قياس تركيز غاز الرادون في هواء المنازل والهواء الطلق لمدينة العزيزية بالعراق

محمد قاسم محمد الفخار* فوزي عبد الكريم اكريم**

DOI: https://doi.org/10.54172/mjsc.v8i1.425

الملخص

إن البحوث البيئية التي تم التركيز عليها في العقود الأخيرة أظهرت أن الإنسان يتعرض إلى أنواع مختلفة من الإشعاعات والتي تعاملنا معها في البداية على أساس أن لا سيطرة للإنسان عليها على اعتبارها خلفية إشعاعية ، ولكن التركيز هذا النوع من البحوث أظهر أنه من الممكن حماية الإنسان من العديد من هذه الإشعاعات بعد أن تم معرفة وتحديد طبيعتها وأسبابها وقياسها على درجة كبيرة من الدقة ، وقد وجد أن غاز الرادون Rn^{222} يعتبر من أهم هذه المصادر المشعة ، وعليه تمت هذه الدراسة لقياس غاز الرادون في هواء بعض المنازل والهواء الطلق لمدينة العزيزية بالعراق والتي تقع حوالي 40 كم جنوب مدينة بغداد لتحديد ومعرفة التأثيرات الممكنة التي قد يتعرض لها الإنسان .

تم قياس تركيز غاز الرادون Rn^{222} المشع لدقائق ألفا (α) باستخدام كواشف الآثار النووية ذات الحالة الصلبة ، حيث إن عملية تظهير المسارات في هذه الكواشف تخضع لعدد من المتغيرات أهمها ثلاث ، هي (درجة الحرارة ، المحلول الكيماوي ، تركيز وزمن التظهير) ، وكانت ظروف التظهير العيارية المستخدمة هي (70 C° ، زمن تظهير 6 hr) ، وقد استخدم 270 مجراعاً تم توزيعها في مدينة العزيزية والمناطق التابعة لها ، وبعد مرور مائة يوم جمعت هذه المجراعات حيث تم إظهار المسارات المتكونة على كل كاشف في وحدة المساحة ، وقد استخدم عشرون موقعاً مختلفاً على الكاشف الواحد باستخدام ميكروسكوب ضوئي .

وجد أن تركيز غاز الرادون في المناطق الخاضعة للدراسة يتراوح بين (0.1pCi\L) و (20.3pCi\L) وكان متوسط تركيز غاز الرادون في هواء المنازل هو (6.3pCi\L) وفي الهواء الطلق كان

* قسم الكيمياء ، كلية العلوم ، جامعة قاريونس ، بنغازي .

** قسم الكيمياء والصيدلية ، كلية الصيدلة ، جامعة الفاتح ، طرابلس .

© للمؤلف (المؤلفون)، يخضع هذا المقال لسياسة الوصول المفتوح ويتم توزيعه بموجب شروط ترخيص إسناد المشاع الإبداعي CC BY-NC 4.0

المتوسط هو (0.3pCi\L) . إن هذه القيم تعني أن احتمال تعرض سكان هذه المنطقة قيد البحث لخطر الإصابة بمرض سرطان الرئة قليل جداً ولا تؤثر على الصحة العامة للسكان في تلك المنطقة .

المقدمة

الإنسان يتعرض للإشعاعات المختلفة من مصادر متعددة نتعامل مع العديد منها على أساس أنها خلفية إشعاعية لا تحكم لنا بها ، ولكن البحوث البيئية التي تم التركيز عليها في السنوات الأخيرة أظهرت أنه من الممكن حماية الإنسان من هذه الإشعاعات بعد معرفة طبيعتها وقياسها على درجة كبيرة من الدقة ، حيث وجد أن حالة الرادون Rn^{222} الذي يسهم تقريباً بنصف الجرعة المتأينة من مجموع المصادر الطبيعية للإشعاع لها أهمية كبيرة ويجب التركيز عليها ودراستها بشكل مركز لحماية الإنسان من أضرار هذا النوع من أنواع الأشعاعات والتي تعاني منها جميع الكائنات الحية (1) .

في عام 1899 تم اكتشاف غاز الرادون من قبل العالمين "R. B. Owens و E. Rutherford" حيث أن الرادون غاز أحادي الذرة عديم الرائحة واللون والطعم ، وهو خامل كيماوياً و نظائره هي :

أ- الأكتينون (action ، Rn^{219}) ينتمي إلى سلسلة الأكتينوم (U^{235}) والذي تمثل نسبة وجوده في الطبيعة 1% بالإضافة إلى أن فترة عمر النصف للأكتينون $t^{1\2}$=4sec مما يفسر عملياً عدم إمكانية قياس تركيز هذا النظير في الجو .

ب- الثورون (thoron ، Rn^{220}) ويعود إلى سلسلة الثوريوم ، وهو الأكثر نسبة في الطبيعة بين النظائر الثلاثة التي تتحرر من الأرض ، ولكنه يختفي بسرعة لأن عمر النصف له $t^{1\2}$=55sec ولكنه يسهم في زيادة الجرعة الإشعاعية من خلال بعض حالات التعرض الداخلي .

ج- الرادون (radon ، Rn^{222}) ينتمي إلى سلسلة اليورانيوم (U^{238}) وله فترة عمر نصف تعتبر الأطول بين النظائر الثلاثة (3.82 يوماً) ، وفترة عمر النصف الطويلة هذه تمنحه توزعاً كبيراً في الجو ، ويعود تأثيره الإشعاعي الحاسم للعنصرين المنحدرين عنه اللذين يصدران جسيمات ألفا (α) ذات الأجل القصير وهذان العنصران هما البولونيوم 218-(po^{218}) $t^{1\2}$=3.05min والبولونيوم 214-(po^{214}) $t^{1\2}$ = .

مما سبق يتبين أن الرادون يشكل العنصر الأكثر أهمية بين كل المصادر الطبيعية والصناعية للإشعاع ، والأكثر نقاءً في كل من الزمان والمكان .

حيث أن أثر الرادون في الجرعة الإشعاعية التي يتسلمها الإنسان من المصادر الطبيعية والصناعية والعلاجية تكون ذات تأثير كبير ومميز ، بيد أن الجزء الذي يعزى إلى الرادون يتغير تغيراً كبيراً من منزل إلى آخر ، ويمكن أن يقود إلى جرع أعلى أو أدنى بمرات عديدة . إن التقديرات التي أقرتها اللجنة العلمية للأمم المتحدة الخاصة بدراسة تأثيرات الإشعاعات المؤينة تشير إلى مستويات وسطية للتعرض للرادون أعلى من التقديرات المبينة ، وتبلغ حوالي (1.2 mSv\yr) [1-2] .

ونظراً لأهمية هذا الغاز وأثره على صحة الإنسان قامت عدة دراسات وأبحاث لحساب تركيز الرادون في الهواء والماء والتربة وهي التي لها تماس مباشر مع الإنسان فمثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية معدل تركيز الرادون (متوسط سنوي) يساوي $50Bq/m^3$ ($1pCi/L = 37Bq/m^3$) [4] وفي كيفا بالهند كان معدل الرادون في المنازل يساوي $13.4Bq/m^3$ [5] ، وفي المملكة العربية السعودية كان معدل تركيز الرادون في المنازل $10Bq/m^3$ [6] .

وتكمن خطورة الرادون في كونه غازاً يتم استنشاقه مع الهواء الجوي مطلقاً دقائق ألفا ومخلفاً ذرات البولونيوم المشعة غير الغازية (po^{218} , po^{214}) التي تترسب أو تلتصق بجدران المنازل والأثاث وجدران القصبات الرئوية ، ونظراً لقصر فترة عمر النصف لهذه المتحدرات فإنها تتحلل لتقذف جسيمات ألفا (α) ذات الطاقة العالية على خلايا الرئة مما يؤدي إلى إحداث تغيرات في الكروموسومات للخلايا التي تعرضت لدقائق ألفا (α) مما يؤدي إلى اتلافها أو التسبب بمرض السرطان [7] . إن تركيز غاز الرادون وخصوصاً داخل المنازل يعتمد على عدة عوامل منها :

1. كمية الرادون في التربة ومواد البناء .
2. نسبة الرطوبة في التربة ومواد البناء .
3. نفاذية التربة ومواد البناء لغاز الرادون .
4. المساحة المسطحة وكيفية عزلها عن التربة الملاصقة لها .
5. مادة بناء الأرضية .
6. أنظمة التهوية في المنازل .
7. حالة الطقس .
8. درجات الحرارة والضغط داخل المنازل وخارجها .

إن الأبحاث لازالت جارية لإثبات مدى خطورة التركيزات العالية للرادون في المنازل على حياة الإنسان وأثر الجرعات المختلفة التي يتعرض لها الفرد طول حياته ، الأمر الذي سيؤثر مستقبلاً على اختيار الأماكن الجديدة للمدن والمنازل والمواد التي يجب أن تستخدم في بناء المنازل ومصادر هذه المواد.

ولوضع حدود على مقدار التعرض للإشعاع فقد أنشئ عدد من الوكالات منذ سنوات عديدة ، والأمثلة على ذلك هي :

1. الوكالة الدولية للوقاية من الإشعاع
International Commission on Radiological protection (*ICRP*).
2. المجلس القومي للوقاية من الإشعاع وقياسه .
National Council on Radiation protection and Measurements (*NCRP*).
3. المجلس الفدرالي للإشعاع .
Federal Radiation Council (*FRC*).

والسؤال الرئيسي الذي تواجهه الهيئات المسئولة عن وضع معايير للجرعة الشعاعية هو ما القيمة القصوى للحد الأعلى المقبول للتعرض للإشعاع ؟ وكان أحد الأجوبة صفراً من منطلق أن الإشعاع ضار ولكنها إجابة غير مبررة بسبب وجود الإشعاع الطبيعي واستخدام بعض أنواع الإشعاع في العلاج وقد حددت الجرعة المعتمدة على الجسم كاملاً بالنسبة للفرد الواحد 1.7mSv\yr [8] .

كما ذكر في البداية أنه قد تم استخدام أحد كواشف الحالة الصلبة في هذا البحث [9] ، إن استعمال مادة صلبة بدلاً من الغاز في الكواشف له ميزة أن المادة الصلبة متراصة حيث أن مدى الجسيمات النووية فيها قصير جداً ، بالإضافة لذلك عندما يكون الكاشف مصنوعاً من مواد شبه موصلة ضعيفة حيث تقدر مقاوميتها (Resistivity) بـ 2000Ω-cm فإنه يمكن تحقيق دقة قياس عالية عن طاقة الجسيم المشحون وزمن وصوله بالإضافة إلى أن كواشف المواد الصلبة تحتفظ بمسارات الجسيمات الساقطة عليها لفترات زمنية طويلة نسبياً ، ويوجد أوجه شبه كبيرة بين كواشف الحالة الصلبة والكواشف الغازية ، لكن كيفية حركة الأيونات في كل منها مختلفة تماماً . إن أهم ما يميز هذه الكواشف ملائمتها للغرض الذي أعدت له وسهولة التعامل معها ، لهذا كله اخترنا في دراستنا هذه أحد أنواع الكواشف الصلبة وهي كاشفات الحالة الصلبة البلاستيكية ومنها على وجه الخصوص :

مبلمرات كربونات الأليل دايجليكول Poly Allyl Diglycol Carbonate (PADC) المعروفة باسمها التجاري CR-39 [10] ، حيث أن هذه الكاشفات يسجل عليها مسار جسيمات (α) إذا كانت طاقة الجسيمات (α) في المدى (0.1MeV-20MeV) حيث تترك جسيمات (α) الساقطة على هذه الكواشف مسارات قطرها يتراوح بين 3nm و 10nm .

النتائج والمناقشة

قبل التطرق إلى النتائج ومناقشتها لابد من الإشارة بشكل سريع إلى موضوع تهيئة العينات وتوزيعها في المناطق المنتخبة ، فقد تم استخدام مجراع الرادون السلبي التراكمي (Integrated Passive Radon Dosimeter) والذي يحوي كواشف الحالة الصلبة CR-39 آنفة الذكر ، حيث تم ترميز هذه الكواشف لتحديدها ومعرفتها وتسهيل عملية جمع المعلومات ، وثبت هذا الكاشف في علبة بلاستكية

بحيث تسمح بمرور الغازات إليها من فتحة إسفنجية مناسبة تم غلقها بإحكام .

لقد تم إعداد 270 مجراعاً وزعت في أماكن مختارة في المنطقة قيد البحث بهدف الحصول على دراسة مسحية وافية لتركيز الرادون ، وكان ذلك خلال فصل الربيع ، حيث وضعت المجراعات بتاريخ 3/1 ولمدة مائة يوم ، علماً بأن اختيار هذا الوقت من السنة اعتمد على أسس عديدة منها اعتدال المناخ من حيث درجة الحرارة واعتدال الرطوبة النسبية ، مما يتيح مجالاً أكبر للمقارنة مع بحوث أخرى .

جمعت المجراعات بعد مائة يوم من وضعها حيث تمت عملية تظهير المسارات لحساب عدد المسارات لكل وحدة مساحة ، ومن ثم إيجاد وحساب تراكيز الرادون في مختلف المواقع الخاضعة للدراسة ، والجدول (1) يبين معدل تراكيز الرادون في المنازل وفي مواقع مختلفة (أعطيت هذه المواقع أرقاماً من 1–6) ، والشكل (1) يبين المدرج التكراري لمعدل تركيز الرادون لنفس الموقع .

وقد تم دراسة تركيز الرادون في الهواء الطلق خارج المنازل في هذه المناطق نفسها، وذلك بوضع مجراعات معرضة للهواء مباشرة فوق أسطح المنازل وبعض المناطق المكشوفة الأخرى ، والجدول (2) يبين هذه النتائج إضافة إلى أن المدرج التكراري في الشكل (2) يوضح معدل تركيز الرادون في الهواء الطلق لمختلف المواقع قيد الدراسة .

نلاحظ من الجدول (1) أن معدل تركيز الرادون في مختلف المواقع يتراوح بين 245 $Bq\backslash m^3$ (في الموقع (1)) ، 215 $Bq\backslash m^3$ (في الموقع (4)) ، ويعود سبب زيادة تركيز غاز الرادون في الموقع (1) إلى :

1. تعدد مواقع الدراسة من منازل .
2. قلة التهوية في منازل هذا الموقع .
3. تلاصق المنازل وقربها من بعضها .
4. مادة بناء الأرضية وعدم كفاءتها في منع تسرب الغاز .
5. رطوبة مساكن هذا الموقع عالية نسبياً لقدمها قياساً بمنازل المواقع الأخرى .

في حين أن الموقع (4) يحتوي على منازل متباعدة عن بعضها ولها نظام تهوية أفضل من منازل الموقع (1) . إن متوسط تركيز الرادون في هواء المنازل لمختلف المواقع هو (232 $Bq\backslash m^3$) وهذا التركيز ينسجم مع كثير من الدراسات في بعض دول أمريكا اللاتينية [11] ، والسويد [12] ،

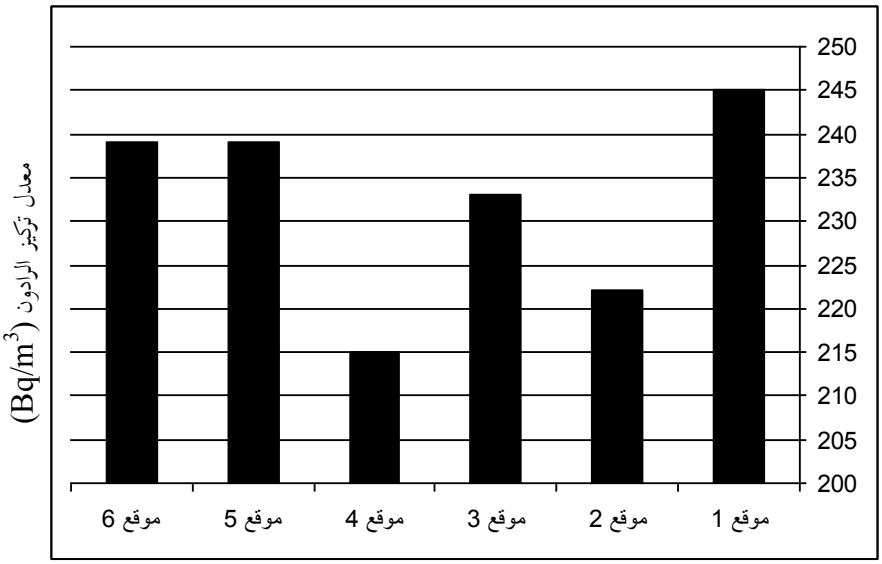
جدول 1 معدل المسارات لكل cm^2 ، والقيم القصوى والدنيا لتراكيز الرادون في المنازل لمختلف المواقع

الموقع	عدد الكواشف	معدل المسارات لكل cm^2 × 10^3	أقل قيمة لتركيز الرادون $Bq\backslash m^3$	أكبر قيمة لتركيز الرادون $Bq\backslash m^3$	معدل تركيز الرادون $Bq\backslash m^3$
موقع 1	95	1.11	25.00	304.20	245
موقع 2	10	1.01	88.90	250.10	222
موقع 3	30	1.06	39.26	280.20	233
موقع 4	30	0.97	32.10	290.44	215
موقع 5	25	1.04	28.56	312.40	239
موقع 6	25	1.04	36.39	293.50	239

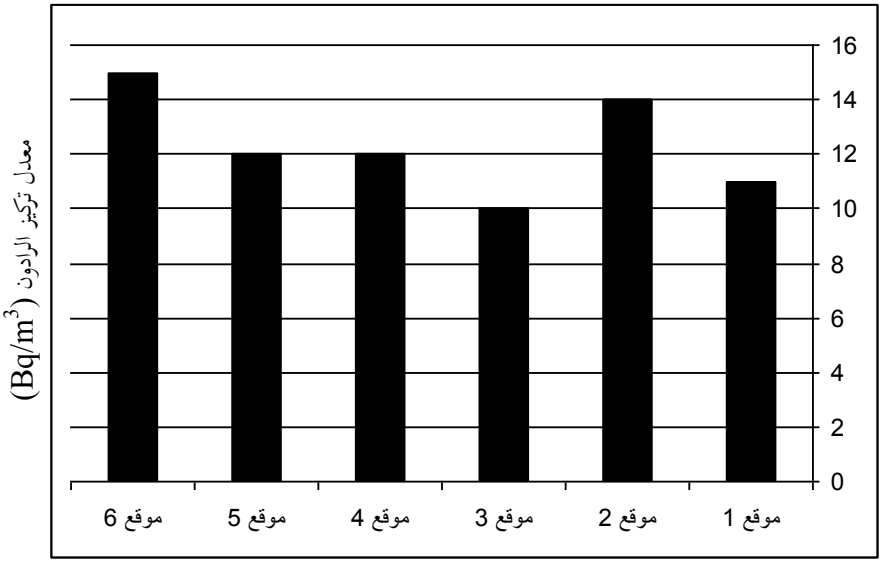
جدول 2 معدل المسارات لكل cm^2 والقيم القصوى والدنيا لتراكيز الرادون ومعدله في الهواء الطلق لمختلف المواقع المختارة

الموقع	عدد الكواشف	معدل المسارات لكل cm^2 × 10^3	أقل قيمة لتركيز الرادون $Bq\backslash m^3$	أكبرقيمة لتركيز الرادون $Bq\backslash m^3$	معدل تركيز الرادون $Bq\backslash m^3$
موقع 1	20	0.052	3.57	19.04	11
موقع 2	7	0.061	4.77	16.67	14
موقع 3	7	0.043	3.20	14.29	10
موقع 4	6	0.055	4.76	18.21	12
موقع 5	6	0.053	3.33	15.85	12
موقع 6	9	0.068	5.95	21.42	15

ونلاحظ كذلك من الجدول (2) أن معدل تركيز الرادون في الهواء الطلق لمختلف المواقع المختارة هو (12 $Bq\backslash m^3$) وهذا التركيز يتفق مع الدراسة التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية [7] . وقد وجد أن أكبر قيمة لمعدل تركيز الرادون في الهواء الطلق كانت في الموقع (6) (15 $Bq\backslash m^3$) ، وأقل قيمة لتركيز الرادون كانت في الموقع (3) (10 $Bq\backslash m^3$) ، حيث يتأثر غاز الرادون في الهواء الطلق بالارتفاع عن مستوى سطح الأرضية للمنزل بصورة عكسية بسبب أن غاز الرادون أكثر ما ينبعث من الأرض ، وهو غاز ثقيل ، لذا يكون له أكبر تركيز بالقرب من الأرض .



شكل 1 المدرج التكراري لمعدل تركيز الرادون في هواء المنازل لمختلف المواقع



شكل 2 المدرج التكراري لمعدل تركيز الرادون في الهواء الطلق لمختلف المواقع

وحيث أن من أهداف هذه الدراسة وضع الأسس الممكنة والسبل الكفيلة للتقليل من تركيز الرادون في الأماكن ذات التركيز المرتفع ، فيمكن التقليل من تركيز غاز الرادون في المنازل من خلال المبادئ التالية :

1. تهوية المنازل بصورة جيدة آخذين اتجاه الرياح بنظر الاعتبار .
2. فصل المنازل عن بعضها البعض بفضاءات معينة .
3. منع تسرب غاز الرادون من جدران المنازل من خلال طلائها بطلاء بلاستيكي أو طلاء آخر من شأنه تقليل النفاذية لمنع تسرب غاز الرادون .
4. وحيث أن غاز الرادون يكون ذا تركيز أعلى قرب أرضية الأبنية والمساكن ، فمن الضروري رفع أرضية الغرف عن مستوى الأرض وفي الوقت نفسه تبليط الأرضية بالأسمنت المسلح والرخام لتقليل عملية التسرب .
5. اختيار مواد البناء بشكل دقيق بحيث تكون قليلة النفاذية لهذا الغاز .

Radon Concentration Measurement Indoors and Outdoors

Mohammed Kassim AlFakhar **Fawzi Abdulkariem Ikraiam***

Abstract

In this research, the passive integrated dosimeter technique with solid state nuclear track detectors, super grade CR-39, was used to measure the concentration of the radioactive radon gas (Rn^{222}) indoor and outdoor for six different positions. For this purpose, the etching optimal conditions for CR-39 were studied. Etching conditions are controlled by three principal variables. These variables are etching solution temperature, morality and etching time. To measure radon concentration, 270 detectors were prepared and were distributed in the chosen positions. After 100 days, the detectors were collected and treated chemically by using the above conditions. Then the number of tracks per unit area in 20 sites in each detector were measured by an optical microscope. Results

* Physics Department, University of Omar AlMukhtar, El-Beida, Libya.

obtained showed that radon concentration indoors was (6.3 pci/L) while outdoors was (0.3 pci/L). these results indicate that the risk factor of lung cancer for residents of this region due to radon R^{222} increases by 1.2%.

المراجع

UNSCEAR, "Sources and effects on ionizing radiation" *UNSCEAR Report to the General Assembly of ghe United Nations*, New York, Nov. 1994.

CRP, "Protection against radon-222 at home and at work," *Ann. ICRP Report*, Pergamon Press, 1994.

K. Krane, *Introductory Nuclear physics*, John Wiley & Sons, Inc, PP. 173-188, 1988.

B. Cohen, "Relationship between exposure to radon and various types of cancer, "*Health phys*. Vol. 65 (5) , PP. 529-531, Nov.1993.

H. Somashekarappa, Y. Narayana, A. Radhakrishna, K. Siddappa, V. Joshi, R. Kholekar and A. Bhagwat, "Atmospheric radon levels and its emanation rate in the environment of Kaiga, "*Radiat. Meas*, vol. 26 (1)pp. 35-41, 1996.

F. Abu-Jarad, "Indoor cigarette smoking: Uranium contents and carrier of indoor radon products, "*Radiat. Meas*. Vol. 28 (1-6) pp 579-584, 1997.

J. Lublin and Boice Jr, "Lung cancer risk from residential radon:meta-analysis of eight epide-miological studies, "*J. Natl. Cancer Inst*. Vol. 89, pp 49-57, 1997.

G. Jonsson, "Radon Gas-where from and what to do" *Radiat. Meas*., vol. 25 (1-4), pp537-546, 1995.

R. Bull and S. Durrani, *Solid State Nuclear Track Detection : Principles, Methods, and Applications*, First Edition, Pergamon Press, 1987.

R. Fleischer, P. Price and R. Walker, *Nuclear Tracks in Soleds:Principles and Applications*, University of California press, Berkeley 1975.

A. Canoba, et al, "Indoor radon measurements and methodologies in Latin American Countries" *Radiat. Meas*, vol. 34 (1-6), pp.483-486, 2001.

S. Durrani and R. Ilic, *Radon Measurement by Etched Track Detectors:Applications to Radiation Protection, Earth Sciences and the Environment*, World Scientific, sigapore, 1997.