام (مرتضى,2003) بدراسة النشاط الإشعاعي للمياه الجوفية والسطحية في محافظة بابل وتمكن من حساب تركيز الرادون من خلال حساب تركيز الراديوم في النماذج المقاسة باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) , وكذلك استخدم (عكلة,2004)(34) عينة من مياه طبيعية أخذت من مشاريع إسالة المياه والآبار الجوفية والعيون النقية والمعدنية فضلا عن مياه الأمطار في محافظة نينوى لقياس تركيز الرادون باستخدام كاشف الأثر النووي CR-39, كما قام (Maged,2009) بقياس تركيز غاز الرادون في الهواء بالحرم الجامعي لجامعة الكويت وفي عينات من الماء معظمها من الخليج العربي ماعدا عينة واحدة من المانيا وذلك باستخدام CR-39 , أما في إيران فقد قام (Mowlavi, *et.al.*, 2009) بدراسة تركيز غاز الرادون في عينات من مياه الشرب في مدينة مشهد, وفي غانا أجرى (Darko, *et.al.*, 2010) دراسة على عينات منتخبة من المياه الجوفية لتحديد تركيز الرادون وذلك باستخدام مطياف كاما , وفي العام نفسه تمكن الباحثون(Somashekar and Ravikumar,2010) قياس تركيز غاز الرادون في المياه الجوفية لمدينة دلهي الهندية باستعمال $RADH_2O$, وفي الخرطوم تمكن الباحثون(Sam,*et.al.*,2011) من تحديد تركيز غاز الرادون في مياه الشبكة العامة والمياه الجوفية والتعرض السنوي للإشعاع وذلك باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة , أما في استراليا فقد قدمت دراسة من قبل (Hofmann,et.al.,2011) لقياس تركيز الرادون في الأنهار والجداول باستخدام RAD7 , كما قام الباحثون(Khattak,*et.al.*,2011) بقياس تركيز غاز الرادون في مصدر لمياه الشرب في جامعة بيشاور في باكستان وذلك باستخدام $RADH_2O$, كما تمكن الباحثون (Canbazoglu ,*et.al.*,2012) من قياس تركيز غاز الرادون في عينات من الماء والهواء في منطقة الأناضول الشرقية في تركيا باستخدام كاشف CR-39 , وفي إيران استطاع الباحثون (Behtash,*et.al*.2012) قياس تركيز غاز الرادون في الينابيع الساخنة من Sarein (شمال غرب إيران) باستخدام RAD7 .

الهدف من البحث The Aim of Research

يهدف البحث الحالي إلى إيجاد تراكيز غاز الرادون المشع في أماكن متنوعة من ماء الإسالة لناحية القاسم في محافظة بابل وذلك باستخدام كاشف الحالة الصلبة (RAD7) , وينبع الاهتمام بالرادون كونه مصدرا خطرا على صحة الناس بسبب اتساع نطاق انتشاره في التربة ومواد البناء والمياه الجوفية وكذلك لا تخلو مياه شبكات إسالة المياه في بعض المناطق من هذا الغاز .لعدم وجود دراسات سابقة في منطقة الدراسة .

موقع الدراسة Location of the study area

تقع منطقة الدراسة في ناحية القاسم ($32^{\circ}17'59"$ N, $44^{\circ}40'47"$ E) وتبعد (35km) عن مركز المحافظة "الحلة" و (140 km) عن العاصمة بغداد. وتقع إلى الجنوب الغربي من قضاء "الهاشمية" كما موضح في شكل (1) ويمر بها الطريق الرئيسي الذي يربط محافظة بابل بمدينة الديوانية وتبلغ مساحتها 325 km^2 وعدد نفوسها 118،830. تعتبر من المدن المقدسة فهي تحتضن قبر القاسم بن الإمام موسى بن جعفر (عليهم السلام) يقصدها الزوار من الداخل والخارج.



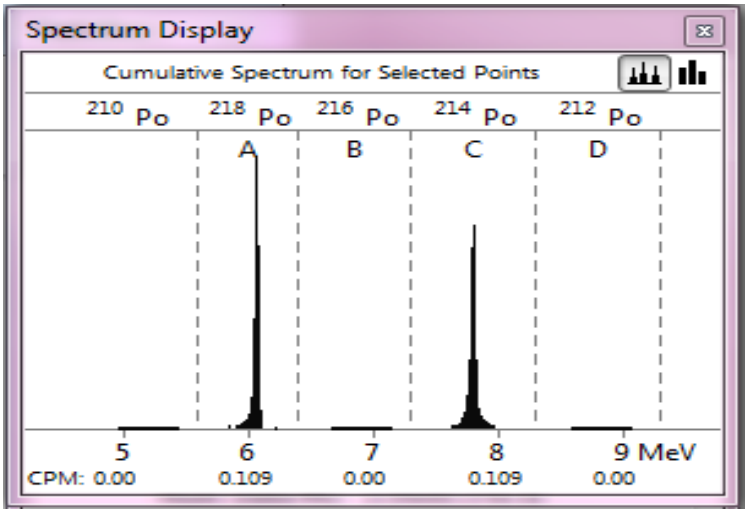
شكل (1) خارطة ناحية القاسم في منطقة الدراسة (شعبة نظم المعلومات الجغرافية,2004)

الجزء العملي Experimental Part

إن RAD7 هو جهاز دقيق يمكن استخدامه لأغراض مختلفة مثلا مراقبة الرادون المستمرة في الهواء واستنشاق غاز الرادون أو الثورون وقياس غاز الرادون في المياه وفي التربة .

إن كاشف RAD7 مصنوع من مادة شبة موصلة (السيلكون) يحول طاقة أشعاع الفا الناتج من تحلل (^{218}Po أو ^{214}Po) مباشرة إلى إشارة كهربائية والتي سيتم تضخيمها بواسطة الدوائر الالكترونية للكاشف ومن ثم تحويلها

إلى صيغة رقمية , وبما إن RAD7 هو معالج بيانات صغير فيمكنه استقبال الإشارة وخزنها في ذاكرة الكاشف والتي من خلالها يمكن للطيف أن يتشكل ويكون له مدى طاقي منMeV (0-10) ويظهر الاهتمام في المنطقة ذات المدى الطاقي من MeV (6-9) لان اغلب انحلالات الرادون والثورون في هذا المدى ويكون الطيف الملاحظ مقسما على 200 قناة في 8 نوافذ ولكل قناة مستوى طاقي مساو إلى MeV(0.05) . أي إن RAD7 يستطيع تحديد نوع النظير من تمييز الطاقة الإلكترونية المتعلقة بجسيمات ألفا وبذلك نستطيع أن نميز نظائر الرادون (^{218}Po) بإشعاع ألفا بطاقة (6MeV) أو ^{214}Po بطاقــة (7.97 MeV) ويتم طباعة الطيف من قبل RAD7 متضمنا النوافذ A,B,C,D كما موضح في الشكل (2)(Durridge Company Inc. ,2015).



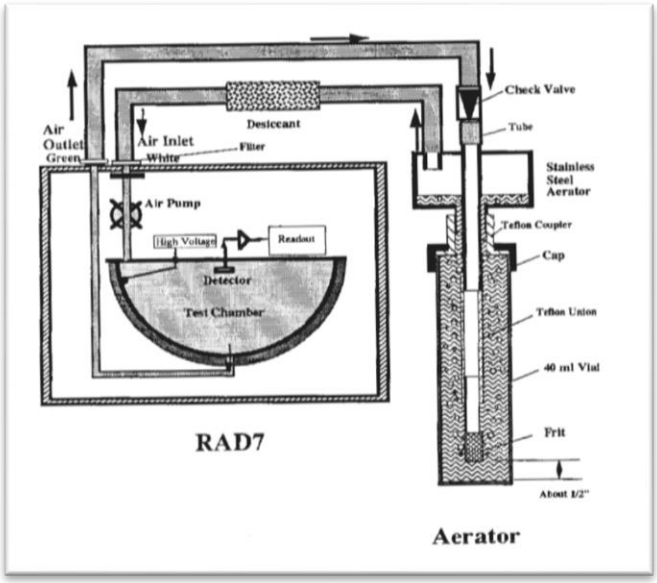
الشكل (2) نافذة طيف طاقة الفا (Durridge Company Inc. ,2015)

قبل بدء القياس يجب التأكد من كون ذاكرة جهاز RAD7 غير ممتلئة ونشاهد العدد الدائر لآخر دورة يجب أن يكون اقل من 99 فاذا كان الجهاز ذا ذاكرة ممتلئة يجب تحويل البيانات من RAD7 إلى الحاسبة الشخصية ونمسح ذاكرة RAD7 كما يجب تطهير (purging) كاشف RAD7 بهواء جديد لمدة عشر دقائق وذلك بربط وحدة التجفيف في حلقة مغلقة مع RAD7 لذا الهواء الخارج يمر عبر المجفف (Desiccant) ويعود إلى الداخل ويلاحظ دائما أن تدفق الهواء يكون بالطريق نفسه خلال المجفف(Durridge Company Inc. ,2015).

لقياس تركيز غاز الرادون في الماء تم استخدام $RADH_2O$ وهو ملحق بـ RAD7 صنع في شركة Durridge (Co., USA) وهو مخصص لقياس غاز الرادون في الماء بدقة عالية ولمدى واسع من التراكيز وللحصول على قراءات ضمن ساعة واحدة من اخذ العينة وبعد إجراء التطهير يجب ملاحظة الرطوبة فإذا كانت نسبة الرطوبة اقل من(6%) نبدأ الاختبار حيث نقوم بإعداد النظام على Grab (عند قياس تركيز الرادون في الماء نضع Pump (المضخة) على Grab أي استخلاص الرادون من العينة) وستشتغل المضخة مدة خمس دقائق يسحب بها الرادون من العينة ويتم تسليمه إلى غرفة القياس فيRAD7 ومن ثم يتوقف RAD7 وينتظر لأكثر من خمس دقائق ليصل حالة التوازن ومن ثم يكرر لأربع دورات بواقع خمس دقائق للدورة الواحدة وبذلك تبلغ مدة الاختبار الكلية 30 دقيقة وفي نهاية كل تشغيل سيطبع RAD7 الخلاصة المتضمنة (متوسط تركيز الرادون , الانحراف المعياري, نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة) كما تتضمن الخلاصة معلومات أخرى عن رقم التشغيل , عدد الدورات والمخطط البياني لأربع دورات والطيف المتراكم , إن نسبة إزالة الرادون من الماء في حلقة الهواء هي عالية جدا في عينة بحجم

250mL تكون 94% (Durridge Company Inc. ,2015). , ويبين الشكلين (3a) و(3b) الرسم التخطيطي إلى $RADH_2O$.

شكل (3a) يبين $RAD\ H_2O$ متصل مع RAD7 (Durridge Company Inc. ,2015)



شكل (3b) رسم تخطيطي $RADH_2O$ (Durridge Company Inc. ,2015)

وتم حساب الجرعة الفعالة السنوية D_w ($Sv.y^{-1}$) للتعرض لغاز الرادون في الماء باستخدام المعادلة الآتية (Somashekar and Ravikumar,2010):

$$D_w = C_w\ CR_w\ D_{cw} \qquad (2)$$

حيث إن:

C_w : تركيز الرادون في الماء ($Bq.L^{-1}$)

CR_w : مقدار الاستهلاك ($1095\ L.y^{-1}$) (كمعدل عام لاستهلاك الفرد)

D_{cw} : معامل تحويل الجرعة للرادون ($5*10^{-9}\ Sv\ Bq^{-1}$) (UNSCEAR, 1993).

النتائج والمناقشة Results and discussion

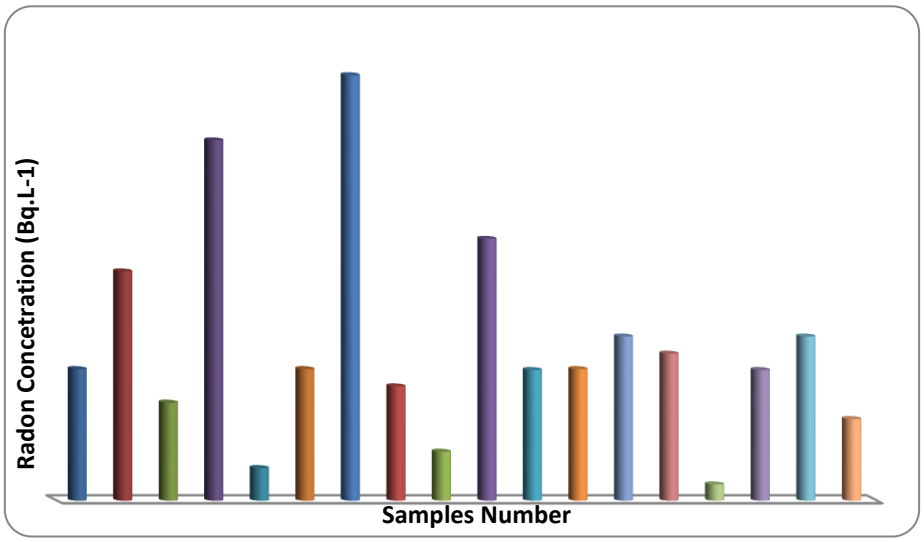
يوضح الجدول (1) النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة حيث إن L تشير إلى Liquefaction (الإسالة), R تشير إلى River (النهر), Mean يمثل قيمة متوسط التركيز, High أعلى قيمة, Low أوطأ قيمة لمتوسط تركيز الرادون وجميعها تقاس بوحدة $Bq.L^{-1}$. والعمود الأخير يمثل موقع العينة باستخدام جهاز GPS .

جدول (1) تراكيز غاز الرادون المشع في عينات من المياه

Sample Point		Mean ($Bq.L^{-1}$)	High ($Bq.L^{-1}$)	Low ($Bq.L^{-1}$)	Effective dose($mSv.y^{-1}$)	Samples location
S_1	L	0.145 ± 0. 167	0.29	0.362	0.007	N 32º,19′, 43.0″
	R	0.253 ± 0.15	0.362	0.144	0.013	E 44º,20′,34.5″
S_2	L	0.108 ± 0.138	0.288	0.0	0.005	N 32º,13′,10′, 6″
	R	0.398 ± 0.1	0.47	0.326	0.021	E 44º,20′,23.9″
S_3	L	0.036 ±0.072	0.145	0.0	0.001	N 32º,13′,35. 8″
	R	0.145 ± 0.05	0.181	0.109	0.007	E 44º,21′,25.1″
S_4	L	0.47 ± 0.1	0.543	0.389	0.025	N 32º,17′, 51. 3″
	R	0.126 ± 0.07	0.181	0.071	0.006	E 44º,20′,24.0″
S_5	L	0.054 ± 0.07	0.109	0 ± 0	0.002	N 32º,51′, 02. 5″
	R	0.289 ± 0.05	0.325	0.253	0.015	E 44º,21′,58.3″
S_6	L	0.144 ±0.03	0.108	0.072	0.007	N 32º,14′,26. 4″
	R	0.145 ± 0.13	0.145	0.145	0.007	E 44º,21′,51.9″
S_7	L	0.181 ±0.18	0.432	0.14	0.009	N 32º,19′, 30.3″
	R	0.162 ± 0.02	0.181	0.144	0.008	E 44º,21′,24.0″
S_8	L	0.018 ± 0.03	0.036	0 .0	0.0009	N 32º,12′, 5.1″
	R	0.144 ± 0.05	0.181	0.108	0.007	E 44º,21′,26.0″
S_9	L	0.181± 0.01	0.181	0.181	0.009	N 32º,14′,34. 8″
	R	0.09 ± 0.03	0.108	0.072	0.004	E 44º,21′,23.19″

بينت نتائج الفحص التي أخذت من مصدرين للماء في ناحية القاسم (ماء الإسالة وماء النهر) بان هناك تباينا في نتائج القياس لنماذج المياه باختلاف مواقعها حيث وجد إن معدل تركيز غاز الرادون في الماء حوالي ($0.17\pm0.08\ Bq.L^{-1}$) , حيث كان أعلى معدل لتركيز الرادون في ماء النهر ($0.195\ Bq.L^{-1}$) حيث تراوح من أعلى قيمة في S_2 ($0.398\ Bq.L^{-1}$) إلى أدنى قيمة في S_9 ($0.09\ Bq.L^{-1}$) , أما بالنسبة لماء الإسالة فقد وجد إن معدل تركيز الرادون فيها قليل نسبيا حوالي ($0.148\ Bq.L^{-1}$) حيث تراوح من أعلى قيمة في S_4 ($0.47\ Bq.L^{-1}$) إلى أدنى قيمة في S_8 ($0.018\ Bq.L^{-1}$) ويعزى سبب ذلك إلى أن مياه الشبكة العامة تحفظ لفترة من الزمن لغرض المعالجة والتخزين والتوزيع وبذلك فانه وقت كافي لينحل به الرادون في الماء قبل أن يصل إلى عكلة ,2004), ويعود التباين في نتائج القياس لنماذج المياه باختلاف مواقعها كما موضح في شكل (4) إلى اختلاف الطبيعة الجيولوجية لكل منطقة أما بالنسبة للجرعة الفعالة فتراوحت $mSv.y^{-1}$ (0.0009–0.025) وبمعدل $mSv.y^{-1}$ (0.009) . إن الانحراف المعياري هو الجذر التربيعي للقيم ويقل بزيادة معدل التركيز وزيادة زمن التجميع وقد لوحظ أن الانحراف المعياري قد يكون ذو قيم كبيرة أعلى من المعدل مما يشير إلى وجود تفاوت

في نتائج القياس حيث إن RAD7 يعتمد توزيع بواسون لحساب الانحراف المعياري فإذا كان المعدل صغيراً فان RAD7يستخدم 1+SQR(N) (Mowlavi,*et.al.*,2012) وبذلك إذا كان المعدل صفر فان الانحراف المعياري يكون ذو قيمة معينة اكبر من الصفر ومعتمدا بذلك على مبدأ اللادقة (إنعام,2012).



شكل (4) المخطط البياني يوضح اختلاف تركيز الرادون في عينات الماء

تم مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسات أخرى أجريت لأنواع من المياه من مصادر مختلفة كما موضح في الجدول (2) .

جدول (2) يبين معدل تركيز غاز الرادون في الماء لبعض الدول مقارنة بالبحث الحالي

الدولة	معدل تركيز غاز الرادون	
العراق – نينوى	1.133 $Bq.L^{-1}$	(عكلة,2004)
العراق – ماء الشرب	0.118 $Bq.L^{-1}$	(إنعام,2012)
العراق – نهر الحلة	0.103 $Bq.L^{-1}$	
العراق– ناحية القاسم	0.17 $Bq.L^{-1}$	الدراسة الحالية
تركيا	0.091 $Bq.L^{-1}$	(Canbazoğlu,et.al.,2012)
الكويت	0.74 $Bq.L^{-1}$	(Maged,2009)
سوريا	13 $Bq.L^{-1}$	(Jonsson,1991)
إيران	(0.21-3.89) $Bq.L^{-1}$	(Behtash,et.al.,2012)
الأردن	3.9 $Bq.L^{-1}$	(Kazwini. and. Hasan,2003)
الخرطوم	59.2 $Bq.L^{-1}$	(Sam,et.al.,2011)
الجزائر	7 $Bq.L^{-1}$	(Amrani,2002)

من خلال هذه الدراسات نلاحظ بان معدل تركيز غاز الرادون في المياه في ناحية القاسم هو قليل مقارنة بدول العالم ولكنه أكثر من قيمة معدل التركيز في نهر الحلة وفي ماء الشرب ويعود ذلك إلى طبيعة مكونات الأرض والظروف البيئية وفصول السنة والى حركة المياه وتغيرها باستمرار التي تؤدي إلى ترسب النويدات المشعة لذا فان وجود تراكيز عالية من غاز الرادون في المياه السطحية يكون قليل مقارنة بالمياه الجوفية فضلا عن تعرض ناحية القاسم إلى كمية عالية من الإشعاع من جراء الحرب الأخيرة على العراق.

الاستنتاجات Conclusions

1- إن معدل تراكيز غاز الرادون ^{222}Rn في عينات المياه الطبيعية قيد الدراسة في ناحية القاسم من محافظة بابل بلغت (0.17 ± 0.08 $Bq.L^{-1}$). للعينات المستخدمة جميعها .

2- إن معدل تركيز غاز الرادون في ماء القاسم هو ضمن الحدود الطبيعية التي حددتها المنظمات المختصة حيث إن الحد الأعلى المسموح به لتركيز غاز الرادون في الماء (11.1 $Bq.L^{-1}$) (وفق ما حددته وكالة حماية البيئة (EPA,2009)) .

3– وجد أن الجرعة الفعالة السنوية للماء هي(0.009 $mSv.y^{-1}$) حيث كانت الجرعة الفعالة لماء الإسالة (0.017 $mSv.y^{-1}$), والجرعة الفعالة لماء النهر (0.022 $mSv.y^{-1}$) وهي اقل من القيمة المحددة عالميا (1 $mSv.y^{-1}$) (UNSCEAR, 1993).

المصادر References

الن مارتن وصاموئيل هاربسون ترجمة محمد باقر حسين ,"مقدمة في الوقاية من الإشعاع", (بيت الحكمة, جامعة بغداد), 1989.

إنعام هاني كاظم," قياس ودراسة تراكيز غاز الرادون المشع في عينات منتخبة من هواء وماء مدينة الحلة", رسالة ماجستير ,جامعة بابل, كلية العلوم,2012.

بشائر محمد سعيد , " تحديد تراكيز الرادون في الأبنية باستخدام كاشف الأثر النووي (CR-39)" رسالة ماجستير، جامعة بغداد, كلية التربية (ابن الهيثم) ,1998.

شعبة نظم المعلومات الجغرافية والخارطة المدرسية/ مركز المعلومات والاتصالات/ وزارة التربية,2004

صباح يوسف حسن عكلة," تحديد تراكيز الرادون واليورانيوم ونظائر مشعة أخرى في أنواع مختلفة من المياه الطبيعية في محافظة نينوى", رسالة ماجستير, جامعة الموصل,2004

مرتضى شاكر اسود, "أثر دراسة النشاط الإشعاعي للمياه الجوفية والسطحية والرواسب لمحافظة بابل", رسالة ماجستير , جامعة بابل, كلية العلوم, 2003

هناء نافع عزيز نعوم," تحديد تراكيز اليورانيوم في عدد من معاجين الأسنان باستخدام كاشف CR-39", رسالة ماجستير,جامعة الموصل, 2002

Al-Kazwini. A.T.; and M.A. Hasan, "Radon Concentration in Jordanian Drinking Water and Hot Springs". Institute of Physics Publishing, J. Radiol. Port. 23, p. 439-448, 2003.

Amrani, **D.** " Natural radioactivity in Algerian bottled mineral waters", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 252, No. 3 , P.597–600, 2002.

Behtash , A.; A. Jalili-Majareshin and D.Rezaei-Ochbelagh , "Radon concentration in hot springs of the touristic city of Sarein and methods to reduce radon in water" , Radiation Physics and Chemistry , Vol.81 , p. 749–757,2012.

Canbazoğlu , C.; M. Doğru, N. çelebi and G. Kopuz," Assessment of natural radioactivity in Elazıg region eastern Turkey", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol.292, p. 375–380, 2012 .

Cember , **H.** "Introduction to health physics", (Pergamon Press Inc.), 1969.

Darko , E.O.; O. K. Adukpo , J. J. Fletcher, A. R. Awudu and F. Otoo," Preliminary studies on ^{222} Rn concentration in ground water from selected areas of the Accra metropolis in Ghana", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry , Vol. 283, p. 507–512, 2010.

Durridge Company Inc., RAD7 RADH_2O Radon in Water Accessory. Owner's Manual, 2015.

Durridge Company Inc., RAD7 Radon Detector. User Manual, 2015.

Environmental Protection Agency United States Environmental Protection Agency. A citizen's guide to radon.,2009.

Hofmann , H. ; B.S. Gilfedder and I. Cartwright," A Novel Method Using a Silicone Diffusion Membrane forContinuous222Rn Measurements for the Quantification of Groundwater Discharge to Streams and Rivers ", Environmental Science & Technology, Vol**.** 45 **,** p**.** 8915-8921 , 2011.

Jonsson, **G.** "Solid State Nuclear Track Detector in Radon Measurement Indoor and Soil". Nucl. Tracks Radiat. Meas., Vol. 25, P.335-338, 1991.

Khattak , N. U. ; M. A. Khan, M. T. Shah and M. W. Javed," Radon concentration in drinking water sources of the Main Campus of the University of Peshawar and surrounding areas, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol.290, p.493-505 ,2011.

Maged, **A. F.** " Estimating the radon concentration in water and indoor air ", Environ Monit Assess, Vol.152, p.195–201, 2009.

Mowlavi , A.; M. R. Fornasier, A. Binesh and M. Denaro ," Indoor radon measurement and effective dose assessment of 150 apartments in Mashhad, Iran" , Environ Monit Assess ,Vol. 184, p.1085–1088, 2012.

Mowlavi , A.A.; Binesh, A.; S. Mohammadi, and P. Parvaresh," Radon Measurement in Drinking Water Samples of Mashhad City in Iran", World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, September 7 - 12, Munich, Germany, Val. 25/3, ,P. 245-247, 2009.

Reid J.M.," The Atomic Nucleus", (Manchester University Press) , second edition ,1986 .

Sam , A.K.; H. Idriss and I. Salih ," Study of radon in ground water and physicochemical parameters in Khartoum state", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol.290, p.333–338, 2011.

Somashekar R. K, and P. Ravikumar, ". Radon concentration in groundwater of Varahi and Markandeya river basins, Karnataka State, India", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 285, p.343-351, 2010

UNSCEAR, United nations scientific committee on the effects of atomic radiation. Ionizing Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation, New York, USA,1993.

Wehr M.R. and J.A.Richards,"Physics of the atom", second edition, (Addison Wesley Publishing Company, Inc.),1974.