الفصل الرابع

الإشعاع الذري للرادون

٤ـ١ الرادون ومصادره

٤ـ٢ مخاطر الرادون

٤ـ٣ الرادون في المملكة العربية السعودية

٤ـ٤ وسائل تقليل تركيز الرادون.

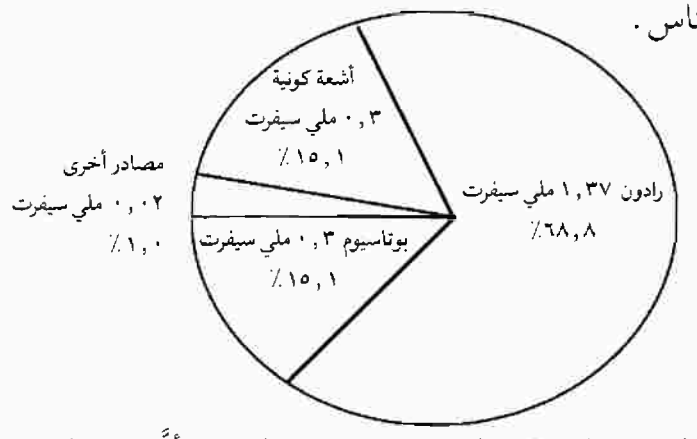
الفصل الرابع

الإشعاع الذري للرادون

عاش الإنسان منذ خلقه مع قدر معين من الإشعاع الذري الطبيعي، الذي يصل إليه من ثلاثة مصادر طبيعية رئيسة كما سبقت الإشارة، وهي أولا الأشعة الكونية والنشاط الإشعاعي الطبيعي في صخور القشرة الأرضية، والإشعاع الطبيعي في داخل الجسم البشري.

وقد أخذت الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان في الازدياد، وذلك بعد اكتشاف ظاهرة الإشعاع الذري عند مطلع هذا القرن، واستخدم هذا الإشعاع في المجالات الطبية والصناعية والزراعية والعسكرية المختلفة، بالإضافة إلى مجالات توليد الطاقة وغيرها، وتسمى مصادر الإشعاع هذه بالمصادر المصنعة تمييزاً لها من غيرها من المصادر الطبيعية للإشعاع الذري.

الشكل (٤ ـ ١) يوضح نسب مشاركة مصادر الإشعاع الطبيعية في الجرعة الإشعاعية لعموم الناس.



شكل (٤ ـ ١) الجرعة الإشعاعية السنوية من المصادر الطبيعية المختلفة وتبين أنَّ مشاركة الرادون هي حوالي ٧٠ ٪ (٧)، وقيم الجرع المذكورة هنا تختلف عمَّا نشرته اليونسير (٤).

وفي هـذا الفصل سوف نتنـاول إشعاعيـة غاز الرادون المـوجود فـي الطبيعة والذي يتـركز خصوصا في المبـاني، من مساكن ومكاتب ومصانع أو غيـرها، وذلك نظرا لأهمية الجرعة الإشعاعية التي يسببها لعـموم النـاس، والتي أُثبتت خطورتها في إحـداث سرطان الرئـة حيـث تزداد نسبة حدوثـه طرديًّا مع مقدار ما يستنشقه الإنسان من الرادون والنظائر الوليدة لـه (نواتج تحلله).

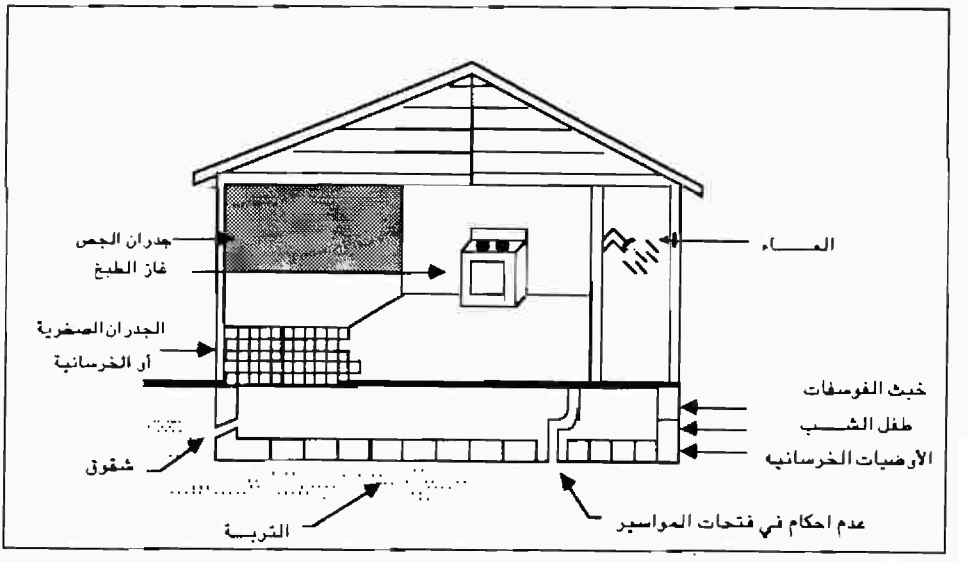
٤ ـ ١ الرادون ومصادره :

ثبت حـديثاً أن أهم مصـدر من مصـادر الإشعاع الـذري الطبيعي هو غـاز عديم اللون والطعم والـرائحة يثقل الهواء بسبعة أضعـاف ونصف، يدعى غاز الـرادون، وقد اكتشف هـذا الغـاز في أوائل القـرن العشرين، ويشكل معـدل الجرعة الإشعاعيـة التي يسببها هذا الغاز ووليداته لعمـوم الناس حوالي نصف مكافئ الجرعة الإشعاعية من المصادر الطبيعية مجتمعة، ومعظم هذه الجرعة نـاتجـة عن استنشـاق النـويـدات المشعـة للـرادون والمـوجـودة في الهـواء، وخصوصاً داخل المباني؛ حيث يرتفع فيها معدل تركيزه.

ولغاز الرادون نظيران مهمان هما النظيـر «رادون ـ ٢٢٢» وهو أحد النويدات المتولـدة في سلسلة تحلل «اليـورانيوم ـ ٢٣٨»، الـذي يوجـد في جميع أنواع الصخور والتربة بنسب متباينة، وتبلغ عـادة عدة أجزاء بالمليون وزناً، والآخر: هو «رادون ـ ٢٢٠» المتـولد في سلسلة تحلل «الثوريوم ـ ٢٣٢» والـذي يوجد كذلك في أنواع التربة والصخـور. والنظير «رادون ـ ٢٢٢» أكثر عشرين ضعفا من الرادون ـ ٢٢٠ من حيث مشاركته في الجرعة الإشعاعية لعموم الناس.

ويطلق على النظيـرين معـاً ونتـائج تحللهمـا [أي النظـائر المتـولـدة عن تحللهمـا] هنا اسم الـرادون. ومعظم الجـرعـة الإشعاعيـة للـرادون مصدرهـا وليدات الرادون وليس غـاز الرادون نفسه، وذلك لأن هذه الـولائد مشعة أيضاً

ولكنها لا تشبه الرادون من حيث إنها ذرات لعناصر ثقيلة تلصق نفسها بسهولة بكل ما تلامسه، مما جعل الخطر الرئيسي ينبع من استنشاق ولائد الرادون أو ذرات الغبار التي تحملها، حيث تمكث ولائد الرادون في الرئة معرضة إياها للإشعاع. ومن الجدير بالذكر هنا أن الدخان ـ ومنه دخان السجائر ـ يساعد على بقاء وليدات الرادون في الهواء مما يؤدي إلى استنشاقها مع الدخان والتعرض لإشعاعها.



شكل (٤ ـ ٢) مصادر الرادون في المساكن (٨) . .

يتسرب الرادون من الأرض إلى الهواء لأن تركيزه في هواء التربة يبلغ عشرات أضعاف تركيزه في الهواء الخارجي [٩]، وتأتي المشاركة الرئيسة للتعرض الإشعاعي لغاز الرادون من داخل المباني حيث يتركز الرادون (شكل ٤ ـ ٢)، وفي الأجواء المعتدلة من العالم يبلغ معدل تركيز الرادون داخل المباني ثمانية أضعاف تركيزه خارجها، والناس عموما يقضون معظم أوقاتهم داخل المباني.

إن الذي يحدد تركيز الرادون في المباني هو معدل ما يدخلها من الرادون من المصادر المختلفة يطرح منه ما يمكن أن يزال منه عن طريق التهوية خصوصا .

يتركز الرادون في الهواء داخل المباني لأنها تعتبر مغلقة ، فإذا ما دخل الرادون المبنى بتسربه من الأرض أو من مواد البناء فإنه يمكن أن يتراكم فيها محدثا تركيزا عاليا للإشعاع ، وخصوصا إذا كان المبنى مشيدا على أرض ذات إشعاعية عالية .

إنَّ اكتشاف التركيز العالي من غاز الرادون في المباني في ازدياد مستمر، ففي نهاية السبعينات اكتشفت في مباني كل من السويد وفنلندا تركيزات تزيد خمسة آلاف ضعف عن التركيزات المعتادة في الهواء الخارجي ! وفي بداية الثمانينات اكتشفت مساكن في كل من أمريكا وبريطانيا بداخلها تركيزات للرادون تزيد خمسمائة ضعف عن تركيزه في الهواء الخارجي ، وبلغت تركيزات الرادون في بعضها الحدود المكتشفة في كل من السويد وفنلندا . وقد كان لاكتشاف مساكن التركيز العالي للرادون في ولاية بنسلفانيا بأمريكا مصادفة غريبة ، وذلك عندما ذهب أحد المهندسين العاملين في محطة الطاقة الذرية «لمرك» ذات يوم إلى بيته وهو يحمل معه جهاز إنذار إشعاعي فدقَّ جهاز الإنذار وهو في البيت وتبيّن أن السبب نتيجة ارتفاع الإشعاعية في منزله (٨).

إنَّ تركيزات غاز الرادون في المواد المختلفة تتباين بتباين نوعية المادة فالأخشاب مثلاً تطلق القليل جدًّا من الرادون بينما تطلق الصخور الجرانيتية إشعاعية عالية ، وبينهما مواد بناء متوسطة الإشعاعية . ومع ما لمواد البناء من الأهمية في إنتاج الرادون ، تظل أرضيات الأبنية هي المصدر الأهم لغاز الرادون

في داخل تلك الأبنية، فإذا كانت الأرضيات ذات إشعاعية عالية من الرادون فإن نسبة ما يتسرب منه إلى داخل المباني ستكون مرتفعة. وهذا يؤدي بدوره إلى رفع مستوى تركيزه فيها.

شكل (٤ ـ ٣) النشاط الإشعاعي المعتاد للراديوم في بعض مواد البناء (٤).

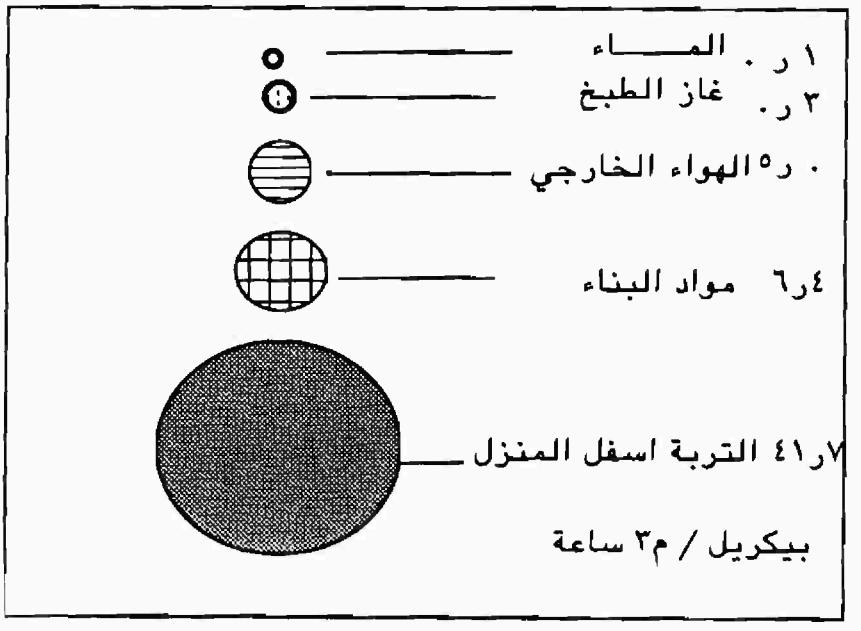
ينخفض تركيز الرادون في الطوابق العليا للمباني المتعددة الطوابق عنه في الطابق الأرضي، وقد وجد في مسح إشعاعي أجري في النرويج أن بعض المساكن الخشبية فيها تركيزات لغاز الرادون يزيد عما في المباني الخرسانية بالرغم من أن الخشب لا يطلق الرادون إلا قليلاً، وكان تعليل ذلك إلى أن البيوت الخشبية تتألف ـ في العادة ـ من طابق أو طابقين مما يجعل غرفها أقرب من البيوت الخرسانية إلى الأرض التي تمثل المصدر الرئيس للرادون.

إنَّ سمك أرضيات المباني وشدة ترابطها تحدد مقدار ما يدخلها من الرادون الذي تطلقه الأرض، ولهذا يمكن تقليل تركيزات الرادون في المساكن بغلق

شقوق الأرضيات والجدران إن وجدت، وطلاء الجدران بالصبغ الزيتي أو لصق ورق الجدران عليها.

إنَّ كلا من الماء وغاز الطبخ لا يعد مصدراً مهمًّا لغاز الرادون في المساكن كما هو موضح في (شكل ٤ ـ ٤). إذ إن تركيزات الرادون في الماء منخفضة جدا، ولكن بعض مصادر المياه، وخاصة مياه الآبار العميقة، تحوي تركيزات عالية لهذا الغاز.

إنَّ أعلى تركيز وجد لغاز الرادون في الماء هو مائة مليون بيكريل في المتر المكعب. ويظل هذا التركيز قليلا نظرا لأن نسبة ضئيلة جدا منه يستنشقها الإنسان. وتقدر لجنة الأمم المتحدة المسؤولة عن تأثيرات الإشعاع الذري أن أقل من ١٪ من الناس يستهلك ماء يحوي تركيزات للرادون تزيد على مليون بيكريل بالمتر المكعب، وأقل من ١٠٪ من الناس يشربون ماء بتركيز يزيد على ١٠٠,٠٠٠ بيكريل بالمتر المكعب.



شكل (٤ ـ ٤) مشاركة مصادر الرادون المختلفة في منزل مثالي (٤).

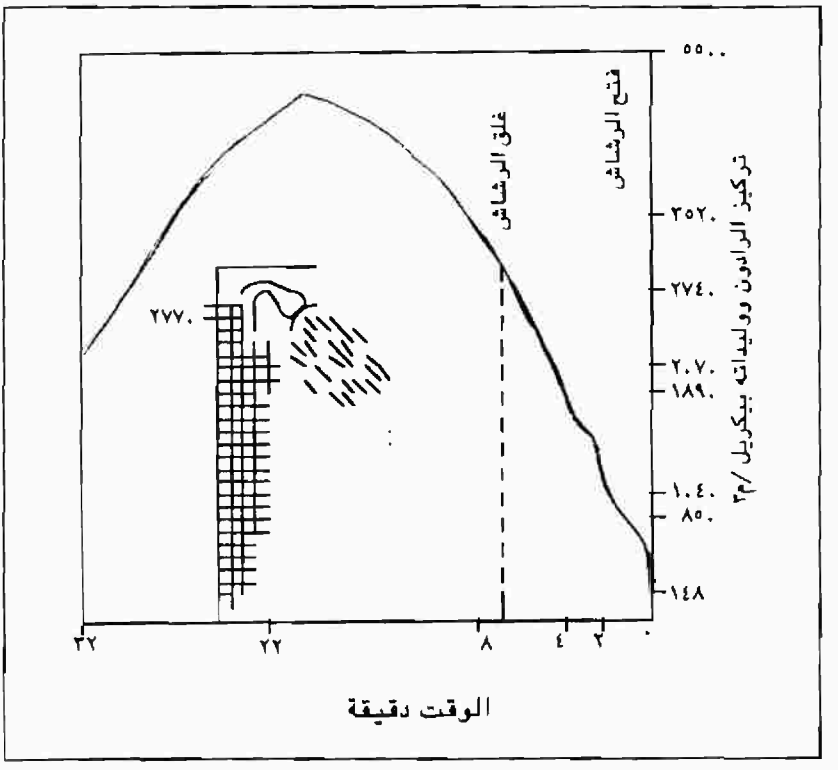
إنَّ المشكلة الرئيسة للرادون لا تكمن في شرب الماء المحتوي عليه حتى ولو كان تركيزه في الماء عالياً؛ وذلك لأن الناس عموما يستوفون حاجتهم من الماء من غذائهم وشرابهم الحار مثل الشاي والقهوة، وعملية غلي الماء أو الطبخ به يؤدي إلى طرد الرادون الذي يحتويه، ولهذا فإن معظم الرادون الداخل إلى الجسم يأتي من شرب الماء البارد، وهذا سرعان ما يتخلص الجسم منه.

يدخل الرادون إلى الغاز الطبيعي (غاز الطبخ والتدفئة) من الأرض، لكن عمليات المعالجة والخزن تزيل الرادون الموجودة في الغاز الطبيعي قبل أن يصل إلى المستهلك، ومع هذا فإن تركيز الرادون في المساكن يمكن أن يزيد بشكل ملحوظ إذا أحرق الغاز في أفران أو سخانات عديمة التهوية. أما إذا كانت ذات تهوية خارجية فإن الزيادة تكون طفيفة.

إنَّ الخطر الأشد للرادون الموجود في الماء يكمن في استنشاق الإشعاعية المنطلقة منه وخصوصا في الحمام. ففي إحصائية أجريت في المساكن الفنلندية وجد أن معدل تركيز الرادون في الحمامات يبلغ ثلاثة أضعاف معدلاتها في المطبخ حيث يستخدم الماء بقدر أقل، وتركيزه في الحمامات أعلى من تركيزه في غرف النوم بمقدار أربعين مرة. وفي دراسة أجريت بكندا تبين أن كمية الرادون ومشتقاته في هواء الحمام تزداد بسرعة خلال سبع دقائق من أخذ حمام دافئ ثم تأخذ مدة تزيد على ساعة ونصف حتى تتراجع مستوياته إلى المستوى الأصلي [شكل (٤ ـ ٥)].

إنَّ إجراءات توفير الطاقة يمكن أن تسبب زيادة تركيزات الرادون بشكل ملحوظ، فعزل المسكن ومنع التيارات الهوائية فيه تقلل من تهويته (سواءً للحفاظ على البرودة أو الحرارة في المنزل) لكن هذا الإجراء يسمح في الوقت نفسه للرادون بالتراكم. والمساكن السويدية ذات عوازل حرارية محكمة ولهذا يلاحظ تراكم الرادون فيها خصوصا، ولسنوات عدة لم يكن يعتقد أن الرادون

يشكل معضلة في هذا البلد مع استخدام طَفَل الشب في البناء، ولكن منذ بداية الخمسينات ومعدل التهوية في المساكن السويدية في انخفاض مستمر لتوفير الطاقة، إذ انخفضت معدلات التهوية بين عامي ١٩٥٠م و ١٩٧٠م إلى أقل من النصف فتضاعف تركيز الرادون في المساكن إلى ما يزيد على ثلاثة أضعاف.



شكل (٤ ـ ٥) تركيز الرادون ووليداته في الهواء الداخلي لحمام خلال الاستحمام برشاش دافئ لمدة سبع دقائق في مسكن بكندا.
وكان تركيز الرادون بالماء ٤٤٠٠ بيكريل / م٣ (١٠).

وتقدر نسبة المنازل التي تحوي تركيزات لوليدات الرادون بين ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ بيكريل/ م٣ بحوالي ٠,٠١ إلى ١,٠٪ من مساكن العالم، مما يعني أن عددا كبيرا من الناس قد يتعرضون لتركيزات عالية من إشعاع الرادون ووليداته في منازلهم. وحتى في البلدان التي يشكل الرادون فيها مشكلة أقل

مما هي في السويد تبلغ مشاركة الرادون ثلاثة أرباع مكافئ الجرعة التي يتعرض لها السكان، ومصدره منازل يبلغ تركيز الرادون فيها أقل من ١٠٠ بيكريل/ م^{٣}.

٤ ـ ٢ مخاطر الرادون :

من المتفق عليه الآن أن وجود غاز الرادون المشع داخل المباني هو المصدر الرئيس للتعرض الإشعاعي في البيئة. وإذا أخذنا الناس ككل فإن معدل الجرعة الإشعاعية المؤثرة من الرادون تعادل حوالي نصف مكافئ الجرعة الإشعاعية من المصادر الطبيعية الأخرى مجتمعة وهي أكثر بكثير من الجرعة الإشعاعية الناتجة عن النشاطات الصناعية ومن ضمنها مفاعلات الطاقة النووية[١١].

ولقد جذب خطر غاز الرادون المشع على صحة الإنسان من اهتمام الوسط العلمي منذ العقد الماضي نظراً لما يسببه من أمراض سرطان الرئة، وقد قدر العلماء حدوث بين خمسة وعشرين ألف حالة وفاة سنويًّا بسرطان الرئة في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها بسبب غاز الرادون المشع ووليداته، فإذا أخذنا متوسط الهلاك السنوي للأمريكيين بسرطان الرئة الذي يسببه غاز الرادون ووليداته بعشرة آلاف حالة فإن هذا العدد لا يمثل أكثر من ٧٪ من الحالات الكلية لسرطان الرئة في أمريكا في حين تقدر نسبة هذه الحالات الناتجة عن التدخين حوالي ٨٣٪ أي بحوالي ١١٣٠٠٠ حالة هلاك في السنة ![٨].

منذ العصور الوسطى كان معروفاً بين عمال المناجم في بعض مناطق جنوب ألمانيا وفي تشيكوسلوفاكيا مرض يدعى «مرض الجبل»، وهي مناجم للمعادن إلا أنها تحتوي على اليورانيوم، وقد قدر تركيز غاز الرادون المشع في مناجم جنوب ألمانيا ما بين ١٠٠,٠٠٠ و ٦٠٠,٠٠٠ بيكريل/ م^{٣} وهذه تركيزات عالية جدًّا. وبلغ عدد الوفيات بسرطان الرئة بين عمال تلك المناجم

في الفتـــرة من ١٨٦٩ إلى ١٩٣٥م أربعمـائة حـــالـة في حين كـــان مجمـوع العاملين عام ١٨٧٩م هو ٦٥٠ عاملاً. وبلغت نسبة عمال المناجم الهالكين بسرطـان الرئة في مناجم جكسلـوفاكيـا ٥٠٪ حيث يعتقد أن تركيـز الرادون في مناجمها مشابه لتركيـزه في مناجم ألمانيا، ولم يكن مقبولاً حتى الستينيات من هذا القرن أن سبب هذا السرطان هو الرادون [٨].

كذلـك فإنَّ شرب الماء المحتـوي على نسب عـالية من الرادون يـؤدي إلى تعرض المعـدة لجرعـة إشعاعية، إلا أن نسبـة هذه الجرعـة تقل عن ١٠٪ من الجرعة التي تتعرض لها الرئة نتيجة استنشاق الهواء المحتوي على غاز الرادون المشع ونواتج تحلله، لهذا فإن جرعة المعدة غير ذات أهمية [٨].

ومن جانبٍ آخر فإن للرادون استخدامات مفيدة، فهو يساعد على اكتشاف المعـادن، وفي توقع الهـزات الأرضيـة، وفي دراسة النشـاط البـركاني، وعنـد البحث عن مصادر الطاقة الحرارية الأرضية [٧].

٤ ـ ٣ الرادون في المملكة العربية السعودية :

لقد أجـرى المؤلف مسحاً لقياس تـركيز غاز الرادون في عـدد من المساكن بالمملكـة العربية السعوديـة مع زميله الدكتـور فلاح أبو جراد بـدعم من لجنة البحوث في جامعة الملك فهد للبتـرول والمعادن، وشملت الدراسة عدة مدن بالمنطقـة الشرقية بالإضـافة إلى مدن الـرياض وجدة والطائف. وقـد وجد أن تـركيز غـاز الرادون في المسـاكن التي شملهـا البحث يتراوح مـا بين ٥ و ٣٦ بيكريل/ م^٣، ومعـدل عـام بلـغ ١٠ بيكـريل/ م^٣. وبالـرجوع إلى التـوصيات الدولـيـة بهذا الشأن فإن تـركيز غـاز الرادون داخل هـذه البيوت يعـد في حدود المسموح به دوليًّا.

وبناء على هـذه الدراسة [٩] فإن معدل الجـرع الإشعاعية التي يتعـرض لها الناس بالمملكة من غاز الرادون ووليداته مقارب لمعدل ما يتعرض له القاطنون

في بريطانيا حيث يبلغ تـركيز الرادون ١٢ بيكريل/ م٣، ولكنه أقل مما يتعرض له شعب كل من السويد وألمانيا الغـربية وفنلندا من هذا المصدر من الإشعاع حيث يبلغ تـركيـز الرادون في كل منهـا ٥٢ بيكـريل/ م٣، و٤٠ بيكريل/ م٣، و٣٢ بيكريل/ م٣ على التوالي. ولا تزال الحاجـة ملحة لإجراء مسح إشعاعي أوسع وأعم لغاز الـرادون في المساكن السعـودية لتشمل أكبر عـدد من المدن والمساكن وذلك لـلاطمئنان على مستـوى تركيـز الرادون فيها لمـا فيه سـلامة الجميع. وهذا ما يسعى الباحثان القيام به مستقبلاً.

وتحتوي مياه بعض الآبار الجوفية في المملكـة العربية السعودية على تراكيز عالية جدًّا من غاز الرادون المذاب وذلك نتيجـة وجود عنصر الراديوم في باطن الأرض، وخصوصا في المنطقـة الوسطى، ويظن أنَّ لهذا علاقة بـارتفاع نسبة أمراض السـرطان في تلك المنطقـة. كما أن هنـاك مساحـات كثيرة من أرض المملكة العربيـة السعودية مكونـة من صخور جرانيتيـة غنية باليورانيـوم ظاهرة على سطح الأرض مما يجعل نسبة الراديوم فيها عالية، لذا فإن الرادون المتولد من الراديوم يكون عالياً نسبيًّـا. ومن هذه المناطق بعض الأماكن في جبل شار في منطقة المويلة الـواقعة في الشمال الغربي من المملكة العـربية السعودية، وأماكن أخـرى في جبل سيد في منطقـة مهد الـذهب في المنطقة الـواقعة بين جدة والمدينة المنورة(١٢).

٤ ـ ٤ وسائل تقليل تركيز الرادون :

هناك عـدة طرق مستخـدمة لتقليل تـركيز الرادون في الأمـاكن ذات النسب العـالية من هـذا الغاز المشع، أحـدهـا بإزالة مصـدر الرادون إن أمكن ـ مثل مخلفات مناجم اليـورانيوم ـ من المناطق القـريبة من أسس المباني، أو بغلق القنوات التي يدخل منهـا الرادون إلى المبنى كالشقوق وفتحات مـواسير المياه والمجاري، أو بتهويـة التربة أسفل المبنى في المباني التي يوجـد تحتها فراغ

بين الأرضية والطابق الأرضي، أو بتهوية المبنى بالهواء الخارجي عن طريق النوافذ. أما الطريقة الأخرى المستخدمة فهي معالجة هواء المبنى بتنقيته من الرادون عن طريق استخدام المرشحات المناسبة، أو بترسيبه له باستخدام الكهربائية المستقرة، أو باستخدام المراوح العمودية التي تزيد من حركة الهواء عن طريق الحمل، أو بغيرها من الطرق المستحدثة المناظرة لها [١٣، ١٤].

ولتجنب حدوث تركيزات عالية للرادون في المباني التي ستبنى في المستقبل يوصى بتجنب استخدام مواد البناء التي تطلق كميات كبيرة من هذا الغاز المشع، وتجنب بناء المباني في الأراضي ذات الإشعاعية العالية للرادون، لأن نسبة ما يتسرب منه إلى داخل المباني ستكون مرتفعة وهذا يؤدي من ثم إلى رفع تركيزه [٧].