الفصل الخامس

مصادر غاز الرادون ومستوياته داخل المباني

5 - 1 تمهيد

يوجد عنصر اليورانيوم في القشرة الأرضية، وبتركيز متفاوت، وبمعدل عام منخفض، كما يوجد في كثير من مواد البناء. والراديوم من ولائد اليورانيوم وعمر نصفه 1600 سنة يستمر في توليد غاز الرادون في سلسلة تفككه الإشعاعي.

ونظراً لكون الرادون غازا خاملا وعمر نصفه 3,82 يوماً، فيمكنه النفاذ عبر المواد المسامية قبل التفكك إلى ولائده ذات أعمار الأنصاف القصيرة. فإذا ما تولد غاز الرادون في أرضية المبنى، أو من مواد البناء، أو من الماء المستخدم، خاصة إذا كان مستمدا مباشرة من مصادر تحت سطح الأرض، فإنه يستطع التخلل داخل المبنى، ويعتمد ذلك على التوازن بين معدل دخوله مع الهواء ومعدل إزالته عنه. وهذان المعدلان يتفاوتان بشكل كبير من موقع لآخر، ومن مبنى لثانٍ تبعاً للموقع ومكونات البناء وطريقة الانتشار.

5 - 2 مصادر غاز الرادون داخل المباني

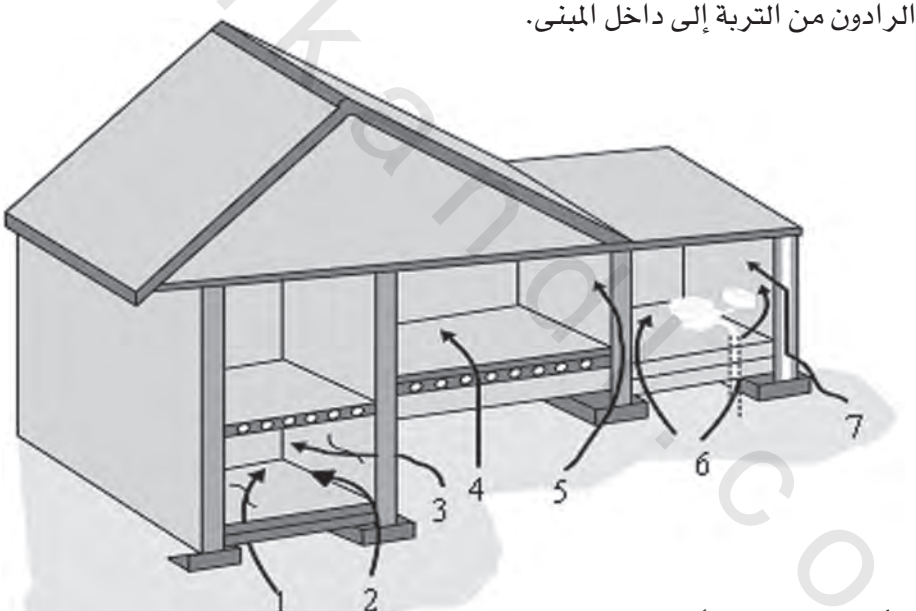
5 - 2 - 1 التربة

مصدر المشاركة الرئيسة لغاز الرادون داخل المباني هو عادة التربة والصخور التي في أسفل المبنى. ووجود اليورانيوم في كل من التربة وصخور القشرة الأرضية يتفاوت بشكل من مكان إلى آخر حسب طبيعة الصخر أو التربة. وتحوي الصخور النارية الحامضية وفوق الحامضية، مثل عائلة الجرانيت نسبا عالية من كل من اليورانيوم والثوريوم مقارنة بالصخور الرسوبية، باستثناء بعض الطفل[1] الأسود،

(1) الطفل الأسود: صخر رسوبي كربوني غامق اللون، ورقيق الصفائح ، وغني بصورة غير اعتيادية بالمواد العضوية، و معادن الكبريتيد. يحتوي عادة على تركيز شاذ من بعض العناصر مثل اليورانيوم (41).

obeikandl.com

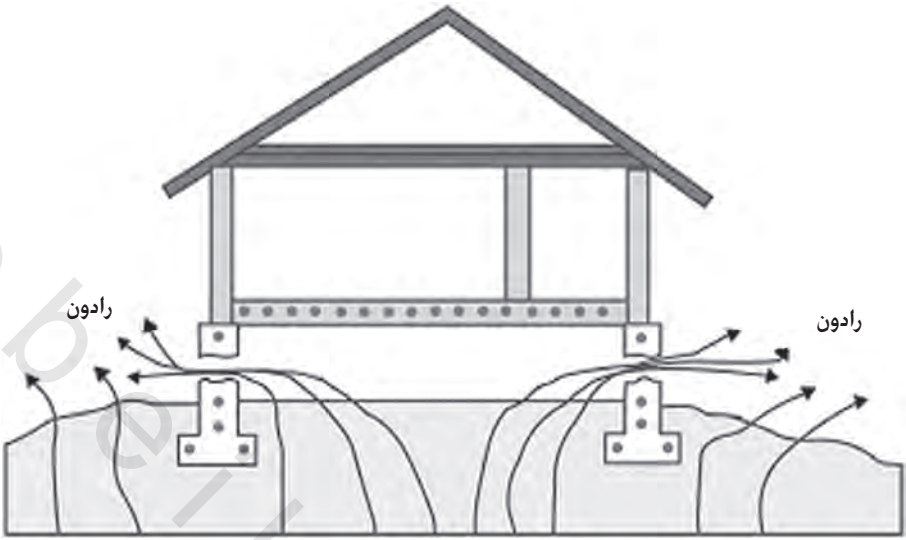
والصخور الفوسفاتية التي هي أكثر إشعاعية (33). ومعدل تحرر غاز الرادون منها متفاوت تبعاً لتركيز الراديوم فيها. ويتحرر غاز الرادون من التربة الحاوية على نسب عالية منه إلى الجو خاصة في مناطق الضغط الجوي المنخفض، أما في المناطق التي يرتفع فيها الضغط الجوي فقد ينتقل غاز الرادون من الجو إلى التربة. وتعمل لمساكن عمل المدخنة بسحبها لغاز التربة من أسفل المسكن، ومن الأراضي القريبة منه. وإذا كانت أرضيات المباني خراسانية فإنها تمنع تخلل غاز الرادون من الأرض، إلا إذا كانت هناك فتحات أو شروخ في الأرضيات الخراسانية تسمح بتخلل الغاز (7). والشكل (5 - 1) يوضح سبل تخلل غاز الرادون من الأرضيات إلى داخل المبنى. كما يوضح الشكل (2 - 5) فائدة رفع البناء عن سطح الأرض في منع تخلل غاز الرادون من التربة إلى داخل المبنى.



1- خلال الشروخ في الأرضيات الصلبة
2- خلال التوصيلات الإنشائية
3- خلال الشروخ في الجدران التي أسفل الطابق الأرضي
4- خلال الفراغات في الطوابق المحمولة
5- خلال الشروخ في الجدران
6- خلال الفراغات حول أنابيب الخدمات
7- خلال التجاويف التي في الجدران

شكل (1 - 5) سبل تخلل غاز الرادون من الأرضيات إلى داخل المبنى (52، 72).

obeikandl.com



شكل (5 - 2) فائدة رفع البناء عن سطح الأرض في منع تخلل غاز الرادون من التربة إلى داخل المبنى (6).

إن العوامل التي تؤثر على حركة غاز الرادون في التربة هي: المسامية[1] والنفاذية[2] وما تحتويه من رطوبة، وحجم حبيبات التربة. والجدول (5 - 1) يبين قيم المسامية والنفاذية لبعض أنواع التربة، ويلاحظ أن هناك علاقة بين حجم حبيبات التربة والمسامية، فالمسامية التي تعني نسبة المسام في التربة تعتمد على حجم حبيبات التربة. كذلك فإن نسبة ما تحتويه التربة من الماء تعتمد على الوقت، والتركيب، وحجم الحبيبات. والماء يمكن أن يمسك داخل المسامات الكبيرة، كما يمكن أن يوجد على شكل رقائق حول حبيبات التربة، أو في خيوط شعرية دقيقة بين تلك الحبيبات، أو يمسك في الطين المعدني. وتعد التربة مشبعة بالماء عندما يكون ما تحتويه من ماء مساوٍ للفراغات التي فيها أو مساميتها (34).

(1) المسامية: النسبة المئوية لحجم المسام في الصخر أو التربة إلى الحجم الكلي للصخر أو التربة، دون اعتبار لاتصال المسام أو عدم اتصالها.

(2) النفاذية: قدرة مكون ما مثل التربة والصخور على السماح لغاز الرادون بالمرور فيه عبر المسام أو الشقوق.

obeikandl.com

جدول (1 - 5) النفاذية والمسامية لبعض أنواع التربة وعلاقتها بحجم حبيبات التربة (34).

نوع التربة	قطر الحبيبات (مايكرون)	المسامية	النفاذية م^2
رمل	2000 - 60	0,4	4×10^{-11} (قطر الحبيبات 200 مايكرون)
غرين (طمى)	60 - 2	0,5	4×10^{-12} (قطر الحبيبات 20 مايكرون)
طين	2	0,6	1×10^{-14} (قطر الحبيبات 1 مايكرون)

وليست رطوبة التربة ومساميتها هي وحدها التي تحدد مدى حركة الماء أو الغاز الذي تحتويه. فقابلية الموائع على الحركة في وسط ما يعتمد على نفاذيتها، والجدول (5 - 2) يبين مدى نفاذية بعض أنواع التربة. وقد تكون نفاذية التربة العامل الأهم في تحديد حركة غاز الرادون عن طريقها، فكلما زادت النفاذية زادت معها قدرة غاز الرادون على الحركة.

جدول (5 - 2) النفاذية المعتادة لبعض مواد البناء (25).

المادة	مدى النفاذية سم2
رمل مفرق	2×10^{-7} ـــ $1,8 \times 10^{-6}$
تربة	28×10^{-9} ـــ $1,4 \times 10^{-7}$
صخور رسوبية	5×10^{-12} ـــ 3×10^{-8}
صخر جيري (كلسي)	$2,0 \times 10^{-11}$ ـــ $4,5 \times 10^{-10}$
آجر (قرميد)	$1,0 \times 10^{-9}$ ـــ $2,3 \times 10^{-7}$

وتتفاوت النفاذية عشرات الأضعاف حتى في النوع الواحد من التربة (34). وتشمل النفاذية عمليتي الانتشار والحمل، وهما عمليتان مهمتان كلاهما وعلى حدة، والعملية الأولى هي الغالبة في انتشار غاز الرادون من الأرض إلى الجو على مستوى العالم،

openkanal.com

الذي يقدر أعلى حد له في الهواء الطلق بنحو 10^{-5} م^2/ث، في حين تتراوح في العديد من الرمال الحاوية على نسب متفاوتة من التربة الطينية ما بين 1 و3×10^{-6} م^2/ث، أما في بعض أنواع الطين والغرين فتتفاوت بين 10^{-7} و10^{-10} م^2/ث.

5 - 2 - 2مواد البناء

تحوي مواد البناء المكونة من الصخور والرمل وما شابهها، اليورانيوم والراديوم، ومعظم هذه المواد مسامية إلى حدٍ ما، مما يسمح لغاز الرادون أن يتخلل منها إلى الهواء. الجدول (5 - 3) يلخص نتائج بعض الدراسات في عدد من الدول لتركيز الراديوم في أنواع من مواد البناء، بينما يبين الجدول جدول (4 - 5) متوسط الراديوم – 226، والرادون ـ 222 في التربة مقاسة على عمق متر واحد.و يوضح الشكل (5 - 3) تركيز الراديوم في بعض مواد البناء في عدة دول.

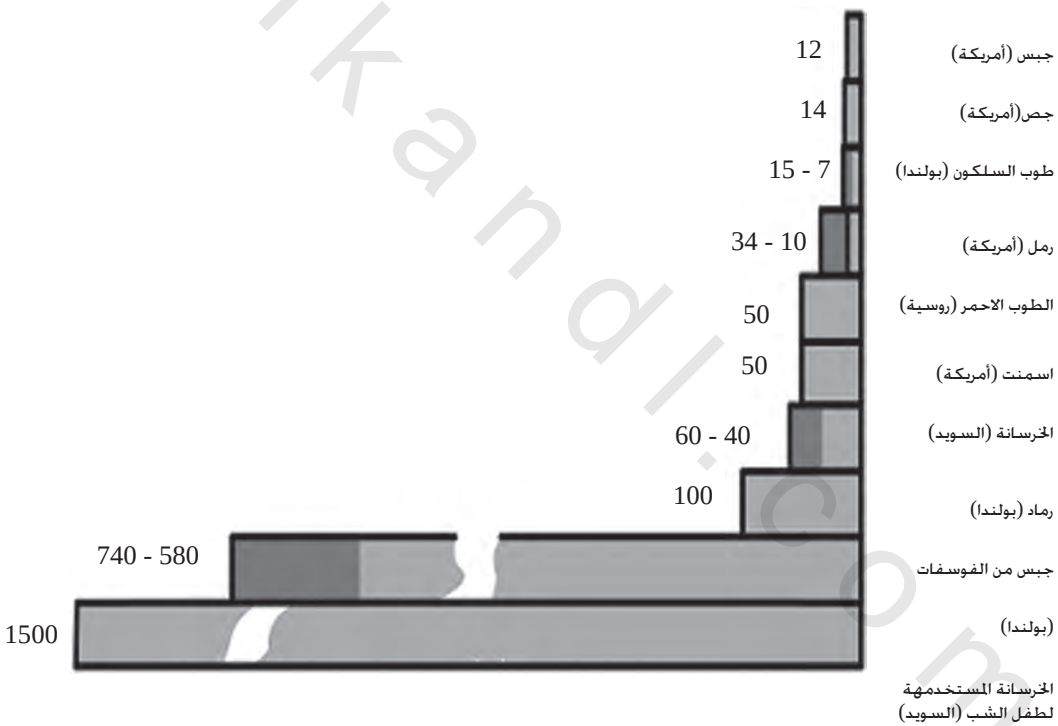
جدول (5 - 3) تركيز الراديوم – 226 في بعض الصخور وفي خامات اليورانيوم (25).

نوع الصخر	تركيز الراديوم بيكريل/كغم
الجرانيت المعتاد	25 - 80
الجرانيت الغني باليورانيوم	100 - 500
الجنيس (صخر متحول)	25 - 125
الدوليرايت (ضرب من الصخور النارية)	1 - 25
الحجر الرملي	1 - 60
الحجر الجيري (الكلسي)	5 - 40
الطفل	10 - 125
الطفل الأسود	10 - 2000
طفل الشب	125 - 4300
خام اليورانيوم	25 × 510 - 12,000
المعدل	35

ملاحظة: إن الجزء الواحد بالمليون من اليورانيوم يعادل إشعاعية 12,3 بيكريل/كغم راديوم – 226.

openkandil.com

ويعتمد معدل تحرر غاز الرادون من المواد على تركيز الراديوم فيها، وعلى الصفات الفيزيائية للمادة مثل المسامية، والنفاذية، وحجم الحبيبات، والأحوال الجوية، ومحتوى المادة من الرطوبة. فقد أوضح بعض الباحثين أن معدل تحرر غاز الرادون يزداد بمقدار ضعفين إلى ثلاثة أضعاف في عينات مختلفة من التربة إذا ازداد محتواها من الرطوبة من صفر إلى 5%، تبعاً لنوع التربة (25). والتربة ذات المسامية العالية يبلغ تحرر الرادون منها مئة ضعف التحرر من الخرسانة، والعلاقة طردية بين المسامية وتحرر غاز الرادون، كما أن معدل التحرر من الحبيبات الصغيرة للمادة أكبر من الحبيبات الكبيرة.



شكل (5 - 3) تركيز الراديوم في بعض مواد البناء في عدة دول (بيكريل/كغم)(72).

obeikandl.com

جدول (5 - 4) التركيز المعتادة للراديوم وغاز الرادون في التربة، مقاسة على عمق 1م (25).

نوع التربة	تركيز الراديوم بيكريل/كغم	تركيز الرادون بيكريل/م3
حصى	75 - 30	150,000 - 10,000
رمل	35 - 5	20,000 - 2,000
غرين (طمى)	50 - 10	60,000 - 5,000
طين	100 - 10	100,000 - 10,000
تربة خوي كسر من طفل الشب	2500 - 175	10^6< – 50,000

ملاحظة: إشعاعية راديوم قدرها 12,3 بيكريل/كغم تعادل جزء بالمليون من اليورانيوم.

وللضغط الجوي أثر كبير في تحرر غاز الرادون كما سبق وأن أشرنا، فانخفاض ضغط الهواء بمقدار 1 إلى 2% يمكن أن يضاعف معدل التحرر، ويعود السبب في ذلك إلى أن انخفاض الضغط الجوي يعمل على ضخ الغاز، من التربة إلى الجو (7). والجدول (5 - 6) يبين النسب المئوية لتحرر غاز الرادون من مواد البناء المعتادة.إن تحرر غاز الرادون من الطوب الأحمر والسيراميك والرخام والرمل والبحص والأسمنت والجص السعودي والنورة منخفض جداً، وكذا الحال بالنسبة للسيراميك والرخام السعودي والمستورد (35، 36، 37). وهنا قد يتوارد إلى الذهن سؤال مؤداه: هل ينبغي تجنب استخدام بعض مواد البناء لتقليل تحرر غاز الرادون في المسكن؟ والإجابة إذا كانت المادة تحوي تركيزا مرتفعا من اليورانيوم أو الراديوم فينبغي تجنبها، أو استخدامها خارج المنزل بحيث لا تشكل ضررا صحيا على الناس. فمثلاً: إن الجرانيت الذي يستخدم بشكل واسع بلاطاً للأرضيات، لما يمتاز به من جمال وصلابة تقاوم خدشه عند الاستخدام، يتفاوت تحرر غاز الرادون منه بشكل كبير جداً (90 ضعف) تبعاً لما يحتويه من الراديوم، كما أن نسبة تحرر غاز الرادون إلى محتوى الجرانيت من الراديوم هو أيضاً يتفاوت كثيراً (15 ضعف) كما هو مبين في جدول (5 - 6)، ولا يمكن

obeikandi.com

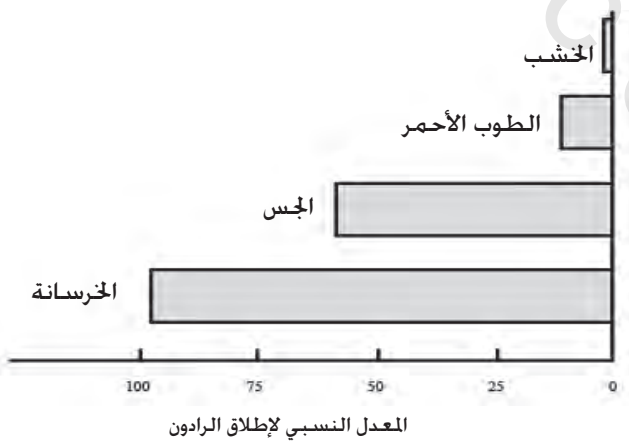
معرفة ذلك إلا بقياس تحرر الغاز من العينات (35). الشكل (5 - 4) يبين المعدل النسبي لما تطلقه مواد البناء من غاز الرادون.

جدول (5 - 5) تحرر ذرات غاز الرادون إلى فراغ التجاويف، مقدر بالنسبة المئوية في أنواع من التربة والصخور المطحونة (25).

نوع التربة	تحرر الرادون إلى التجاويف الهوائية%
بحص	40 - 15
رمل	30 - 15
طين	70 - 30
صخور مطحونة (1 - 8 ملم طولاً)	15 - 5
جرانيت غني باليورانيوم مطحون (1 - 8 ملم طولاً)	30 - 15

5 - 2 - 3 الماء

يمكن أن يصل غاز الرادون إلى المساكن عن طريق الماء، فالرادون والراديوم يذوبان في الماء، وعندما تمر المياه تحت السطحية على كل من التربة والصخور الحاوية على الراديوم، فإنه يذوب في الماء وينتقل معه، ويتولد منه الرادون وولائده، فإذا كانت كمية الراديوم المذابة كبيرة، كان تولد الرادون منها -تبعاً لذلك- كبيراً.



شكل (5 - 4) المعدل النسبي لما تطلقه مواد البناء من غاز الرادون (27).

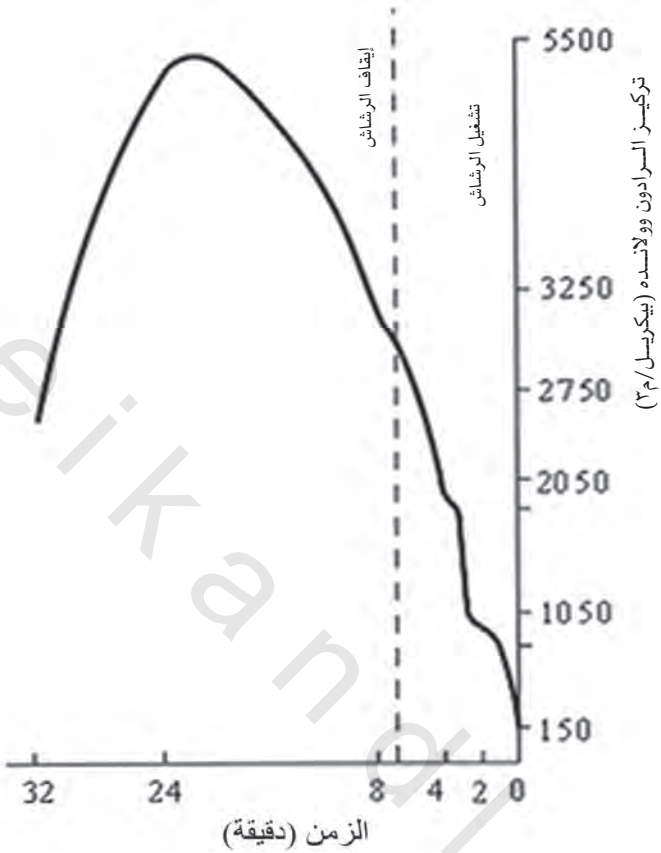
obeikandl.com

جدول (5 - 6) نسب تحرر غاز الرادون من مواد البناء المعتادة (34، 35، 38).

المادة	النسبة المئوية لتحرر غاز الرادون
خرسانة	10 ـــ 40
قرميد	2 ـــ 10
جص (جبس)	3 ـــ 20
أسمنت	2 ـــ 5
رماد الفحم الحجري	0,02 ـــ 2
جرانيت	3 ـــ 45

فإذا استخدمت تلك المياه في المساكن، فإن غاز الرادون يمكن أن يتحرر داخل المنزل. وتعتمد نسبة التحرر على نوع الاستخدام، ففي المكنة الآلية لغسل الأواني بالماء الحار، تبلغ نسبة التحرر 95%، وفي مكنة كي الملابس 90%، وفي مكنة غسيل الملابس 90 إلى 95%، وعند الاستحمام واقفا 65 إلى 75%، أما عند الاستحمام جالسا (بالبانيو) 30 إلى 50%، وفي استخدام شطاف المرحاض 30%، وعند الشرب تبلغ النسبة بين 10 و45%. ويلاحظ أن نسبة التحرر تكون كبيرة من الماء الساخن، كما في مكينتي غسيل الأواني وكي الملابس. والجدول (5 - 7) يبين نسبة التحرر في الاستخدامات المختلفة، ويوضح الشكل (5 - 5) تغير تركيز غاز الرادون وولائده عند الاستحمام بماء، يبلغ تركيز الرادون فيه 4400 بيكريل/م^3.

obeikandl.com



شكل (5 - 5) تغير تركيز غاز الرادون وولائده عند الاستحمام بماء، يبلغ تركيز الغاز فيه 4400 بيكريل/م^3 (72).

وقد يكون تركيز غاز الرادون في المياه تحت سطح الأرض مرتفعاً، وخاصة في الأرض الجرانيتية، حيث وصلت في الولايات المتحدة الأمريكية حتى 10,000 بيكريل/لتر، أما في السويد وفلندا فقد كان أعلى تركيز اكتشف 57000 بيكريل/لتر و77500 بيكريل/لتر على التوالي في حين كان المتوسط 200 بيكريل/لتر و340 بيكريل/لتر (8).

obeikandl.com

جدول (5 - 7) نسبة تحرر غاز الرادون من الماء في الاستخدامات المختلفة (8، 39).

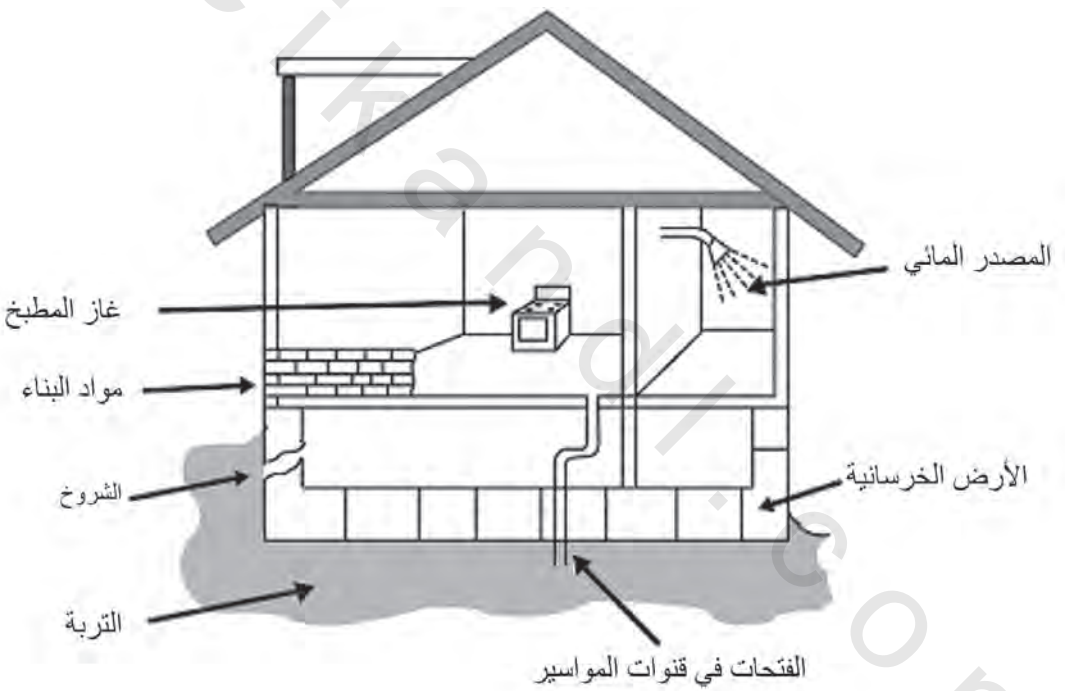
الاستخدام	نسبة تحرر الرادون%
مكنة غسيل الأواني الآلية	95
الكي	90
غسيل الملابس	95 - 90
الاستحمام واقفا	75 - 65
استخدام شطاف الحمام	30
الاستحمام جالسا (بالبانيو)	50 - 30
الشرب	45 - 10

ومع ذلك فإن مشاركة الماء في إنطلاق غاز الرادون إلى داخل المسكن هي ـ عادة ـ محدودة، لا تتجاوز واحد بعشرة آلاف من تركيز غاز الرادون في الماء، وتقدر نسبة مشاركته في تركيز غاز الرادون في المسكن بنحو2% (8)، وذلك لأن معظم غاز الرادون يتحرر من الماء قبل وصوله إلى المساكن عن طريق شبكة التوزيع ، إلا في حالة التغذية المباشرة. وتشكل المياه تحت السطحية 90% من احتياجات المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية، وقد تراوح تركيز غاز الرادون فيها بين 3,8 و42 بيكريل/لتر(40). كذلك تم قياس تركيز غاز الرادون في المياه بمدينة جدة بالمنطقة الغربية من المملكة العربية السعودية، ووجد أن أعلى نسبة له موجودة في المياه المعدنية وهي المياه الطبيعية الحاوية على الأملاح المعدنية، كما هو موضح في الجدول (5 - 8). ومن المفيد الإشارة إلى أن السويد أوصت بحدود لتركيز غاز الرادون في ماء الشرب العام مقداره 100 بيكريل/لتر(8).

openkandil.com

جدول (5 - 8) تركيز غاز الرادون في المياه بمدينة جدة بالمملكة العربية السعودية (41).

نوع العينة	تركيز الرادون بيكريل/لتر	
	المدى	المعدل
ماء الحنفية (الصنبور)	0,9 ـــ 2,1	1,7
ماء شطاف الحمام	0,9 ـــ 2,0	1,5
ماء الجالونات	0,8 ـــ 3,6	2,2
مياه معدنية	5,6 ـــ 15	9,9
مياه شرب أخرى	4,4 ـــ 11	8,1



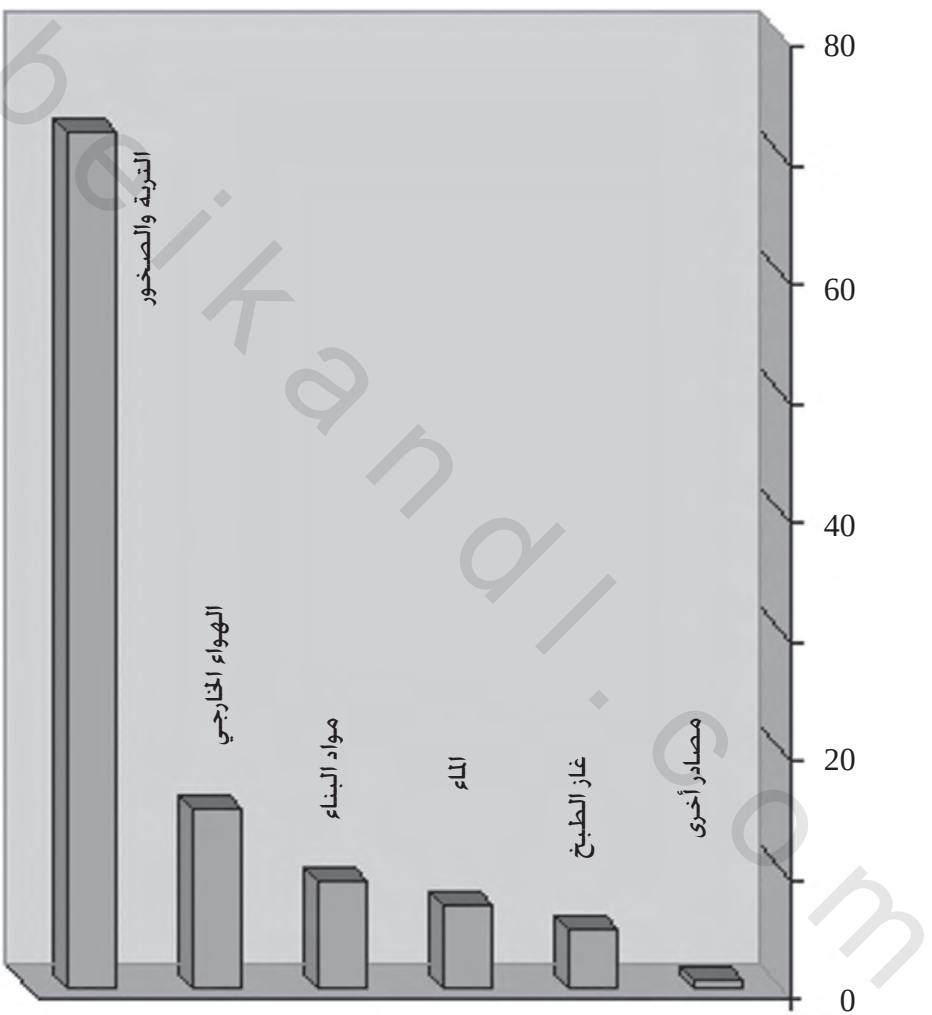
شكل (5 - 6) مصادر غاز الرادون في مسكن مثالي (1).

5 - 2 - 4 غاز الطبخ

يحتوي غاز الطبخ على نسب ضئيلة من غاز الرادون نظراً لكونه مستخرجا من داخل الأرض، وعند حرق هذا الغاز يتحرر منه غاز الرادون، وإن كان أغلب هذا الغاز

obeikandl.com

قد فقد أثناء النقل والحفظ قبل الاستخدام، لذا فإن مشاركته في زيادة تركيز غاز الرادون في المساكن تعدُّ كما مهملا ولا يكد أن يذكر. ويوضح الشكل (5 - 6) مصادر غاز الرادون في مسكن مثالي، كما يوضح الشكل (5 - 7) المعدلات النسبية لتخلل غاز الرادون من المصادر المختلفة في مسكن مثالي.



شكل (5 - 7) المعدلات النسبية لتخلل غاز الرادون من المصادر المختلفة في مسكن مثالي (27).

obeikandl.com

5 - 3 مستويات غاز الرادون في المساكن السعودية

تركيز غاز الرادون في المساكن التي درست في عدد من مدن المملكة العربية السعودية منخفض، والحمد لله. فقد أجري بحث عام 1986م شمل عددا من المدن، بالمنطقة الشرقية منها الخبر، والدمام، والقطيف، وبقيق، والأحساء، وحفر الباطن، ثم في مدينة الرياض في وسط المملكة، ثم في مدن جدة والطائف والمدينة المنورة من مدن المنطقة الغربية، وكان عدد القراءات التي أجريت 400. وقد كشفت الدراسة أن تركيز الرادون في المساكن التي شملها البحث تتراوح بين 10 و70 بيكريل/م^3، بمعدل عام قدره 16 بيكريل/م^3 (42). وفي دراسة حديثة شملت 724 مسكنا و98 مدرسة في تسع مدن، فقد تراوح تركيز غاز الرادون بين 1 و137 بيكريل/م^3، وبمعدل عام قدره 22 بيكريل/م^3 (43. 44). وفي دراسة أخرى للمساكن بمنطقة الجوف الواقعة شمال المملكة العربية السعودية، شملت 136 مسكناً، تراوح تركيز غاز الرادون بين 7 و168 بيكريل/م^3، وبمعدل عام قدره 35 بيكريل/م^3 (45). وهذه القيم مقبولة لأنها أقل من الحدود الدولية. إلا أن مسكنا واحدا في مدينة القطيف، بلغ معدل تركيز غاز الرادون في غرفة الضيوف 535 بيكريل/م^3، وهو أعلى من الحد الدولي المعتاد البالغ 200 بيكريل/م^3، لذا تقرر قياس تركيز الغاز في جميع غرف هذا المسكن، بعد تعريف صاحبه بالمشكلة وتوجيهه لتهوية مسكنه، فوجد بعد ذلك أن معدل تركيز الغاز في المجلس نفسه انخفض إلى 300 بيكريل/م^3، وكان معدله في غرف الطابق الأرضي والطابق الأول هما 210 و160 بيكريل/م^3 على التوالي (46)، وتبين أن تركيز غاز الرادون في الطابق العلوي أقل من تركيزه في الطابق الأرضي (76%). ويبدو أن السبب في هذا الارتفاع في تركيز غاز الرادون هو تسربه من أرضية المبنى إلى الداخل عن طريق الأرضية الخراسانية لوجود شروخ أو فتحات فيها (46).

ويظهر الشكل (5 - 8) توزيع تركيز غاز الرادون في المساكن السعودية التي درست. وفي هذا التوزيع يوجد ذيل طويل لتركيز غاز الرادون في مساكن يزيد كثيراً عن المعدل العام، حيث تراوح تركيز الغاز بين 1 و137 بيكريل/م^3، وبمعدل عام قدره 24

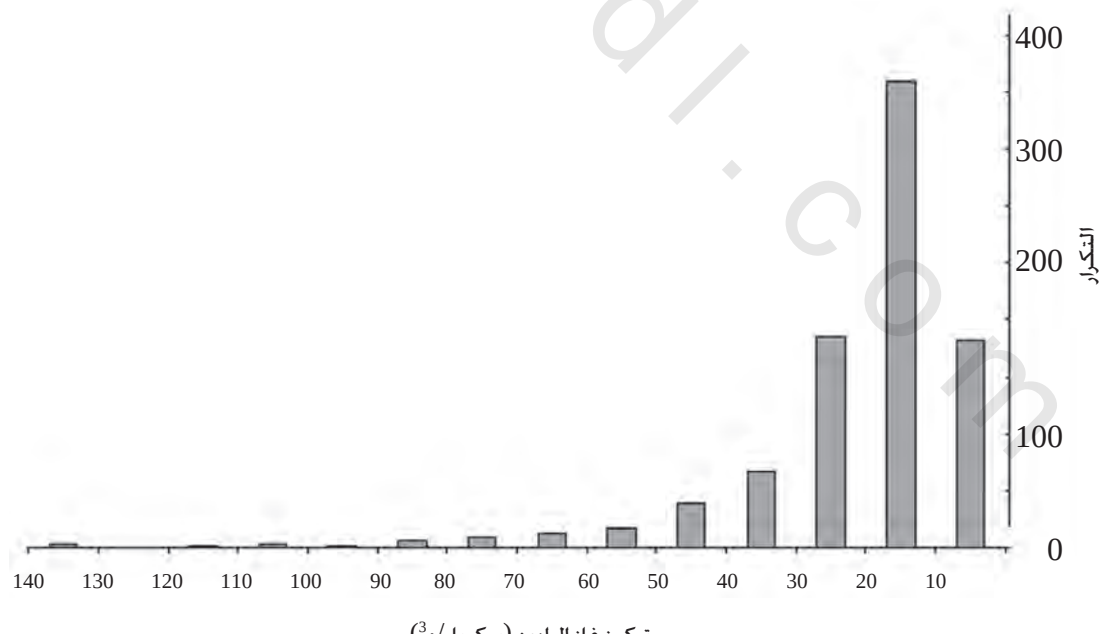
بيكريل/م^3، والشكل (5 - 9) يوضح معدل تركيز غاز الرادون في كل مدينة سعودية، مرتباً من الأدنى إلى الأعلى، حيث وجد أن أقل معدل لتركيز الغاز في مدينة الأحساء 8 بيكريل/م^3، في حين كان أعلى معدل في مدينة الخفجي وهو 39 بيكريل/م^3.

يتناسب تركيز غاز الرادون في المساكن عكسيا مع تهوية المسكن كما هو مبسوط في الباب (6 - 2 - 3). كما أن تركيز الرادون في الطابق الأرضي عادة يكون أعلى من تركيزه في الطوابق العليا.و تتفاوت معدلات تركيز غاز الرادون في مساكن بلدان العالم تفاوتا كبيرا، حيث تراوحت بين 10 و180 بيكريل/م^3 جدول (5 - 10) . أما تفاوت التركيز في المساكن فهو أكبر من ذلك بكثير كما هو مبسوط في الباب الآتي. أما في البلدان العربية فقد كانت المعدلات منخفضة، تراوحت بين 22 و52 بيكريل/م^3 إلا في المغرب فقد كان المتوسط 71 بيكريل/م^3. والجدول (5 - 9) يوضح متوسط وأعلى تركيز وجد لغاز الرادون في مساكن بعض الدول العربية، ويتبين فيه أن جميع المعدلات في هذه الدراسات المحدودة هي -والحمد لله- دون الحدود الدولية، إلا أنه وجد في مساكن معظم الدول مستويات لغاز الرادون تجاوزت الحدود الدولية البالغة 200 بيكريل/م^3. ومن المتوقع اكتشاف مستويات أعلى من هذه، عند التوسع في المسح الإشعاعي لغاز الرادون في المساكن.

obeikandl.com

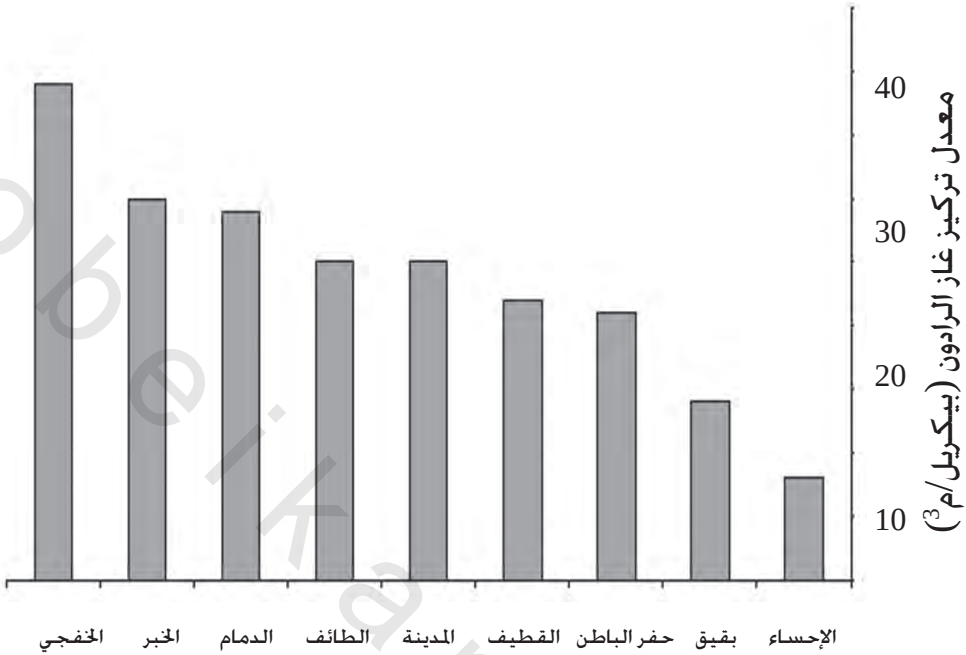
جدول (5 - 9) متوسط وأعلى تركيز لغاز الرادون في مساكن بعض الدول العربية.

الدولة	معدل التركيز بيكريل/م3	أعلى تركيز بيكريل/م3
الأردن (10)	52	836
السعودية (9)	22	535
المغرب (11)	71	532
سورية (12)	44	520
تونس (13)	40	392
اليمن (14)	42	275
الكويت (15)	33	242
الجزائر (12)	30	140
غزة ـــ فلسطين (12)	34	105
مصر (16)	48	84
قطر (17)	23	42



شكل (5 - 8) توزيع تركيز غاز الرادون في المساكن التي درست في المملكة العربية السعودية (9).

obeikandl.com



شكل (5 - 9) معدل تركيز غاز الرادون في المدن السعودية، مرتباً من الأدنى إلى الأعلى (9).

ومعدلات التركيز في دول آسية منخفضة ما عدا في أرمينيا وإيران، وكذا الحال في الأمريكتين ما عدا المكسيك. وتعاني معظم الدول الأسكندينافية من ارتفاع تركيز هذا الغاز في كثير من مساكنها، لذا كانت معدلات التركيز فيها مرتفعة عموماً، وكذا الحال في معظم الدول الأوروبية، والمعدلات منخفضة في دول شرق آسية وفي أُستراليا ونيوزيلندا كما هو مبين في الجدول (5 - 10).

5 - 4 المستويات المرتفعة لغاز الرادون في المساكن

تعاني كثير من الدول في العالم الغربي من ارتفاع نسبة غاز الرادون في المساكن، فقد وجد أن المعدل في الولايات المتحدة الأمريكية هو 46 بيكريل/م^3 في حين يقدر أن هناك ثمانية ملايين مسكن يزيد تركيز الرادون فيها على 150 بيكريل/م^3 (68). وكان لاكتشاف التركيز المرتفع لغاز الرادون في المساكن في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1984م قصة، وذلك عندما دق جرس إنذار الإشعاع

في محطة (ميرك) للطاقة النووية في مقاطعة بنسلفانيا عند دخول أحد المهندسين العاملين إلى المحطة، وتبين بالتحري أن السبب في ذلك هو الارتفاع الكبير للإشعاعية في مسكنه، وبالتحديد غاز الرادون وولائده، حيث قدر بنحو 100,000بيكريل/م^3. وتبين أن مصدر هذه الإشعاعية هو وجود عروق لخام اليورانيوم أسفل مسكنه. (7, 39). وقيس تركيز غاز الرادون في 18,000 مسكناً بولاية بنسلفانيا، ووجد أن 59% من المساكن يزيد التركيز فيها على 150 بيكريل، وهو الحد الذي وضعته الوكالة الأمريكية لحماية البيئة للمساكن في الولايات المتحدة الأمريكية، وفي 12% من المساكن زاد على 740 بيكريل/م^3، وفي 0,6% تجاوز 7400 بيكريل/م^3 (7).

وفي السويد يقدر معدل تركيز الغاز في الفيللات بنحو 120 بيكريل/^{3}، في حين كان تركيزه في 2% من المساكن يزيد على 740 بيكريل/م^3. وفي فنلندا وصل ذلك المعدل إلى 120 بيكريل/م^3، وكان تركيز الرادون في 2% من المساكن يزيد على 740 بيكريل/م^3، وفي الدنمارك وصل المتوسط في الصيف 30 بيكريل/م^3، وفي الشتاء حيث تقل التهوية، يزداد إلى ثلاثة أضعاف (90 بيكريل/م^3). وفي ألمانية كان المعدل 50 بيكريل/م^3، وكان تركيز غاز الرادون في 2% من المساكن يزيد على 500 بيكريل/م^3. أما تركيز الغاز في الهواء الطلق فقد تراوح بين 1,1 و17 بيكريل/م^3، وبمعدل عام بلغ 6 بيكريل/م^3. هذا وقد وتراوح معدل نسبة إشعاعية ولائد غاز الرادون إلى إشعاعية الغاز في المساكن بين 0,3 و0,4. وفي هولندا وصل المعدل 24 بيكريل/م^3، ووجدت بيوت قليلة زاد تركيز الرادون فيها على 370 بيكريل/م^3. أما في المملكة المتحدة فقد بلغ معدل تركيز الغاز 20 بيكريل/م^3، ما عدا في منطقة كورنيل فقد بلغ المعدل 390 بيكريل/م^3، وفي كل من أسكتلندا وإيرلندا كان المعدل 43 بيكريل/م^3، ووجد تركيز لغاز الرادون يزيد على 110 بيكريل/م^3. وفي دراسة أولية للمساكن البلجيكية بلغ معدل الرادون 41 بيكريل/م^3. وفي فرنسة بلغ المعدل 62 بيكريل/م^3، وكان التركيز يزيد على 200 بيكريل/م^3 في 2% من المساكن. أما في كندا فقد تراوح معدل تركيز الرادون في 18 مدينة بين 5,2 و27 بيكريل/م^3. أما في مدينة بورت هوب حيث توجد مصانع تنقية الراديوم واليورانيوم التي كانت تعمل منذ الثلاثينيات الميلادية من

القرن الماضي فقد زاد تركيز الرادون في 19% من مساكنها على 74 بيكريل/م^3. أما في اليابان فقد وجد أن معدل تركيز غاز الرادون في 251 مسكنا هو 19 بيكريل/م3، وفيها 2% من المساكن زاد تركيز الغاز فيها على 110 بيكريل/م^3 (34).

وفي كوريا الجنوبية أجرى مسح إشعاعي وطني لقياس تركيز غاز الرادون، وكان معدل تركيزه في هذه المساكن هو 53 بيكريل/م^3، ووجد أن التركيز في 1,7% من المساكن يزيد على 200 بيكريل/م^3. وفي إسبانية أجري مسح إشعاعي وطني أيضا، ووجد أن معدل تركيز عاز الرادون في المساكن هو 45 بيكريل/م^3، وكان هناك تفاوت كبير في تركيزه، حيث تراوحت بين 10 و15,400 بيكريل/م^3. وفي الصين كان معدل تركيز غاز الرادون في 295 مسكناً هو 73 بيكريل/م^3. وقيس تركيزه في مقاطعتين في تايلاند ووجد أن المعدل في المقاطعة الأولى هو 21 بيكريل/م^3، أما في الثانية فكان 22 بيكريل/م^3. وقيس تركيزه في المساكن في الهملايا، ووجد أنه يتراوح بين 7 و191 بيكريل/م^3، ووجد أن تركيز غاز الرادون وولائده كان أعلى في فصل الشتاء منه في فصل الصيف. وقيس تركيز غاز الرادون في المناطق التي تستخدم طاقة الأرض الحرارية في منطقة (دكلي) وفي مدينة تكراج بتركيا، ووجد أن معدلات الرادون في مساكنها تتراوح بين 73 و134 بيكريل/م^3 (12، 20).

يتبين لنا من هذا المسح الواسع لتركيز غاز الرادون في المساكن في دول العالم، وجود التركيز المرتفع لهذا الغاز في المناطق ذات المعدلات المنخفضة.

والمصدر الرئيس للإشعاعية في منطقة رام سار بإيران هو مياه الينابيع الحارة التي تحتوي نسب مرتفعة من الراديوم، وتستخدم هذه الينابيع في العلاج من قبل المواطنين والزوار! وبلغ تركيز غاز الرادون في غرف نوم أحد مساكن المنطقة 20,000 بيكريل/م^3 تقريبا، حيث بنيت جدرانه الداخلية من مواد حاوية على تركيز مرتفع من العناصر المشعة، وبخاصة الراديوم – 226، وفي فنلندا اكتشف لحد الآن 6600 مسكناً تجاوز تركيز غاز الرادون فيها 400 بيكريل/م^3، وهو حد التدخل في البلد، وتقدر نسبة الفيللات التي يتجاوز تركيز غاز الرادون فيها على 400 بيكريل/م^3 بنحو 5%، وفي الشقق 0,8%، أما تقدير الفيللات التي تجاوز التركيز فيها 800

بيكريل/م^3 فهو 1,4%، وفي الشقق 0,3%، وهذه الشقق ذات التركيز المرتفع من غاز الرادون هي عادة في الطوابق السفلية الملصقة بالأرض. أما الشقق في الطوابق العلوية التي وجد فيها تركيز مرتفع للرادون، فكان سببه مواد البناء، وكانت نادرة (39). وفي أيرلندا حيث أجري قياس لتركيز الرادون في 11319 مسكناً في أنحاء البلد، وجد أن التركيز يتراوح بين 10 و1924 بيكريل/م^3، وقدر أن هناك 91000 مسكناً يزيد التركيز فيها على 200 بيكريل/م^3، وهو حد التدخل في البلد (19).

وفي النرويج قيس 75000 مسكناً، و وجد أن معدل تركيز الرادون فيها 73 بيكريل/م^3، وفي 9% من المساكن يزيد على 200 بيكريل/م^3، وفي 3% منها تجاوز 400 بيكريل/م^3 (21). وقد اكتشف تركيز مرتفع، وصل حتى 50000 بيكريل/م^3 في الأرضيات ذات النفاذية العالية.

وقيس تركيز غاز الرادون في 730 روضة و890 مدرسة في سلوفينيا، فوجد أنه يزيد على 400 بيكريل/م^3 في 45 روضة و78 مدرسة! وفي جمهورية التشيك قيس تركيز الغاز في أكثر من 130000 مسكنا ومدرسة وروضة، ووجد أنه يزيد على 400 بيكريل/م^3 في 20000 منها، وهو حد التدخل في البلد (20). والجدول (5 - 10) يبين متوسط وأعلى تركيز وجد لغاز الرادون في مساكن العديد من بلدان العالم، حيث تراوح معدل التركيز بين 10 و184 بيكريل/م^3.

openkandil.com

جدول (5 - 10) متوسط وأعلى تركيز وجد لغاز الرادون في مساكن البلدان (بيكريل/م^3) (12).

البلد	معدل التركيز	أعلى تركيز وجد	البلد	معدل التركيز	أعلى تركيز وجد
إفريقية			شمال أوربة		
الجزائر	30	140	الدنمارك	59	1200
مصر (16)	48	84	أستونيا	120	1390
غانا	-	340	فنلندا	120	20000
أمريكة الشمالية			لثوانيا	49	1900
كندا	34	17200	النرويج	73	50000
المكسيك	140	1193	السويد	108	84000
أمريكة	46	-	غرب أوربة		
أمريكة الجنوبية			النمسا	-	190
الأرجنتين	37	211	بلجيكا	48	12000
تشيلي	25	86	فرنسة	62	4690
بارجواي	28	51	ألمانية	50	>10000
شرق آسية			أيرلندا	89	7000
الصين	24	380	لكسمبورج	110	2500
هونغ كونغ	41	140	هولندا	23	380
تايوان	17	32	سويسرا	75	10000
الهند	57	210	المملكة المتحدة	20	17000
أندونيسيا	35	165	أوربة الشرقية		
اليابان	16	310	بلغاريا	-	250
كازاخستان	10	5000	التشيك	58	10435
جمهورية كوريا	53	1350	هنغاريا	107	1990
ماليزيا	14	20	بولندا	49	1300
باكستان	30	83	رومانيا	25	564
الفلبين	23	62	سلوفاكيا	87	3750
تايلاند	23	480	جنوب أوربة		
غرب آسية			ألبانيا	120	270
أرمينيا	104	216	كرواتيا	35	92
إيران	82	3070	قبرص	7	78
الكويت (15)	33	242	اليونان	73	490
فلسطين (غزة)	34	105	إيطاليا	75	1040
السعودية (9)	22	535	مونتينيكرو	184	1128
سورية	44	520	البرتغال	62	2700
المحيطية			سلوفينيا	87	1330
أستراليا	11	420	أسبانية	90	15400
نيوزيلندا	22	80			

openkandil.com

يتبين لنا من هذا المسح الواسع لتركيز غاز الرادون في داخل مساكن عدد كبير من دول العالم، أن هناك الملايين منها تعاني من هذه المشكلة (47)، وتحتاج إلى معالجة، بعد أن أثبتت الدراسات الحديثة أن غاز الرادون في المساكن من مسببات مرض سرطان الرئة، وأن خطر الإصابة به يزداد طردياً مع ازدياد تركيز هذا الغاز المشع.

obeikandl.com