Architecture and Planning Journal (APJ)

Volume 23 | Issue 1
ISSN: 2789-8547

Article 20

March 2015

ضبط التأثير الإشعاعى لمواد البناء المستخدمة فى مصر

Yasser Al Sayed
مدرس - قسم العمارة - كلية الفنون الجميلة - جامعة حلوان - الزمالك - جمهورية مصر العربية, sarhoffice@yahoo.com

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.bau.edu.lb/apj

Part of the Architecture Commons, Arts and Humanities Commons, Education Commons, and the Engineering Commons

Recommended Citation
Al Sayed, Yasser (2015) "ضبط التأثير الإشعاعى لمواد البناء المستخدمة فى مصر," *Architecture and Planning Journal (APJ)*: Vol. 23: Iss. 1, Article 20.
DOI: https://doi.org/10.54729/2789-8547.1061

ضبط التأثير الإشعاعى لمواد البناء المستخدمة فى مصر

Abstract

إن عالمنا الذى نعيش فيه عالم نشط إشعاعياً منذ الأزل، حيث توجد الإشعاعات فى كل جزء من حياتنا، وقد تحدث بطريقة طبيعية فى الصخور والأتربة المكونة لكوكبنا وفى البحار والمحيطات ويمكن أن تصل إلينا من الإشعاعات القادمة من الفضاء المحيط بنا، وكذلك يمكن أن تتواجد فى الماء الذى نشربه أو مواد البناء المكونة لبيوتنا، وليس هناك من مكان على سطح الأرض يخلو تماماً من النشاط الإشعاعى الطبيعى، وأيضاً قد تحدث الإشعاعات أنتجها الإنسان مثل الأشعة السينية X-Rays، المُشعة الظائر النووية ومحطات توليد الكهرباء بالطاقة الذرية، وفى كاشفات الدخان والحرارة. وكما أن متواجدة منذ الأزل فى البيئة (الهواء والماء والتراب)، فهى مُتواجدة أيضاً فى أجسامنا، بإعتبار أن أجسامنا ليست سوى نتاج لبيئتنا التي نعيش فيها. وعلى هذا فكل أشكال الحياة على الأرض تعتمد على الإشعاع، ولكن بعض أنواع الإشعاع قد تكون خطرة إذا لم يتم التعامل معها بحذر. فالأشعة السينية، على سبيل المثال، تساعد الأطباء على تحديد الأمراض الدفينة وتشخيصها، ولكنها قد تؤدي إلى تدمير الخلايا الحية، مما يؤدي بدوره إلى إصابتها بالسرطان أو موتها. ويمكّن ضوء الشمس النباتات من النمو، وحرارته تدفئ الأرض، ولكنه يسبب أيضاً حرق الشمس وسرطان الجلد. وتستخدم أشعة جاما لعلاج الأمراض بقتل الخلايا السرطانية، ولكنها قد تسبب أيضاً تشوهات الولادة. وتنتج محطات القدرة النووية الطاقة الكهربائية، ولكنها تنتج أيضًا نفايات مشعة قد تؤدى إلى موت الكائنات الحية. وتقدِر الجهات العلمية فى الولايات المتحدة الأمريكية أن الشخص العادى يتلقى جرعات من الإشعاع مقدارها 360 مللى ريم فى السنة وتعتبر نسبة التعرض للإشعاعات الطبيعية 80% والـ 20% الأخرى من الإشعاعات الصناعية. ومنذ سبعينيات القرن العشرين أشارت عدة دراسات إلى أن التعرض المتكرر لجرعات صغيرة من الإشعاع المؤيِّن يمكن أن يسبب متاعب صحية خطيرة، ونتيجة لذلك يطالب الكثيرون بأن يحاط إنتاج واستخدام الإشعاع ذى الطاقة العالية بضوابط صارمة، ويجرى العلماء مزيدًا من الدراسات لتحديد تأثيرات المستويات المنخفضة من الإشعاع على الناس والبيئة نتيجة لبعض الأنشطة الصناعية مثل استخلاص المعادن واستخراج الغاز والبترول وتنقية المياه وعمليات لحام المعادن والتى ينتج عنها كميات كبيرة من المخلفات تحتوى على عناصر مشعة بعضها نشاطها الإشعاعى منخفض وبعضها نشاطها الإشعاعى مرتفع، وفى كلا الحالتين من الضرورى أن يتم حماية البيئة والصحة من هذه الإشعاعات. وهذه المخلفات تنتج بكميات كبيرة جداً ،أحياناً تستخدم كمواد أولية في صناعات أخرى مثل استخدام خبث الحديد في صناعة الأسمنت وبعضها يستخدم في صناعة طوب البناء وصناعة السيراميك، ويستخدم بعضها في رصف الطرق أو الردم حول أساسات المنشآت.

This article is available in Architecture and Planning Journal (APJ): https://digitalcommons.bau.edu.lb/apj/vol23/iss1/20

ضبط التأثير الإشعاعى لمواد البناء المستخدمة فى مصر

السـيد، ياسـر

مقدمة

إن عالمنا الذى نعيش فيه عالم نشـط إشـعاعياً منذ الأزل، حيث توجد الإشـعاعات فى كل جزء من حياتنا، وقد تحدث بطريقة طبيعية فى الصخور والأتربة المكونة لكوكبنا وفى البحار والمحيطات ويمكن أن تصل إلينا من الإشعاعات القادمة من الفضاء المحيط بنا، وكذلك يمكن أن تتواجد فى الماء الذى نشـربه أو مواد البناء المكونة لبيوتنا، وليس هناك من مكان على سـطح الأرض يخلو تماماً من النشـاط الإشـعاعى الطبيعى، وأيضـاً قد تحدث الإشعاعات أنتجها الإنسان مثل الأشعة السينيةX-Rays ، ومحطات توليد الكهرباء بالطاقة الذرية، وفى كاشفات الدخان والحرارة.

وكما أن النظائر المُشـعة متواجدة منذ الأزل فى البيئة (الهواء والماء والتراب)، فهى مُتواجدة أيضـاً فى أجسـامنا، بإعتبار أن أجسـامنا ليست سوى نتاج لبيئتنا التي نعيش فيها .

وعلى هذا فكل أشكال الحياة على الأرض تعتمد على الإشعاع، ولكن بعض أنواع الإشعاع قد تكون خطرة إذا لم يتم التعامل معها بحذر. فالأشعة السينية، على سبيل المثال، تساعد الأطباء على تحديد الأمراض الدفينة وتشخيصها، ولكنها قد تؤدي إلى تدمير الخلايا الحية، مما يؤدي بدوره إلى إصابتها بالسرطان أو موتها. ويمكّن ضوء الشمس النباتات من النمو، وحرارته تدفئ الأرض، ولكنه يسبب أيضاً حرق الشمس وسرطان الجلد. وتستخدم أشعة جاما لعلاج الأمراض بقتل الخلايا السرطانية، ولكنها قد تسبب أيضاً تشوهات الولادة. وتنتج محطات القدرة النووية الطاقة الكهربائية، ولكنها تنتج أيضًا نفايات مشعة قد تؤدى إلى موت الكائنات الحية.

وتقدير الجهات العلمية فى الولايات المتحدة الأمريكية أن الشـخص العادى يتلقى جرعات من الإشـعاع مقدارها 360 مللى ريم فى السـنة وتعتبر نسبة التعرض للإشعاعات الطبيعية 80% والـ 20% الأخرى من الإشعاعات الصناعية.

ومنذ سـبعينيات القرن العشـرين أشـارت عدة دراسـات إلى أن التعرض المتكرر لجرعات صـغيرة من الإشـعاع المؤيّن يمكن أن يسـبب متاعب صـحية خطيرة، ونتيجة لذلك يطالب الكثيرون بأن يحاط إنتاج واسـتخدام الإشـعاع ذى الطاقة العالية بضـوابط صـارمة، ويجرى العلماء مزيدًا من الدراسات لتحديد تأثيرات المستويات المنخفضـة من الإشعاع على الناس والبيئة نتيجة لبعض الأنشـطة الصناعية مثل استخلاص المعادن واستخراج الغاز والبترول وتنقية المياه وعمليات لحام المعادن والتى ينتج عنها كميات كبيرة من المخلفات تحتوى على عناصر مشعة بعضـها نشاطها الإشعاعى منخفض وبعضـها نشـاطها الإشـعاعى مرتفع، وفى كلا الحالتين من الضـرورى أن يتم حماية البيئة والصـحة من هذه الإشـعاعات. وهذه المخلفات تنتج بكميات كبيرة جداً ،أحياناً تستخدم كمواد أولية في صناعات أخرى مثل استخدام خبث الحديد في صناعة الأسمنت وبعضـها يستخدم في صناعة طوب البناء وصناعة السيراميك، ويستخدم بعضها في رصف الطرق أو الردم حول أساسات المنشآت.

الهدف من البحث

نظراً للتوسـع فى اسـتخدام خامات بناء كثيرة ومتنوعة فى البناء فى مصـر دون النظر لتأثير أى منها على المجال الحيوى للإنسـان، وبالتالى مدى توافقها مع الظروف البيئية المحيطة، وحيث أن كل خامة لها درجة إنبعاث إشعاعى تختلف عن الأخرى، لذا تعد المبانى ناتج لتجميع كثير من المواد التى لها درجات إنبعاث إشـعاعى مختلفة، والتى قد تشـكل مجتمعة درجة إنبعاث إشـعاعى يكون لها تأثير سـلبى على المجال الحيوى لمسـتخدميها، ومن ثم يهدف البحث إلى تحسـين البيئة الداخلية للمبانى القائمة بالفعل وكذلك المبانى المستهدف بنائها من خلال التوصل لوسيلة للتحكم في محصلة درجات الإنبعاث الإشعاعى لخامات البناء والتشطيب المستخدمة بها.

منهجية البحث

يقوم البحث بالتعرف على مفهوم الإشـعاع والمواد المشـعة بشكل عام وتأثيرات الإشـعاعات على البيئة والإنسـان، كما يقوم باسـتعراض وتحليل أنواع الإشـعاعات الموجودة فى بعض المواد المسـتخدمة فى البناء بشـكل خاص، ومحاولة التعرف على الأضـرار والسـلبيات التى تقع على مسـتخدمى المنشـآت المسـتخدم فيها هذه المواد، وكيفية تجنب أو تقليل هذه المخاطر والتوصـل إلى بعض التوصيات والقرارات التصميمية.

أولاً : ظاهرة الإشعاع فى التاريخ

إن ظاهرة الاشعاع والمواد المشعة ليست إكتشافاً جديداً بل تعود إلى عصور قديمة جداً، ويبدو أن القدماء كانوا على إلمام واسع بالطبيعة المُشعة للمادة فقد عرفوا أن كل شئ فى الوجود يشع طاقة وليس فقط اليورانيوم أو الراديوم أو الثوريوم أو غيرها من معادن ثقيلة نألفها اليوم. حيث وجد عُلماء الأثار عددا من مخزونات اليورانيوم فى مناطق عديدة حول العالم ويظهر بوضوح أنه قد تم تنقيبها أو أنها قد أستنفذت منذ زمن قديم، وهناك بعض الدلائل الأثرية على هذا ومنها[1] :

- فى قبور الفراعنة كانت المادة المستخدمة فى الحفاظ على الجثث تحتوى على مواد عالية الإشعاع كما أن القماش المستخدم للف المومياء تم اكتشاف أنه نشط إشعاعياً، ومن المحتمل أن تكون غرف الدفن مليئة بالغبار المشع، وقد يكون الكهنة إستفادوا من هذا الأمر لحماية القبور من اللصوص.
- فى الهند 500 قبل الميلاد وصف جهاز غريب عندما يوضع المريض أمامه تقوم جوهرة غريبة بإضاءة جسده تماماً كما تضئ اللمبة ورقة أمامها وبهذا تكشف طبيعة مرضه.
- فى الصين عام 206 قبل الميلاد تحدثوا عن مرآة مستطيلة الشكل تضئ عظام الجسد وأن الصورة التى تعطيها المرآة لأعضاء الجسم لا يمكن أن يعيقها أى جسم.
- فى بيرو فى منطقة تورومويرتو[2] Toro Muerto يوجد رسم على صخرة يظهر فيها رجل مع شكل مستطيل فوق منطقة الصدر وبداخل المستطيل يوجد رسم نموذجى لما يبدو أنه النخاع الشوكى والأضلاع.
- فى أستراليا يوجد لدى السكان الأصليين رسومات تكشف عن أستخدام نوع من الأشعة السينية X تظهر حيوانات وزواحف وأسماك مع أعضائها الداخلية وهياكلها العظمية.

اكتشاف النشاط الإشعاعى

فى عام 1896، اكتشف الفيزيائى الفرنسى أنطوان هنرى بكويريل أن بلورات بعض مركبات اليورانيوم يمكن أن تظلل الألواح الفوتوغرافية حتى فى حالة عدم تعرضها للضوء، وافترض أن اليورانيوم يطلق طاقة على شكل إشعاع. وأوضحت تجارب لاحقة أجراها الفيزيائى البريطانى إرنست رذرفورد أن هذا الإشعاع يتكون من جسيمات سماها جسيمات ألفا وبيتا.

وفى عام 1898، اكتشف الفيزيائيان الفرنسيان مارى وبيير كورى مادتين أخريين تنتجان الإشعاع، أطلقا عليهما اسمى البلوتونيوم والراديوم، وبعد ذلك بسنوات قليلة أوضح رذرفورد أن المواد المشعة يمكن أن تتغير إلى عناصر جديدة بعملية التحول النووى، وقد اشتقت مدام مارى كورى تعبير "النشاط الإشعاعى Radio Activity" للدلالة على مقدرة نوى بعض الذرات على التحول التلقائى إلى نوى أخرى.

وقد سميت المواد التى تنبعث منها هذه الإشعاعات بالمواد ذات النشاط الإشعاعى، وينبعث من هذه المواد ثلاث أنواع من الإشعاعات سميت بالحروف الأولى من أحرف الهجاء اليونانية وهى (الفا – بيتا- جاما)، وهذه الإشعاعات تختلف في خواصها وقوة نفاذها، ويتعرض الإنسان خلال حياته اليومية لنوعين من هذه الإشعاعات (الإشعاعات المؤينة وغير المؤينة)[3].

قبل اكتشاف هذه الظاهرة كانت غالبية العناصر الموجودة فى الطبيعة المكونة للجدول الدورى مثل الأوكسجين والهيدروجين والنحاس والحديد والكبريت واليورانيوم معروفة، وكان يعتقد أنها تشكل اللبنات الأساسية فى بناء الوجود المادى، وأن لكل عنصر حالة واحدة يظهر بها تحدد خواصه الكيميائية والفيزيائية وتؤهله لاحتلال خانة معينة - دون غيرها – فى هذا الجدول، لكن اكتشاف هذه الظاهرة أكد وجود أكثر من حالة فيزيائية (نووية) لكل عنصر من العناصر سميت هذه الحالات **" النظائر"**، وتختلف نظائر العنصر الواحد فى خواصها النووية على الرغم من تطابق خواصها الكيميائية.

وتصنف النظائر عامة تحت عنوانين اثنين :

الأول : **"نظائر مستقرة"** وهى لا تتغير أبداً وتشكل غالبية العناصر الموجودة فى الطبيعة .

الثانى : **"نظائر غير مستقرة أو مشعة"** وهى أقل وفرة فى الطبيعة من النظائر المستقرة، ويرجع سبب عدم استقرارها لوجود طاقة زائدة داخل نوى ذراتها ما يجعلها تسعى دائماً وبشكل تلقائى للتخلص من هذه الطاقة، وعندما تطلقها أو تطلق جزءاً منها نقول أنها تفككت أو اضمحلت، وتنتقل نواة الذرة من حالة إلى حالة أخرى إذا أصدرت أشعة غاما أو أنها تتحول إلى نظير آخر إذا أطلقت أشعة ألفا أو أشعة بيتا.

تعريفات هامة[4] ..

الإشعاع ..

الإشعاع هو إنبعاث الطاقة من المادة وإنتقالها خلال الوسط المحيط فى صورة أشعة أو موجات أو جسيمات صغيرة.

النشاط الإشعاعى ..

---

[1] هنرى موارى، دكتور، أبحاث استثنائية بعنوان "الطبيعة الإشعاعية للمادة"، ترجمة وإعداد علاء الحلبلى.

[2] هي عبارة عن مجموعة من النقوش الصخرية القديمة في الصحراء الساحلية في بيرو، والموقع يحتوى على بعض الصخور البركانية عليها نقوش تعود إلى حضارة الآرى.

[3] حمد عبدالله المعراج، مقدم، الإدارة العامة للدفاع المدنى، المملكة العربية السعودية.

[4] -M. Zalewski, M. Tomczak, J. Kapata, "Radioactivity of Building Materials Available In Northeastern Poland", Department of Biophysics, Medical Academy, Mickiewicza 2A, 15-230 Białystok, Poland.

-Linda Kincaid, MPH, CIH, "New York State", Department of health.

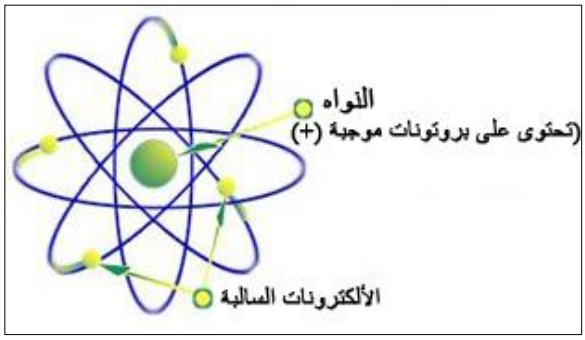
هو خاصية تتمتع بها بعض العناصر (مثل اليورانيوم) أو النظائر مثل (الكربون 14) وتتمثل بإطلاق تلقائى لجسيمات نشطة (مثل الالكترونات أو جسيمات ألفا) أو أشعاعات وذلك نتيجة تفكك نواتها الذرية، ويمكن تعريفه أيضاً بأنه عملية إنبعاث طاقة نتيجة للتلاشى النووى للمادة أوعملية إنتاج إشعاعات كنتيجة مباشرة للإنحلال الذرى.

المادة النشطة إشعاعياً ..

هى مادة تحتوى على ذرات غير مستقرة فتطلق كميات معينة من الطاقة نتيجة عدم توازنها الذرى.

التحلل الإشعاعى ..

هو حالة تداثر المواد الإشعاعية بسبب تفكك النواة أو الإنحلال التلقائى لنواة ذرية معينة من خلال إطلاق إما 2 بروتون مربوطاً ب 2 نيترون وتعرف بإنحلال ألفا Decay Alpha، أو إطلاق إلكترون ويعرف بإنحلال بيتا Beta Decay، وإذا كان جسيم بيتا هو إلكترون موجب لامادى antimatter تسمى عملية الإنحلال بعملية إطلاق البوزيترون Positron Emission، ويترافق الإنحلال الاشعاعى أحياناً بعملية إطلاق أشعة جاما Gamma Rays، ويترافق أيضاً مع تحول النواة الذرية إلى عنصر أخر يكون الأكثر إستقراراً.

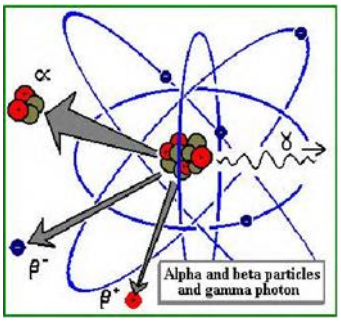


شكل 1 - يوضح تكوين الذرة وانبعاث الإشعاعات.

كيف تنشأ الإشعاعات[1] ..

ولفهم الفرق بين الإشعاع والنشاط الإشعاعى لابد من فهم تركيب الذرة وكيفية تغيرها، فالذرة تتكون من نواة مركزية (Nucleus) تحتوى على بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة ويدور حول هذه النواة عدد من الإلكترونات سالبةالشحنة. ويطلق على عدد البروتونات فى النواة اسم العدد الذرى (Atomic Number) بينما يطلق على مجموع عددالبروتونات + مجموع النيوترونات اسم الوزن الذرى (AtomicWeight).

فى معظم أنوية العناصر الكيميائية يكون عدد البروتونات داخل النواة مساوياً لعدد النيوترونات، وفى بعض أنوية بعض العناصر يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات وتسمى هذه العناصربالنظائر(Isotope)، وهذه النظائر بعضها ثابت لا يتغير تركيبها الذرى بمرورالزمن وعادة تكون لها عدد ذرى منخفض،وبعض هذه النظائر غير مستقرة وغالباً ما تكون أعدادها الذرية عالية وتسمى بالنظائر المشعة وهذه النظائر تلفظ أنويتها دقائق نووية (أى يصدر عنها إشعاعات نووية) تسمى أشعة ألفا، وأشعة بيتا، وأشعة جاما، وبمرور الوقت تتحول هذه العناصر إلى عناصر أخرى أقل وزناً وتختلف فى صفاتها الكيميائية والفيزيائية عن العنصر الأصلى.



شكل 2 - يوضح مكونات الذرة.

مصادر الإشعاع[2] ..

تعتبر الطبيعة بالنسبة لمعظم الكائنات الحية أكبر مصدر للتعرض الإشعاعى، مثل : الأشعة الكونية وهى التي تصل إلى الأرض من الفضاء الخارجى ومن الشمس، والعناصر المشعة فى الطبيعة والتى توجد فى القشرة الأرضية، ومواد البناء، والماء والهواء كذلك يعتبر غاز الرادون من أهم الإشعاعات الطبيعية، ويتسرب غاز الرادون من التربة إلى السطح، وتتفاوت مستويات تركيز هذا الغاز فى الهواء من مكان إلى أخر، كما أن تآكل طبقة الأوزون يزيد من خطورة هذه الأشعة على الإنسان.

[1] OSHA "Occupational safety And Health Administration", U.S, Department of Labor.

[2] حمد عبدالله المعراج، مقدم، الإدارة العامة للدفاع المدنى، المملكة العربية السعودية.

كما يتعرض الإنسان للإشعاع عند تشخيص وعلاج بعض الأمراض بالأشعة، وأيضاً من الأسباب التى تعرض الإنسان لهذه الإشعاعات مشاهدة التلفاز الملون، والسفر بالطائرات، وبعض الساعات الفسفورية، وأجهزة فحص الحقائب فى المنافذ، وأجهزة الإنذار من الحريق المثبت فى المبانى مثل أجهزة كشف الدخان والحرارة، فسكان المجتمعات الحديثة معرضون دائماً لموجات كهرومغناطيسية من صنع الإنسان بترددات مختلفة ومستويات متفاوتة فى الشدة، ويمكن أن تصدر هذه الموجات من خطوط نقل الطاقة الكهربائية، وأفران الميكروويف، وأجهزة الاتصال الجوالة والمحطات القاعدية لنظام الهاتف الجوال، وشاشات الحاسب الآلى، وأجهزة العلاج الطبيعى المستخدمة فى المستشفيات، ومحطات البث الإذاعى والتلفزيونى وأجهزة الإستشعارعن بعد، بالإضافة إلى الأقمار الصناعية. هذا بالإضافة إلى التسرب من المفاعلات النووية نتيجة الأخطاء البشرية، والتفجير والتجارب النووية والحروب، وكذلك تواجد الإنسان بالقرب من أماكن تخزين نفايات مشعة، والحوادث المختبرية.

فئات الإشعاعات التى يتعرض لها الإنسان ..

إن عالمنا عالم نشط إشعاعياً منذ الأزل، إذ أن هناك ما يقرب على الستين نظيراً مشعاً (radio-nuclides) موجودة فى الطبيعة فى واحدة من ثلاث فئات[1] :

أولاً - فئة النظائر المشعة الأصلية (الأولية) (Primordial) الطبيعية ..

يعود أصل المواد المشعة البدائية إلى اللحظة التى خلق فيها الكون (وهذا هو سبب تسميتها بالبدائية)، ولمعظمها متوسط أعمار طويلة جداً.

ثانياً - فئة النظائر المشعة الكونية (Cosmo genic) الطبيعية ..

تنشأ معظم هذه الأشعة من أماكن بعيدة فى الفضاء الخارجى، وينطلق بعضها من الشمس أثناء التوهجات الشمسية، تتعرض الأرض لهذه الأشعة التى تتفاعل مع الغلاف الجوى لتنتج أنواعاً أخرى من الإشعاع ومواد مشعة مختلفة، وفى العادة تسمى الأشعة الكونية قبل تفاعلها مع الغلاف الجوى (بالأشعة الأولية)، وبعد تفاعلها تسمى (بالأشعة الثانوية)، وتتسبب الأشعة الكونية بنحو ربع ما يتعرض له الإنسان من الإشعاع الطبيعى الخارجى.

ثالثاً - فئة النظائر المشعة المنتجة من قبل الإنسان (Human produced) ..

مضى على استخدام الإنسان للمصادر المشعة فى تطبيقاتها المتعددة مائة سنة، قام خلالها بإنتاج نظائر مشعة ومواد نووية جديدة أضيفت إلى المخزون الطبيعى من هذه المواد، إلا أن الكميات المنتجة بواسطة الإنسان قليلة جدا إذا ما قورنت بالمخزون الطبيعى منها، كما أن متوسط عمر معظم المواد المشعة المنتجة بواسطة الإنسان قصير إذا ما قورن بالمواد المشعة الموجودة فى الطبيعة.

أنواع الإشعاع ..

هناك نوعان أساسيان من الإشعاع هما[2] :

أولاً - الإشعاع الكهروضوئى ..

يتكون الإشعاع الكهروضوئى من طاقة على هيئة موجات، وتوجد عدة مصادر للإشعاع الكهروضوئى، فكل المواد المعرضة للتسخين تصبح مصادراً لمثل هذا النوع من الإشعاع. وتنتج الشمس إشعاعًا كهرومغنطيسيًا من التفاعلات النووية التي تحدث في مركزها، وتسخن هذه الطاقة الطبقة الخارجية من الشمس، مما يؤدي إلى توهج الغازات الساخنة، منتجة الضوء وغيره من أنواع الإشعاع، وينتقل هذا الإشعاع الشمسى عبر الفضاء إلى الأرض وغيرها من الكواكب.

ثانياً - الإشعاع الجسيمى ..

يتكون الإشعاع الجسيمى من حبيبات دقيقة من المادة، ويأتي الإشعاع الجسيمى من المواد النشطة إشعاعياً التي يوجد بعضها في الطبيعة، ومنها على سبيل المثال : الراديوم واليورانيوم وغيرهما من العناصر الثقيلة التي توجد في الصخور والتربة، وهناك أيضاً المواد الصناعية النشطة إشعاعياً حيث يستطيع العلماء تحضيرها فى المعمل.

صور الإشعاع ..

تصنف الموجات الكهرومغناطيسية حسب ترددها وطاقتها إلى "أشعة مؤينة" و"أشعة غير مؤينة"[3] :

أولاً - الإشعاعات المؤينة Ionizing radiation ..

هى موجات كهرومغناطيسية لها ترددات عالية جداً (مثل الأشعة السينية وأشعة جاما) وطاقتها عالية جداً لدرجة كافية لإحداث عملية التأين (أى تكوين ذرات أو أجزاء من الجزيئات مشحونة بشحنات سالبة وأخرى موجبة)، ويحدث ذلك عن طريق تحطيم الروابط الذرية التي تربط جزيئات الخلايا بعضها ببعض، وتعرف الإشعاعات المؤينة بأنها قادرة على إزالة الإلكترونات من الذرات وتغيير الهياكل الجزيئية للخلايا، ويمكنها تغيير صورة الحمض النووى الوراثى فى نواة خلية الانسان وتسبب الأمراض الجينية وتسبب السرطان.

ثانياً - الإشعاعات غير المؤينة Non-ionizing radiation ..

[1] OSHA "Occupational safety And Health Administration", U.S, Department of Labor.

[2] حمد عبدالله المعراج، مقدم، الإدارة العامة للدفاع المدنى، المملكة العربية السعودية.

[3] نبيل كاظم عبد الصاحب، أستاذ دكتور، و عمر علي عذاب، دكتور مهندس، "الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على صحة الانسان - دراسة موسعة حول مدى تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على صحة الانسان"، كلية الهندسة، جامعة بغداد، 2012.

الأشعة غير المؤينة هو مصطلح عام يطلق على ذلك الجزء من الطيف الكهرومغناطيسى الذى له طاقة فوتون ضعيفة لدرجة لا تكون فيها قادرة على تحطيم الروابط الذرية، ويشمل هذا الجزء من الطيف كل من الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئى والأشعة تحت الحمراء والتردد الراديوى أو اللاسلكى ومجالات الميكروويف والمجالات ذات الترددات الضعيفة جداً وكذلك المجالات الكهربائية والمغناطيسية الساكنة.

والأشعة الغير مؤينة حتى إذا كانت شدتها عالية لا تستطيع إحداث تأين فى النظام البيولوجى ومع ذلك فهى تسبب آثار بيولوجية أخرى مثل رفع درجة الحرارة أو تغيير مجرى التفاعلات الكيماوية أو تكوين تيارات كهربائية فى الأنسجة والخلايا.

أنواع الإشعاعات المؤينة[1] ..

أولاً - إشعاعات جسيمات ألفا Alpha Particles ..

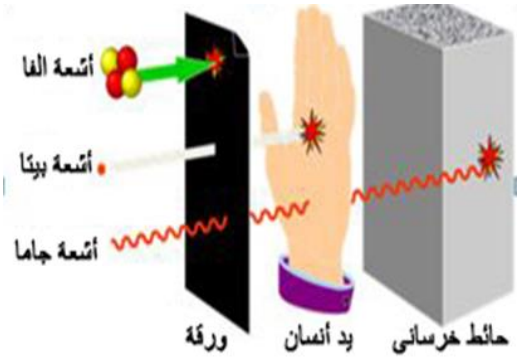
هي عبارة عن جسيمات ثقيلة مشحونة كهربائياً بشحنة موجبة تتحرك فى خط مستقيم، وتنبعث عن ذرات العناصر الثقيلة مثل الراديوم واليورانيوم، وهى ذات قدرة محدودة على اختراق الحواجز ومنها سطح جلد الإنسان ويمكن إيقافها كلياً بواسطة قطعة من الورق حيث أنها تفقد طاقتها بمجرد خروجها من العنصر المشع، ولذلك لا تعتبر جسيمات ألفا ذات ضرر خارج الجسم ولكن من الممكن أن تسبب ضرر كبير إذا تم استنشاق أو بلع المادة المشعة التى تخرج منها أشعة ألفا.

ثانياً - إشعاعات جسيمات بيتا Beta Particles ..

هى عبارة عن الكترونات ذات شحنة سالبة وقدرتها أعلى من إشعاعات ألفا على اختراق الموانع ولها القدرة على اختراق أنسجة جسم الإنسان ومواد أخرى وأكبر قدرة من أشعة ألفا بألف مرة وأسرع بثمان مرات، وبعض دقائق بيتا يمكنها إختراق الجلد وإحداث تلف به وهى شديدة الخطورة إذا تم استنشاق أبخرة أو بلع المادة التى تنبعث منها أشعة بيتا، ويمكن وقف نفاذها بشريحة من مادة الرصاص أو الألمنيوم سمكها 2ملم أو الخشب.

ثالثاً - جسيمات جاما Gamma Particles ..

هى إشعاعات ذات قوة إختراق عالية جداً، ويمكنها بسهولة إختراق جسم الإنسان أو إمتصاصها بواسطة الأنسجة ولذلك تشكل خطراً إشعاعياً عالياً على الإنسان، ويمكن إيقاف إنبعاثها بواسطة الخرسانة أو الرصاص.



شكل 3 - يوضح قدرة الإشعاعات ألفا وبيتا وجاما على الإختراق.

رابعاً - الأشعة السينية أو أشعة إكس X - Rays ..

هى موجات كهرومغناطيسية ذات تردد أعلى من الضوء، وبالتالى فإن طاقتها أكبر من طاقة الضوء، وخواصها شبيهة بخواص أشعة جاما، ولكن تختلف فى المصدر حيث تنبعث أشعة إكس من عمليات خارج نواة الذرة بينما تنبعث أشعة جاما من داخل نواة الذرة، وقوة الإختراق والنفاذية لأشعة إكس أقل من أشعة جاما، وتعتبر أشعة إكس من أكثر مصادر تعرض الإنسان للإشعاع حيث يتم استخدامها فى عديد من العمليات الصناعية الطبية، ويمكن إيقاف قدرتها على الإختراق بواسطة شريحة من الرصاص سمكها مليمترات قليلة.

الإشعاع داخل جسم الإنسان ..

يعتبر الهواء هوالمصدر الرئيسى للجرعة الإشعاعية الطبيعية التى تصل إلى داخل جسم الإنسان ومصدرها الأساسى غاز الرادون المتولد عن التحلل التلقائى لنظير(اليورانيوم238) الموجود طبيعياً فى صخور قشرة الأرض، وبتركيز متفاوت، وبمعدل عام منخفض، كما يوجد فى كثير من مواد البناء،وكذلك الراديوم من ولائد اليورانيوم ويستمر فى توليد غاز الرادون فى سلسلة تفككه الإشعاعى، ويتفاوت تركيزالرادون فى المساكن تفاوتاً كبيرا[2].

وكذلك فإن كلا من الماء والغذاء الذى يتناوله الإنسان من مصادرتلك المواد المشعة، فالتربة التى تمتص منها النباتات تلك المواد مع غيرها من المواد الطبيعية وتدخل فى بنائها، وكذلك بعض الغبار الذى يتساقط على النبات يحوى آثاراً من تلك المواد المشعة، وتصل المواد المشعة إلى داخل جسم الإنسان عن طريق تناوله النباتات أو لحوم الحيوانات التى تتغذى على النباتات وتدخل المواد

[1] نبيل كاظم عبد الصاحب، أستاذ دكتور، و عمر علي عذاب، دكتور مهندس، "الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على صحة الانسان - دراسة موسعة حول مدى تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على صحة الانسان"، كلية الهندسة، جامعة بغداد، 2012.

[2] بحث بعنوان "مستويات غاز الرادون المشع داخل المبانى"، نشر فى دورية "الذرة و التنمية"، الهيئة العربية للطاقة الذرية، المجلد 19، العدد 4، 2007.

المشـعة أيضـاً مع الماء الذى نشـربه حيث تحتوى المياه على آثار قليلة جداً منها، لذلك يوجد فى أجسـامنا بعض العناصـر المشـعة مثل (البوتاسيوم 40) و(الكربون 14) وتسلك المواد المشعة عادة طرقاً معقدة قبل دخولها جسم الإنسان.

يتضـح من الجدول (1) أن نحو 82% من الجرعة السـنوية الفعالة ينتج عن الإشـعاع الطبيعى، كما يتضـح أن معظم هذه الجرعة ينتج عن الرادون، أما الـ 18% الأخرى فسببها الرئيسى هو الأشعة المستخدمة فى التشخيص والمعالجة الطبية، حيث يقل الجزء الناتج عن التساقط النووى وعن محطات القدرة النووية (Nuclear Power Plant) عن الـ 1%.

المصدر	متوسط مكافيء الجرعة السنوية الفعالة (Sv)
الرادون المستنشق ونواتج تفككه	2000
المواد المشعة المشعة الأخرى المترسبة داخل الجسم	390
الأشعة المنبعثة من الأرض (Terrestrial)	280
الأشعة الكونية (Cosmic Radiation)	270
التساقط النووي ومحطات القدرة النووية	10
الجرعة الكلية من المصادر الإشعاعية الطبيعية	2950
الجرعة من المصادر الإشعاعية المولدة صناعيا	600
الجرعة الإجمالية من مختلف المصادر	3550

جدول 1 - يوضح متوسط مكافئ الجرعة السنوية الفعالة من الإشعاع طبقاً للمصدر[1].

قياس الإشعاعات المؤينة :

إحساس الإنسان لا يستطيع أن يكشف عن وجود الإشعاعات التى تصدر عن المادة المشعة أو الجهاز المنتج للإشعاع، لكن هناك أدوات متنوعة تستطيع الكشف والقياس عن هذه الإشعاعات وبدقة عالية.

أولاً - جهاز قياس نسب الإشعاع فى المواد[2] ..

يستخدم جهاز ألمانى الصنع لقياس تحرر الرادون من العينات ولتكن مواد البناء مثلاً حيث يوضع هذا الجهاز وكل عينة من مواد البناء على حدة فى حاو خاص مزود بغطاء محكم يمنع تسـرب الغاز، ومزود بثلاثة توصـيلات كهربائية محكمة، ويسـتخدم الأول والثانى فى توصيل المصدر الكهربائى لكل من جهاز قياس الرادون والمروحة المثبتة فى وسط الغطاء من الداخل التى تستخدم لضمان التوزيع المتجانس لغاز الرادون المتحرر من العينة فى داخل الحاوى، أما التوصيلة الكهربائية الثالثة فهى تربط بين جهاز قياس الرادون فى داخل الحاوى والحاسـوب فى الخارج للتمكن من نقل قراءات الجهاز بصـورة مسـتمرة خلال قياس تحرر غاز الرادون، وملاحظة زيادة تركيزه داخل الحاوى مع الزمن حيث يقاس هذا التركيز كل سـاعة وبمعدل 50 سـاعة تقريباً لكل عينة، ويقوم برنامج خاص فى الحاسـوب بإجراء التحليلات المختلفة للقراءات ومنها حسـاب التركيز النهائى لغاز الرادون داخل الحاوى، وتقدير الخطأ التجريبى فى القراءات، ثم حساب معدل تحرر الرادون فى وحدة مساحة عينات الجرانيت، وحيث أنه تم فى دراسة سابقة قياس تركيز اليورانيوم فى بعض عينات الجرانيت التى خضـعت لدراسـة تحرر الرادون، فقد أمكن دراسـة العلاقة بين تحرر الرادون من عينات الجرانيت وما تحتويه من اليورانيوم.

الصخور	الراديوم بيكريل/م3	الثوريوم 232 بيكريل/م3	البوتاسيوم 40 بيكريل/م3
اليورانيوم الطبيعى	80-25	80-20	1500-620
اليورانيوم الغنى باليورانيوم والثوريوم	500-100	400-40	1900-1200
الصخور الرملية	60-1	40-5	1500-100
الصخور الكلسية	50-40	10-0.5	160-30
الطين الصفحى	125-10	6-5	1800-300
الطين الصفحى الأسود	2000-10	50-10	1800-300
الطين الصفحى الغنى بالألمنيوم	4300-125	40-10	1800-1000
خام اليورانيوم	^{10}25-1200	-	-

جدول 2 - يوضح تركيز الراديوم والثوريوم والبوتاسيوم 40 المشعة فى بعض الصخور وفى خامات اليورانيوم[3].

ثانياً - وحدات قياس الإشعاع[4] ..

- الراد (Rad) : وحدة قياس كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة (جرعة الامتصاص).
- الرونتجن (Roentgen (R : وحدة قياس الأشعة الصادرة ويستخدم أساسا للأشعة السينية.
- الكيوري (CURIE (Ci : وحدة قياس للأشعة الصادرة والكيورى الواحد = 3,7 × 10^{10} انحلال فى الثانية.
- الريم (REM) : وحدة قياس التأثير البيولوجي (الحيوي) للإشعاع الممتص.

[1] OSHA "Occupational safety And Health Administration", U.S, Department of Labor.

[2] Linda Kincaid, MPH, CIH, "New York State", Department of health.

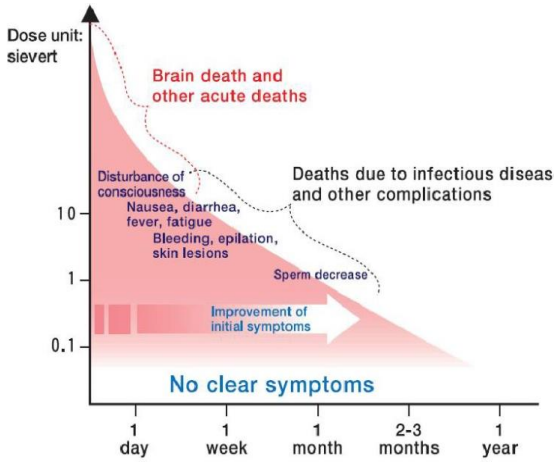
[3] محمد بن إبراهيم الجارالله، أستاذ دكتور، دراسة ميدانية بعنوان "تحرر غاز الرادون من الصخور الجرانيتية فى بناء المساكن فى المملكة"، جامعة الملك فهد، القافلة، العدد التاسع، المجلد التاسع والعشرون، نوفمبر 2000.

[4] OSHA "Occupational safety And Health Administration", U.S, Department of Labor.

- السيفرت SIEVERT(Sv) : من أحدث وحدات قياس التأثير الناتج عن امتصاص الأشعة السيفرت = 100 ريم (One Seivert = 100 REM)، وتعتبر وحدة مللى سيفرت الأكثر شيوعاً.

تأثير الإشعاعات المؤينة على الإنسان ومخاطرها ..

يتعرض الإنسان إلى الكثير من مصادر الإشعاع فى الحياة اليومية، فالإنسان يتعرض للأشعة الكونية الصادرة من الفضاء الخارجى والإشعاعات الضارة خلال تعامله مع النظائر المشعة سواء فى مجالات الطب، الصناعة، والزراعة وتعرض العاملين فى المفاعلات النووية والعاملين فى المناجم التى يستخرج منها العناصر المشعة مثل الراديوم واليورانيوم، هذا بالإضافة إلى الإشعاعات الصادرة عن بعض المواد المستخدمة فى البناء موضوع البحث، إلا أن الحد الأقصى المأمون للإشعاعات الذى يجب ألا يتجاوزه الإنسان هو (5 ريم) فى اليوم الواحد.



شكل 4 - منحنى يوضح مخاطر التعرض لجرعات عالية من الإشعاع ولفترات طويلة تزيد من نسبة التعرض للأمراض.

ويمكن أن يؤثر الإشعاع على الجسم بعدة طرق، والآثار الصحية السلبية للتعرض قد لا تظهر لسنوات عديدة، وتتراوح هذه التأثيرات الصحية من تأثيرات بسيطة مثل إحمرار الجلد إلى تأثيرات خطيرة مثل السرطان والوفاة، وتعتمد درجة الخطورة الناتجة من هذه الإشعاعات على عدة عوامل منها : كمية الإشعاع الذى يمتصه الجسم (الجرعة)، نوع الإشعاع، طريقة التعرض، والزمن الذى يتعرض فيه الشخص للإشعاع.

وقد أشارت البحوث والدراسات التى تمت فى مجال تأثيرات الإشعاع على الخلايا الحية إلى أن التعرض لجرعات كبيرة للغاية من الإشعاع قد يسبب الوفاة خلال عدة أيام أو شهور، أما التعرض لجرعات أقل من الإشعاع قد يؤدى إلى زيادة خطر الإصابة بالسرطان أو ما عدا ذلك من التأثيرات الصحية السلبية مثل : الصداع المزمن، والتوتر والرعب والإنفعالات غيرالسوية والإحباط، وزيادة الحساسية بالجلد والصدر والعين، والتهاب المفاصل وهشاشة العظام والعجز الجنسى، واضطرابات القلب وأعراض الشيخوخة المبكرة.

- 5 % من الأفراد المعرضين لجرعات 50 - 60 ريم من الإشعاع سوف يصابون بالقئ، وتزيد الحالة عند التعرض لجرعة تصل إلى 200 ريم.
- عند التعرض لجرعات بين 300 و 400 ريم بدون علاج طبى يكون هناك إحتمال لتعرض 50% من الأفراد للموت خلال 60 يوماً.
- أحياناً تظهر أعراض الإشعاع فى عيوب جينية تظهر مع الأجيال القادمة وتسبب تشوهات وتخلف ذهنى للأطفال.
- هناك أمراض يمكن أن تصيب العين حيث أن التعرض لإشعاع يتراوح بين 200 و500 وحدة إشعاعية يمكن أن يسبب إعتام عدسة العين.
- أثبتت الدراسات أن التعرض لإشعاعات لفترات طويلة يسبب السرطان وخاصة سرطان الرئة نتيجة عن استنشاق الرادون ويؤثر الإشعاع على كافة أعضاء جسم الإنسان ولكن وجد إختلاف فى حساسية أعضاء الإنسان تجاه الإشعاع.

فعندما يتعرض أى كائن حى إلى الإشعاعات يحدث تأينا للذرات المكونة لجزيئات الخلايا الحية مما يؤدى إلى إحداث تغييرات فى التوازن الكيميائى للخلايا ويؤدى هذا إلى خلل فى الحمض النووى للإنسان (DNA) وبالتالى يؤدى إلى تحولات جينية خطيرة وقد تؤدى أيضا إلى دمار هذه الخلايا مما يهدد حياة الإنسان بالخطر.

ويمكن أن ندرك مدى خطورة الأشعة المؤينة من خلال النسب الآتية :

- 10,000 مللى سيفرت تسبب مرض فورى يعقبه موت خلال أسابيع قليلة.
- من 2000- 10,000 مللى سيفرت من المحتمل أن تسبب سرطان قاتل خلال عدة سنوات لخمس أشخاص من كل مائة يتعرضون لهذه الجرعة.
- 1000 مللى سيفرت من المحتمل أن تسبب مرض مؤقت مثل غثيان ونقص فى عدد كرات الدم البيضاء تزداد حدته بزيادة الجرعة.

- 50 مللى سيفرت/عام هى أقل معدل جرعة، لا يوجد دليل كونها تسبب سرطان حيث تزداد الخطورة للإصابة بالسرطان مع زيادة الجرعة.
- 20 مللى سيفرت/عام خلال متوسط خمس سنوات هى الحد الموضوع للعمال فى الصناعة النووية ومناجم اليورانيوم.
- 2 مللى سيفرت/عام تعتبر الخلفية الإشعاعية للمصادر الطبيعية تشمل 0.7 مللى سيفرت/عام من غاز الرادون فى الهواء.
- 0.3 - 0.6 مللى سيفرت/عام هى معدل الجرعة الإشعاعية النموذجية للمصادر الصناعية خصوصاً الطبية.

وبشكل عام تتفق العديد من البحوث العلمية الإكلينيكية على أنه لم يستدل على أضرار صحية مؤكدة نتيجة التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات اقل من 0.5 مللى وات/سم2، إلا أن التعرض لمستويات أعلى من هذه الإشعاعات وبجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور العديد من الأعراض المرضية ومنها :

- الشعور بالإرهاق والصداع والتوتر.
- انخفاض معدلات التركيز الذهنى والتغيرات السلوكية والإحباط والرغبة فى الانتحار.
- ظهور الأورام السرطانية.
- الشعور بتأثيرات وقتية منها النسيان وعدم القدرة على التركيز وزيادة الضغط العصبى وذلك بعد التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستوى 10 مللى وات/سم 2، وسميت تلك الأعراض بالتغيرات السيكولوجية.
- اختلال عمليات التمثيل الغذائى بالأنسجة والخلايا الحية.
- التأثيرفى النظام العصبى المركزى ويترتب على ذلك تأثيرات فى العصب السمعى والعصب البصرى.
- التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات تبدأ من 120 مللى وات/سم 2 فما فوق يؤثر فى وظيفة إفراز الهرمونات من الغدة النخامية، الأمر الذى قد يؤثر فى مستوى الخصوبة الجنسية.
- يتخيل المتعرضون للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات تبدأ من 700 مللى وات/سم 2 سماع أصوات كما لو كانت صادرة من الرأس أو بالقرب منه.
- حدوث ضرر بشبكية العين وعدسة العين البلورية.
- رغم عدم توافر دراسات كافية عن تأثير الإشعاعات الكهرومغناطيسية فى المعادن، إلا أنه ينصح بعدم التعرض للمستويات المؤثرة لهذه الإشعاعات وذلك لمرضى كسور العظام الحاملين للشرائح أو المسامير المعدنية المستخدمة فى تثبيت الكسور[1].

حساسية منخفضة للاشعاع	حساسية متوسطة للاشعاع	حساسية مرتفعة للاشعاع	
	المخ	المعدة	نخاع العظام
	العظام	المبيض	سرطان الثدي (قبل انقطاع الطمث)
	الرحم	القولون	الغدة الدرقية (طفل)
	الكلة	المثانة	الرئة
	المريء	الجلد	
	الكبد		

جدول 3 - يوضح حساسية الأنسجة والأعضاء البشرية للسرطان الناجم عن الإشعاع.

الوقاية من الإشعاع[2] ..

إذا كان التعرض للإشعاع المؤين يحمل أخطاراً فيجب علينا أن نتجنبه كلياً والحقيقة حتى لو أردنا ذلك فإن تحقيقه مستحيل، فالإشعاع موجود فى البيئة وحتى فى أجسامنا وعلى كل حال نستطيع أن نتجنب التعرض غير الضرورى.

بالإضافة لوجود مجال واسع للأجهزة البسيطة والحساسة التى تستطيع إكتشاف الإشعاع الطبيعى والصناعى فإن الإنسان يستطيع أن يحمى نفسه بأربع طرق هى كما يلى :

1- تقليل زمن التعرض ..

الأشخاص الذين يتعرضون للإشعاع فوق الخلفية الإشعاعية الطبيعية خلال المهنة يمكن تقليل الجرعة وخطر الإصابة يزول تقريباً إذا تم تحديد زمن التعرض للحد الأدنى.

[1] نبيل كاظم عبد الصاحب، أستاذ دكتور، وعمر علي عذاب، دكتور مهندس، "الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على صحة الانسان - دراسة موسعة حول مدى تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على صحة الانسان"، كلية الهندسة، جامعة بغداد، 2012.

[2] Linda Kincaid, MPH, CIH, "New York State", Department of health.

2- المسافة ..
كما أن الحرارة التى تصل الشخص تقل بالإبتعاد عن مصدرها، فإن كثافة الإشعاع تقل إذا تم الإبتعاد عن مصدر الإشعاع.

3- الحجز ..
حواجز الرصاص والخرسانة والماء يمكن أن تكون حماية جيدة جداً ضد إختراق الإشعاع، لذلك فإن المواد المشعة تخزن فى غرف من الخرسانة سميكة أو من الرصاص أو حواجز مائية، وبزيادة الحواجز حول المصدر المشع سوف تقلل التعرض (الانتقال إلى مكان أخر)، وكل نوع من أنواع الإشعاعات يتم وضع الحواجز المناسبة لعزله حسب قدرته على الإختراق.

4- الإحتواء ..
تقييد المواد المشعة وحصرها فى أقل حجم وإقصاءها عن البيئة هى أحد الوسائل الناجحة للوقاية من الإشعاع، فالنظائر المشعة المستخدمة فى المجال الطبى توزع فى وسائل مخصصة بينما تعمل المفاعلات النووية داخل أنظمة مغلقة وحواجز متعددة وغرف عند ضغوط منخفضة حتى يبقى التسرب داخل الغرفة ولا يخرج منها.

الإشعاع الناتج عن مواد البناء ..
كافة أنواع مواد البناء بها نسبة إشعاع طبيعية، فهذه المواد تتكون من عناصر مشعة مثل : البوتاسيوم واليورانيوم والثوريوم والعناصر المشتقة منهم وعنصر الراديوم، حيث تنبعث من **اليورانيوم-238** أشعة الفا وبيتا وجاما بشكل متناقص من خلال البروتواكتينيوم والثوريوم والراديوم والرادون والبولونيوم والبيزموث إلى الرصاص الثابت-206، وكذلك تنبعث من **الثوريوم-232** أشعة الفا و بيتا وجاما بشكل متناقص من خلال الراديوم والأكتينيوم والرادون والبيزموث والبولونيوم والثاليوم إلى الرصاص الثابت-208، وبالتالى توجد انبعاثات إشعاعية صغيرة لا يمكن تجنبها من مواد البناء ويجب التحكم فى نسبة تركيزها فى المسطحات المستخدم فيها أى منها.

مادة البناء	اليورانيوم بيكريل/كجم	الثوريوم بيكريل/كجم	البوتاسيوم -40 بيكريل/كجم
الجرانيت	63	8	1184
الحجر الرملى	6	7	414
الاسمنت	46	21	237
الحجر الجيرى	31	8.5	89
الجبس	15	7.4	148
الخشب	-	-	1330
الطوب الاحمر	111	44	666

جدول 4 - يوضح محتوى مواد البناء من النويدات المشعة[1].

فخام الجرانيت مثلاً يحتوى عادة على اليورانيوم وهو ينقسم إلى صنفين تبعاً لاحتوائه على اليوارنيوم :
1- **الجرانيت الطبيعى** : ويحتوى على نسب تتراوح ما بين 2 إلى 7 أجزاء فى المليون من اليورانيوم.
2- **الجرانيت الغنى باليورانيوم** : ويحتوى على نسب تتراوح بين 8 إلى 41 جزءاً فى المليون من اليورانيوم.
ويعد الجرانيت مصدراً لأشعة جاما التى يتعرض لها الجسم من الخارج من سلسلة تحلل اليورانيوم فضلاً عن إطلاقه لغاز الرادون المشع الذى يستنشقه الإنسان في الهواء[2].

السلاسل الإشعاعية الموجودة في الطبيعة وهى: اليورانيوم، والثوريوم، والأكتينيوم، والنبتونيوم، توجد فى الصخور والرمال والرسوبيات، ومنها بعض الخامات مثل خامات الفوسفات التي تستخدم في إنتاج حمض الفوسفوريك والأسمدة الفوسفاتية وخامات البوكسيت التي تستخدم في صناعة الألمونيوم و خامات الحديد المختلفة مثل الهيماتيت، كذلك الزركون الذى يستخدم فى صناعة الطبقة اللامعة في السيراميك و التي غالباً ما تحتوي على تركيزات عالية من اليورانيوم والثوريوم إلى جانب بعض نويداتهما الوليدة، بالإضافة إلى البوتاسيوم -40 وعناصر من سلسلة الأكتينيوم (U235) بتركيزات قليلة[3].

[1] خالد عبد العزيز محمد علام، بحث بعنوان : " النشاط الإشعاعى"، المركز القومى للأمان النووى.
[2] محمد بن إبراهيم الجارالله، أستاذ دكتور، دراسة ميدانية بعنوان "تحرر غاز الرادون من الصخور الجرانيتية فى بناء المساكن فى المملكة"، جامعة الملك فهد، القافلة، العدد التاسع، المجلد التاسع والعشرون، نوفمبر 2000.
[3] مى سالم يسلم إبراهيم، رسالة بعنوان : "دراسة الإتزان الإشعاعى فى السلاسل الإشعاعية الطبيعية فى بعض الخامات"، رسالة مقدمة للحصول على درجة الماجستير فى العلوم - تخصص فيزياء نووية تجريبية - قسم الفيزياء - كلية التربية للبنات بجدة - جامعة الملك عبد العزيز 2008.

مواد البناء	نسبة التعرض للإشعاع (ملي سيفرت /سنة)
الخشب	0.2 to 0
الحجر الجيري والحجر الرملي	0 to 0.1
الطوب والخرسانة	0.1 to 0.2
الحجر الطبيعي والجبس	0.2 to 0.4
الخبث الطوب والجرانيت	0.4 to 2

جدول 5 - يوضح نسب التعرض للإشعاع من مواد البناء[1].

ويعتبر الحد المسموح به من الإشعاع الصادر عن مواد البناء المستخدمة كما يلى مثل :

- المواد ذات الإستخدام الأعلى مثل الخرسانة والطوب وغيرها 150 Bq/Kg.
- المواد التى تستخدم بكمية محدودة مثل الدهانات ومواد النهو 200 Bq/Kg.
- المواد التى تستخدم فى المناطق غير السكنية تصل إلى 1000 Bq/Kg.

Kind of building material	Dose rate measured [17] $nGyh^{-1}$	Dose rate from formula (3) $nGyh^{-1}$	Mean concentration (range) $Bqkg^{-1}$			f_1	Annual dose from formula (4) mSv/rok
			K-40	Ra-226 (f_2)	Th-232		
Lightweight convrete	99 (82 – 115)	50	418	11	16	0.21	0.24
Silica brick		36	308	10	10	0.15	0.18
Solid concrete (OWT)	87 (73 – 90)	52	282	26	17	0.22	0.25
Slag concrete brick		177	1048	77	60	0.75	0.86
Ceramic brick	102 (71 – 131)	144	963	50	50	0.60	0.71

جدول 6 - يوضح جرعات الإشعاع من مواد البناء المختلفة[2].

تحوى مواد البناء المكونة من الصخور والرمل وما شابهها عناصر اليورانيوم والراديوم ومعظم هذه المواد مسامية إلى حد ما مما يسمح لغاز الرادون أن يتخلل منها إلى الهواء، وعلى هذا فيعتبر غاز الرادون من أهم مصادر الإشعاع فى مواد البناء.

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

جدول 7- يوضح تركيز الراديوم 226 فى بعض الصخور وفى خامات اليورانيوم[3].

[1] Libyan Agriculture Research Center Journal International 3, 1273, 1284, 2012.

[2] هنرى موارى، دكتور، أبحاث استثنائية بعنوان "الطبيعة الإشعاعية للمادة"، ترجمة وإعداد علاء الحلبلى.

[3] The first International Conference, "Water Resources of Al jabal Al Akhdar, Reality and Prospective", l05, 07 June, 2012.

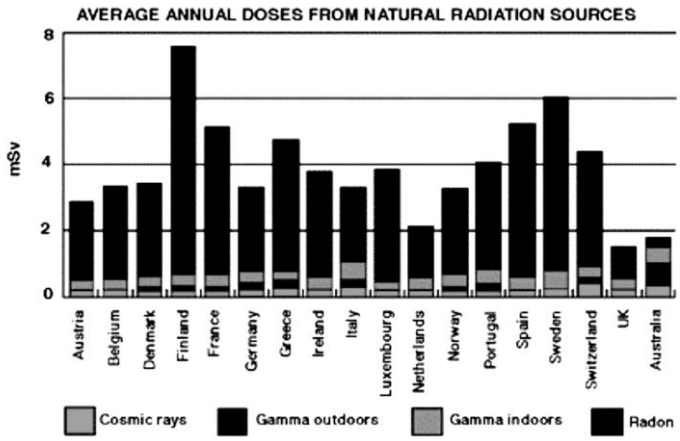
وقد أوضحت الدراسات حول مصادر الإشعاع فى مواد البناء عدة نقاط منها[1] :

- أن الجرانيت مصدر طبيعى للإشعاع مثل معظم مواد البناء ولكن وجد أن الجرانيت به نسبة إشعاع عالية ويؤدى لمخاطر للصحة.
- وجد أيضاً أن الجرانيت المستخدم فى المطابخ مصدر عالى للإشعاع حيث أن الإشعاع الناتج منه يعادل 25 مرة من الإشعاع الطبيعى، وأن الجرانيت يحتوى على نسبة يورانيوم تعادل المادة الخام منه، كما أن الجرانيت يزيد من تركيز الرادون داخل المطبخ إلى ثلاث أضعاف.
- الإشعاع الصادر من المبانى المشيدة من طوب وخرسانة أعلى من المبانى المشيدة من الخشب أو المواد الخام لأنها تحتوى على عناصر إشعاعية أقل.

غاز الرادون ..

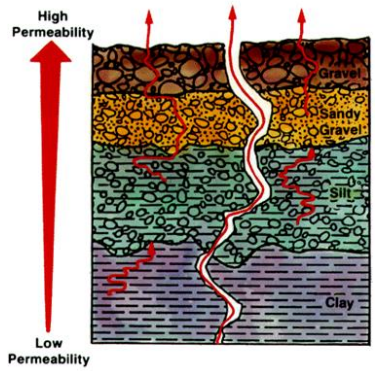
يعتبر غاز (الرادون) من أهم المصادر الطبيعية للإشعاع، وهو غاز مُشع عديم اللون والرائحة، ينتج الرادون من أحجار البناء التى تحتوى على معدن اليورانيوم، حيث ينتج من خلال تحلل عنصر الراديوم 226، والراديوم نفسه هو نتاج تحلل عنصر اليورانيوم 238، وعلى هذا فإن التربة غنية بالرادون فى الأماكن التى يكون فيها تركيز اليورانيوم عالياً أو فى المناطق التى تنتشر فيها صخور الجرانيت، وتختلف كمية اليورانيوم من مكان إلى آخر حسب الطبيعة الجيولوجية للمكان، كما أن الرادون ينجح فى الصعود من باطن الأرض بحيث ينتشر فى الهواء الطلق حيث يزيد وزنه على وزن الهواء بسبعة أضعاف ونصف، ويمكن أن يتسرب خلال الأرض وإلى المبانى عبر الممرات التى تنشأ بسبب الصدوع والكسور والرواسب المنفذة، وتعتبر مصدراً مهماً لغاز الرادون في البيئة.

ويعتبرهذا الغاز وما يتولد عنه نصف الجرعة الإشعاعية التى يتعرض لها الإنسان من المصادر الطبيعية مجتمعة، فهو يسهم عند تفككه مع نويداته بحوالي 47% من الإشعاعات المنبعثة من المصادر الطبيعية، وهى أكبر بكثير من الجرعة الإشعاعية الناتجة عن النشاطات الصناعية المختلفة، بل إن هذا الغاز يعتبر فى كثير من الدول أعظم مصدر متواصل للإشعاع، ويتم التعرض لهذه الإشعاعات عادة من استنشاق الهواء المحمل بغاز الرادون المشع، وما يتولد عنه[2].



شكل 5 - رسم بيانى يوضح متوسط الجرعات السنوية الناتجة عن الإشعاع الطبيعى[3].

نلاحظ ضخامة دور الرادون فى الجرعة الكلية.



شكل 6 - يوضح إنبعاث غاز الرادون من التربة

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 (طمي)	50-10	60,000-5,000
طين	100-10	100,000-10,000
تربة تحوي كسر من طفل الشب	2500-175	10< - 50,000[6]

جدول 8 - يوضح التركيز المعتاد للراديوم والرادون فى التربة مقاس على عمق 1 متر[4].

[1] محمد بن إبراهيم الجارالله، أستاذ دكتور، دراسة ميدانية بعنوان "تحرر غاز الرادون من الصخور الجرانيتية فى بناء المساكن فى المملكة"، جامعة الملك فهد، القافلة، العدد التاسع، المجلد التاسع والعشرون، نوفمبر 2000.

[2] خالد عبد العزيز محمد علام، بحث بعنوان : "النشاط الإشعاعى"، المركز القومى للأمان النووى.

[3] Linda Kincaid, MPH, CIH, "New York State", Department of health.

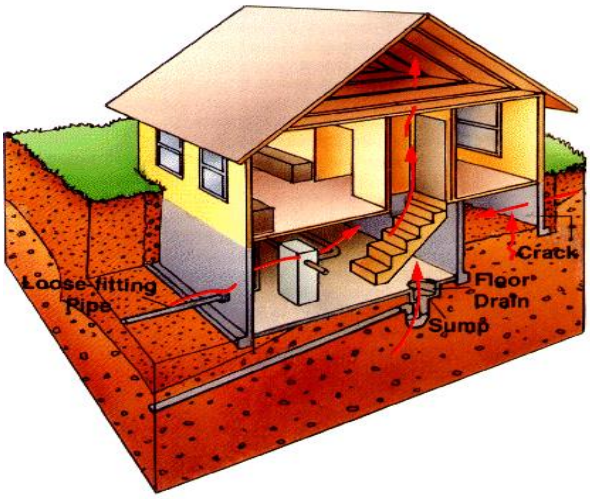
[4] The first International Conference, "Water Resources of Al jabal Al Akhdar, Reality and Prospective", l05, 07 June, 2012.

إن كمية إنبعاث الرادون من التربة تعتمد على تركيز الراديوم فيها وعلى الصـــفات الفيزيائية للمادة مثل المســـامية والنفاذية وحجم الحبيبات والأحوال الجوية ومحتوى المادة من الرطوبة، فالتربة ذات المسامية العالية يبلغ تحرر الرادون منها مائة ضعف التحرر من الخرسانة والعلاقة طردية بين المسامية والإنبعاث، كما أن معدل التحرر من الصخور يزداد مع كل من الطحن والتهوية لأن فرص تحرر غاز الرادون من الحبيبات الصغيرة للمادة يزداد عنه من الحبيبات الكبيرة، وقد أوضح بعض الباحثين أن معدل تحرر غاز الرادون يزداد بمقدار الضـعفين إلى ثلاثة أضـعاف فى عينات مختلفة من التربة إذا ازداد محتواها من الرطوبة من الصـفر إلى 5 % تبعاً لنوع التربة[1].

غاز الرادون داخل المنازل ..

اهتم الباحثون والمنظمات المختصـــة بالصـــحة والوقاية الإشعاعية البيئية خلال النصف الأخير من القرن التاسع عشر بدراسة تركيز الرادون بالأماكن المأهولة بالسكان كالمنازل لمعرفة مستويات التعرض للإشـعاع وإتخاذ الإجراءات الوقائية لحماية عامة الناس من خطر التعرض لمسـتويات عالية من الرادون إن وجدت، حيث ينبعث من الرادون جسيمات ألفا وعناصـر أخرى مشعة، ويستطيع الدخول والتفاعل مع الهواء وينحل لعناصـــره فى المســـاحات ذات التهوية الضـــعيفة ويمكن أن يزداد مسـتوى الرادون وعناصـره السـامة فى المناطق القريبة من سطح الأرض مثل دور البدروم.

والرادون غاز بالتالى يســتطيع التخلل إلى داخل الفراغات الداخلية عن طريق الفتحات الصـــغيرة والشـــقوق فى الأرضـــيات والحوائط وخلال مواسـير المياه والصـرف، ويتخلل الرادون الأدوار الســـفلى ومنها لباقى الأدوار ويزداد تركيزه فى المســـاحات ذات التهوية الضعيفة[2].



شكل 7 - يوضح إنبعاث غاز الرادون داخل المنزل.

تأتى نسبة الرادون فى الأساس من أسفل المبانى، وكما ذكرنا تختلف نسب اليورانيوم من تربة إلى أخرى ومن مكان إلى أخر، والصخور النارية الحامضية وغير الحامضية مثل عائلة الجرانيت تحمل نسباً عالية من كل من اليورانيوم والثوريوم مقارنة بالصخور الرسوبية باستثناء بعض الطفل الأسود والصخور الفوسفاتية التى هى أكثر إشعاعية، ومعدل تحرر غاز الرادون منها متفاوت تبعا لتركيز الراديوم فيها. والمساكن تعمل عمل المدخنة بسحبها لغاز التربة من أسفل المسكن ومن الأراضى القريبة منه، وإذا كانت الأرضيات فى المبانى خرسانية فإنها تمنع تخلل غاز الرادون من الأرض، إلا إذا كانت هناك شروخ فى الأرضيات الخرسانية تسمح بتخلل الغاز.

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

جدول9 - يوضح نسب تحرر غاز الرادون من مواد البناء المعتادة.

وفى دراسة لتقدير زيادة تركيز الرادون فى غرفة أرضيتها مكسوة بالجرانيت فلابد من تحديد نوع الجرانيت المستخدم حيث أن معدل تحرر الرادون يعتمد بصـورة رئيسـية على مقدار ما يحتويه من اليورانيوم. أجريت الحسـابات لمتوسـط وأعلى تحرر وجد فى غرفة ارتفاعها 2.5م فســنجد أن هذا الجرانيت ســيولد تركيزاً لغاز الرادون مقداره 230 بيكريل/م3 و1200 بيكريل/م3 على التوالى على افتراض إنعدام التهوية الخارجية، علماً بأن الحدود الإشـعاعية التى تبنتها معظم البلدان لتركيز غاز الرادون فى مسـاكنها تتراوح ما بين 150 و250 بيكريل/م3.

أما إذا كانت تهوية الغرفة بمعدل 1% في الساعة فإن هذه التهوية المنخفضـة تقلل تركيز الرادون بمقدار النصـف تقريباً، وإذا ازدادت التهوية إلى 8% بالســـاعة فإن التركيز ينخفض إلى العشـــر. وبهذا يتبين لنا أن التهوية المنتظمة طريقة فعالة لتخفيض تركيز

[1] Libyan Agriculture Research Center Journal International 3, 1273, 1284, 2012.
[2] The first International Conference, "Water Resources of Al jabal Al Akhdar, Reality and Prospective", l05, 07 June, 2012.

الرادون داخل المساكن والمبانى، ولكن التهوية قد لا تكون عملية إذا كان الطقس شديد الحرارة أو قارص البرودة. وقد تبين من الدراسات أن تركيز الرادون يزداد فى غرف المساكن التى لا يتم تهويتها بشكل منتظم نتيجة عدم إستخدامها إلى الضعف أو أكثر، وذلك مقارنة بالغرف الأخرى التى يتم تهويتها بانتظام نتيجة استخدامها الدائم[1].

نخلص من هذه الدراسة أن الجرانيت عموماً هو أحد مصادر غاز الرادون، وأن تبليط المساكن والمبانى المغلقة ببعض أنواع الجرانيت يمكن أن يكون له دور ملحوظ في زيادة تركيز هذا الغاز في هذه المساكن إذا لم تكن تهوية المسكن جيدة، كما أن النظائر المشعة في سلسلة تحلل اليورانيوم في الجرانيت، مصدر لأشعة جاما. لذا نوصى أن يوضع تركيز اليورانيوم في الجرانيت ومعدل تحرر الرادون منه ضمن مواصفات الجرانيت النوعية التي يمكن أن يطلع عليها مستخدم المكان، كما نشير على الشركات المصنعة والموردة للجرانيت بإجراء الفحص عليه لمعرفة مقدار إطلاقه للرادون.

الماء المستخدم فى البناء ..

يعتبر الرادون متوسط الذوبان فى الماء، وتمتص المياه الجوفية كميات من الرادون عند مرورها على الطبقات الصخرية والتربة بباطن الأرض وعند تدفق الماء أو تعرضه لإرتفاع فى درجة حرارته، وهذا يساعد على تحرر الرادون منه حيث يتغير معدل ذوبان الرادون بالماء عند الضغط الجوى العادى مع تغيير درجات الحرارة فيزداد ذوبان الرادون بالماء مع إنخفاض درجات الحرارة، كما أن تركيز الرادون يتناسب طردياً مع تركيز اليورانيوم بالمحيط الصخرى للماء.

تفيد بعض الدراسات أن متوسط تركيز غاز الرادون فى المياه التى مصدرها آبار سطحية حوالى 0.4 Bq/L، وفى المياه التى مصدرها المياه الجوفية 20 Bq/L، بينما يصل تركيز الرادون ببعض الأبار إلى مستويات عالية تصل إلى 400 ضعف المتوسط بل يصل فى بعض الحالات إلى حوالى 10 KBq/L.

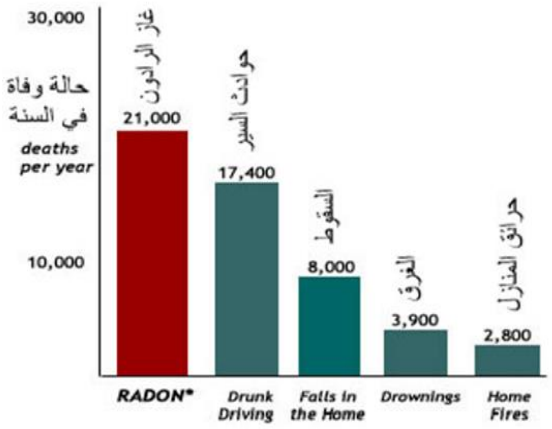
ويلاحظ أن تخزين الماء قبل استخدامه يؤدى إلى خفض تركيز الرادون به وذلك لتفكك الرادون ووليداته بالماء أثناء فترة التخزين، أما استخدام الماء مباشرة من الآبار فيؤدى إلى رفع مستوى تركيز الرادون بأماكن الإستخدام خاصة إذا كان تركيز الرادون فى الماء عالياً.

الخطر الصحى الناجم عن الرادون ..

إن تقييم الخطر الصحى الناجم عن التعرض للرادون أصبح محل اهتمام حيث يشكل وجود غاز الرادون في المنازل نوعاً من المخاطر البيئية التى ينبغى التنبيه إليها لأن إستنشاقه لفترات طويلة يمكن أن يسبب الإصابة بسرطان الرئة، وتنتج هذه الجرعة فى معظمها من استنشاق النويدات المشعة وخاصة فى الأماكن المغلقة حيث يميل غاز الرادون إلى التجمع فيها لأنها أكثر منه نشاطاً إذ تصل الطاقة الناتجة عن تحللها إلى ما هو أكثر بكثير عن الطاقة الناتجة عن تحلل غاز الرادون نفسه.

وقد لوحظ التأثير السلبى لهذا الغاز منذ فترة طويلة وإن لم يتم التأكد من مدى خطورته ودوره فى الإصابة بسرطان الرئة إلا مؤخراً، حيث يأتى الرادون في المرتبة الثانية بين المسببات الأكثر شيوعا لسرطان الرئة بعد التدخين.

إن تقدير مخاطر الأصابة بسرطان الرئة بسبب استنشاق الرادون ووليداته مبنية على دراسة ظهور السرطان بين عمال مناجم اليورانيوم فى كل من كندا والولايات المتحدة الأمريكية وتشيكوسلوفاكيا وعمال مناجم الحديد فى السويد، وفى عام 1924م تم اكتشاف مسئوليته عن نسبة الوفيات العالية بين هؤلاء العمال.



شكل 8 - رسم بيانى يوضح معدل نسب حالات الوفاة المختلفة فى الولايات المتحدة سنوياً والنسبة الأعلى ترجع إلى إشعاع الرادون.

وظل تأثير المستويات المنخفضة من غاز الرادون المركز أمراً مجهولاً حتى أواخر الستينيات الميلادية من هذا القرن، ولم يكن يعتقد أن الرادون يشكل خطراً على الصحة فى الأماكن الأخرى البعيدة عن المناجم لقلة تركيزه فيها، ولكن أكتشف أن تركيزات الرادون فى بعض البيوت تتفاوت بمقدار مائة ضعف على الأقل تبعا لتركيبها وموقعها، وهذا يعنى إمكانية أن تصل التركيزات العالية منه فى بعض المساكن إلى مستويات يمكن مقارنتها بتركيزه فى المناجم، حيث تم اكتشاف منازل في غرب الولايات المتحدة بنيت باستخدام مواد ملوثة بالفضلات الناتجة من مناجم اليورانيوم، وتبع ذلك اكتشاف حالات من تركيزات الرادون المرتفعة داخل المنازل فى عدد من البلدان، وبدأ المسئولون يشعرون بأن المنازل فى أجزاء عديدة من العالم قد تحتوى على مستويات مرتفعة من الرادون الناتج عن رواسب اليورانيوم الطبيعية فى التربة التى تم بناء المنازل عليها[2].

هناك طريقتان يمكن للرادون ونواتج تفككه أن يدخلوا بهما جسم الإنسان، وهما : الجهاز التنفسى والجهاز الهضمى، فالأخير لايمثل خطورة لأن وجود الطعام فى المعدة ولو بسمك فى حدود المليمتر يمكن أن يوقف معظم جسيمات ألفا الناتجة عن تفكك الرادون ووليداته، أما فى حالة إستنشاق وليدات الرادون العالقة بالهواء والقصيرة عمر النصف، وهى جسيمات صلبة يمكن بعض منها أن تعلق بجزيئات صغيرة من الأتربة فى الهواء الجوى، فإنها إذا دخلت إلى الجهاز التنفسى تلتصق بجدار الرئتين وإذا وصلت إلى الجزء السفلى من الرئتين الخالى من الأغشية المخاطية، فإن جسيمات ألفا تعطى جرعة إشعاعية مباشرة للنسيج الخلوى بالرئتين. أما الرادون فى حد

[1] محمد بن إبراهيم الجارالله، أستاذ دكتور، دراسة ميدانية بعنوان "تحرر غاز الرادون من الصخور الجرانيتية فى بناء المساكن فى المملكة"، جامعة الملك فهد، القافلة، العدد التاسع، المجلد التاسع والعشرون، نوفمبر 2000.

[2] Libyan Agriculture Research Center Journal International 3, 1273, 1284, 2012.

ذاته فهو غاز ثقيل ذو عمر نصفى كبير مقارنة بالدورة التنفسية و بالتالى يمكن أن يدخل و يخرج من الرئتين أثناء عملية التنفس، وقد أوضحت الدراسات أن الجرعة التى تتلقاها الرئة نتيجة تعرضها للرادون أكبر من 2 إلى 3 مرات من تلك التى تتلقاها المعدة نتيجة الهضم[1].

إعتمدت هذه النتائج على تقييم خطر الرادون من خلال البيانات المتحصل عليها من تعرض عمال المناجم لغاز الرادون خلال فترات عملهم، وأثبتت أيضاً أن العلاقة بين التعرض للرادون وخطر الإصابة بسرطان الرئة علاقة خطيرة، فالأشخاص المعرضون لدرجات عالية من الرادون تزيد نسبة إصابتهم بسرطان الرئة، حيث نتج عن دراسة مخاطر الرادون أن فى عام 1999 كان عدد حالات الإصابة بسرطان الرئة من تأثير غاز الرادون يتراوح بين 3000 و32000، الأمر الذى يؤكد أهمية إجراء القياسات على تركيزه بالأماكن المأهولة بالسكان[2].

المستويات المعتادة لغاز الرادون فى المساكن ..

أجرى بحث عام 1986م شمل عدد من المدن، وكشفت الدراسات التى أجريت بأن نسبة الرادون فى معظم هذه المدن تتراوح بين 10–70 بيكريل/م^3 وتعرف الحدود الدولية أن الحد الدولى المعتاد يبلغ 150 بيكريل/م^3.

ولكن تعانى الكثير من الدول من ارتفاع نسبة غاز الرادون فى المساكن طبقاً للإحصائيات التالية[3] :

- **الولايات المتحدة الأمريكية**، قيس تركيز غاز الرادون فى 18.000 مسكناً بولاية بنسلفانيا، ووجد أن 59% من المساكن يزيد التركيز فيها على 150 بيكريل، وهو الحد الذى وضعته الوكالة الأمريكية لحماية البيئة للمساكن فى الولايات المتحدة الأمريكية، وفى 12% من المساكن زاد على 740 بيكريل/م3، و فى0,6% تجاوز 7400 بيكريل/م3.
- **السويد**، يقدر معدل تركيز الغاز فى الفيلات حولى 122 بيكريل/م3، فى حين كان تركيزه فى 2% من المساكن يزيد على 740 بيكريل/م3.
- **الدنمارك**، وصلت النسبة فى الصيف إلى 30 بيكريل/م3، وفى الشتاء حيث تقل التهوية يزداد إلى ثلاثة أضعاف (90 بيكريل/م3).
- **ألمانيا**، النسبة المتوسطة وصلت إلى 40 بيكريل/م3، وكان تركيز غاز الرادون فى 2% من المساكن يزيد على 500 بيكريل/م3، أما تركيز الغاز فى الهواء الطلق فقد تراوح بين 1,1 و 17 بيكريل/م3، وبمعدل عام بلغ 6 بيكريل/م3.
- **هولندا**، وصل المعدل 24 بيكريل/م3، ووجدت بيوت قليلة زاد تركيز الرادون فيها على 370 بيكريل/م3.
- **المملكة المتحدة**، بلغ معدل تركيز الغاز 15 بيكريل/م3، ما عدا فى منطقة كورنيل فقد بلغ المعدل 390 بيكريل/م3.
- **اسكتلندا وايرلندا**، كان المعدل 43 بيكريل/م3، ووجد تركيز لغاز الرادون يزيد على 110 بيكريل/م3 فى بعض المناطق.
- **بلجيكيا**، بلغ معدل الرادون 41 بيكريل/م3.
- **فرنسا**، بلغ المعدل 44 بيكريل/م3، وكان التركيز يزيد على 200 بيكريل/م3 فى 2% من المساكن.
- **كندا**، تراوح معدل تركيز الرادون فى 18 مدينة بين 5,2 و 27 بيكريل/م3، أما فى مدينة بورت هوب حيث توجد مصانع تنقية الراديوم واليورانيوم التى كانت تعمل منذ الثلاثينات الميلادية من القرن الماضى فقد زاد تركيز الرادون فى 19% من مساكنها على 74 بيكريل/م3.
- **اليابان**، وجد أن معدل تركيز غاز الرادون فى 251 مسكناً هو 19 بيكريل/م3، وفيها 2% من المساكن زاد تركيز الغاز فيها على 110 بيكريل/م3.
- **كوريا الجنوبية**، معدل تركيز غاز الرادون فى هذه المساكن هو 53 بيكريل/م3، ووجد أن التركيز فى1,7% من المساكن يزيد على 200 بيكريل/م3.
- **أسبانيا**، معدل تركيز غاز الرادون فى المساكن هو 45 بيكريل/م3.
- **الصين**، معدل تركيز غاز الرادون فى 295 مسكناً هو 73 بيكريل/م3.
- **تايلاند**، قيس تركيزه فى مقاطعتين ووجد أن المعدل فى المقاطعة الأولى هو 21 بيكريل/م3، أما فى الثانية فكان 22 بيكريل/م3، وقيس تركيزه فى المساكن فى الهملايا، ووجد أنه يتراوح بين 7 و 191 بيكريل/م3.
- **إيران**، بلغ تركيز غاز الرادون فى غرف نوم أحد مساكن المنطقة 20,000 بيكريل/م3 تقريباً، حيث بنيت جدرانه الداخلية من مواد حاوية على تركيز مرتفع من العناصر المشعة، وبخاصة الراديوم 226، كما وجد أن المصدر الرئيسى للإشعاع فى منطقة رام سار بإيران هو مياه الينابيع الحارة التى تحتوى نسب مرتفعة من الراديوم، وتستخدم هذه الينابيع فى العلاج من قبل المواطنين والزوار.
- **فنلندا**، وصل المعدل إلى 64 بيكريل/م3، وكان تركيز الرادون فى 2% من المساكن يزيد على 740 بيكريل/م3، فقد اكتشف حتى الآن 6600 مسكناً تجاوز تركيز غاز الرادون فيها 400 بيكريل/م3، وتقدر نسبة الفيلات التى يتجاوز تركيز غاز الرادون فيها على400 بيكريل/م3 بحوالي 5%، وفى الشقق 0,8%، أما تقدير الفيلات التى تجاوز التركيز فيها 800 بيكريل/م3 فهو 4ر1%، وفى الشقق 0,3%، وهذه الشقق ذات التركيز المرتفع من غاز الرادون هى عادة فى الطوابق السفلية الملصقة بالأرض، أما الشقق فى الطوابق العلوية التى وجد فيها تركيز مرتفع للرادون، فكان سببه مواد البناء.
- **أيرلندا**، أجرى قياس لتركيز الرادون فى 11319 مسكناً، وجد أن التركيز يتراوح بين 10 و 1924 بيكريل/م3، وقدر أن هناك 91000 مسكناً يزيد التركيز فيها على 200 بيكريل/م3.

[1] بحث بعنوان "مستويات غاز الرادون المشع داخل المبانى"، نشر فى دورية "الذرة و التنمية"، الهيئة العربية للطاقة الذرية، المجلد 19، العدد 4، 2007.

[2] Linda Kincaid, MPH, CIH, "New York State", Department of health.

[3] The first International Conference, "Water Resources of Al jabal Al Akhdar, Reality and Prospective", l05, 07 June, 2012.

- **النرويج**، قيس 75000 مسكناً،وقدر معدل تركيز الرادون فيها بحوالى 89 بيكريل/م3، وفى 9% من المساكن يزيد على 200 بيكريل/م3، وفى 3% منها تجاوز 400 بيكريل/م3، وقد اكتشف تركيز مرتفع، وصل حتى 50000 بيكريل/م3 فى الأرضيات ذات النفاذية العالية.
- **سلوفينيا**، قيس تركيز غاز الرادون فى 730 روضة و890 مدرسة، فوجد أنه يزيد على 400 بيكريل/م3 فى 45 روضة و78 مدرسة.
- **جمهورية التشيك**، قيس تركيز الغاز فى أكثر من 130000 مسكناً ومدرسة وروضة، ووجد أنه يزيد على 400 بيكريل/م3 فى 20000 منها.

كما أجرى بحث على مسكن فى مدينة القطيف فى المملكة العربية السعودية وبلغ معدل تركيز غاز الرادون فيه 535 بيكريل/م3 وهو أعلى من الحد الدولى المعتاد، لذا تقرر قياس تركيز الغاز فى جميع غرف هذا المسكن بعد تعريف صاحب المنزل بالمشكلة وتوجيهه لتهوية مسكنه، فوجد بعد ذلك أن معدل تركيز الغاز وصل إلى 300 بيكريل/م3، ويبدو أن السبب فى هذا الإرتفاع فى تركيز غاز الرادون هو تسربه من أرضية المبنى إلى الداخل عن طريق الأرضية الخرسانية لوجود شروخ أو فتحات فيها. وكان معدل تركيز غاز الرادون فى غرف الطابق الأرضى والطابق الأول هما 210 و160 بيكريل/م3 على التوالى، ويتبين أن تركيز غاز الرادون فى الطابق العلوى أقل من تركيزه فى الطابق الأرضى.

والجدولان التاليان يبينان معدل وأعلى تركيز وجد لغاز الرادون فى مساكن العديد من بلدان العالم :

الدولة	معدل التركيز بيكريل/م3	أعلى تركيز بيكريل/م3
الأردن	52	836
السعودية	22	535
المغرب	71	532
سورية	44	520
تونس	40	392
اليمن	42	275
الكويت	33	242
الجزائر	30	140
غزة–فلسطين	34	105
مصر	9	24

جدول 10 –
يوضح معدل وأعلى تركيز لغاز الرادون
فى مساكن بعض الدول العربية[1].

[1] بحث بعنوان "مستويات غاز الرادون المشع داخل المبانى"، نشر فى دورية "الذرة و التنمية"، الهيئة العربية للطاقة الذرية، المجلد 19، العدد 4، 2007.

البلد	معدل التركيز	أعلى تركيز وجد	البلد	معدل التركيز	أعلى تركيز وجد
أفريقيا			شمال أوربا		
الجزائر	30	140	الدغارك	59	1200
مصر	9	24	استونيا	120	1390
غانا	–	340	فنلندا	120	20000
أمريكا الشمالية			لتوانيا	49	1900
كندا	34	17200	النرويج	73	50000
المكسيك	140	1193	السويد	108	84000
أمريكا	46	–	غرب أوربا		
أمريكا الجنوبية			النمسا	–	190
الأرجنتين	37	211	بلجيكا	48	12000
تشيلي	25	86	فرنسا	62	4690
بارجواي	28	51	ألمانيا	50	>10000
شرق آسيا			أيرلندا	89	7000
الصين	24	380	لكسمبورج	110	2500
هونج كونج	41	140	هولندا	23	380
تايوان	17	32	سويسرا	75	10000
الهند	57	210	المملكة المتحدة	20	17000
اندونيسيا	35	165	أوربا 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 أوربا		
غرب آسيا			ألبانيا	120	270
أرمينيا	104	216	كرواتيا	35	92
إيران	82	3070	قبرص	7	78
الكويت	33	242	اليونان	73	490

جدول 11 - يوضح معدل وأعلى تركيز وجد لغاز الرادون فى مساكن العديد من البلدان فى مختلف القارات (بيكريل/م3)[1].

نلاحظ من هذا المسح الواسع لتركيز غاز الرادون فى المساكن فى دول العالم، أن تركيز غاز الرادون وولائده يكون أعلى فى فصل الشتاء منه فى فصل الصيف، وأنه يتناسب عكسياً مع تهوية المسكن، كما أن تركيز الرادون فى الطوابق السفلية يكون أعلى من تركيزه فى الطوابق العلوية.

كما يتبين لنا أن هناك أعدادا كبيرة من مساكن دول العالم تعانى من هذه المشكلة، وتحتاج إلى معالجة، بعد أن أثبتت الدراسات الحديثة أن غاز الرادون فى المساكن من مسببات سرطان الرئة، وأن خطر الإصابة به يزداد طردياً مع ازدياد تركيز هذا الغاز المشع، لهذا أصبح من الضرورى استكمال المسح الإشعاعى لغاز الرادون المشع فى مساكن البلدان العربية، وبخاصة فى المناطق التى يتوقع ارتفاع تركيزه فيها، لاحتواء تربتها أو صخورها على خام اليورانيوم.

[1] The first International Conference, "Water Resources of Al jabal Al Akhdar, Reality and Prospective", l05, 07 June, 2012.

برامج لقياس مستوى الرادون فى المنازل[1] ..

وبعد أن ثبت علميا أن الرادون هو أحد مصادر الإصابة بسرطان الرئة، عمدت الجهات الخاصة بالصحة العامة والمنظمات الدولية المهتمة بحماية البيئة بالدول المتقدمة إلى إرشاد العامة بخطورة غاز الرادون وطرق خفض تركيزه بالأماكن المأهولة بالسكان، حيث تقوم بإجراء فحوصات دورية للمنازل والمبانى بمختلف أنواعها لتعيين مستوى الرادون ومعالجة زيادة مستواه كما تقوم هذه الهيئات برسم ونشر خرائط تبين مستويات الرادون فى عموم بلدانهم، كما أنها تضع التعليمات والشروط اللازمة لبناء الأبنية لتفادى تغلغل الرادون داخلها، وتضع برامج لمعالجة زيادة مستوى الرادون فى البيوت كإصلاح الخلل أو عمل نظام تهوية يمنع تركز الرادون داخل البيوت، وهذه المنظمات تقوم بتوعية المواطنين بأهمية الموضوع لدرجة أنه لايتم شراء بيت إلا بوجود وثيقة فحص مستوى الرادون التى تثبت أن مستوى الرادون ضمن الحدود المقبولة.

الإجراءات العلاجية لتخفيض تركيز غاز الرادون داخل المنازل[2] ..

معظم هذه الوسائل تهدف إلى خفض مستوى تركيز الرادون داخل المنازل مباشرة عن طريق التهوية مثلاً أو الإقلال من نسبة الرادون المتسرب إلى داخل المنزل من التربة الواقع عليها المبنى عن طريق إتخاذ بعض الإجراءات الوقائية أثناء فترة التصميم وتنفيذ البناء مثل :

1- رفع مستوى أرضية البناء إلى مستوى مرتفع بالنسبة إلى سطح الأرض وهذا يسمح بحركة الهواء تحت المبنى وبالتالى خفض نسبة الرادون المتسرب إلى الداخل.
2- وضع أغشية بلاستيكية متينة تحت أساس المبنى تعيق تسرب الرادون من التربة فى بعض الحالات الإستثنائية عندما تكون التربة بموقع البناء ملوثة بمخلفات مناجم الفوسفات الغنية باليورانيوم، فإن استبدال التربة بأخرى غير ملوثة له فاعلية كبيرة فى تخفيض مستوى تركيز الرادون فى هواء المنزل.
3- أما فى الحالات التى يكون فيها المبنى قديم فإن أفضل الطرق لخفض مستوى الرادون به هى زيادة التهوية وسد الشقوق والفتحات بالحوائط وبأرضية البناء التى يمكن أن يتسرب من خلالها الرادون إلى داخل المنزل.

وتتفاوت الإجراءات العلاجية المشعة لخفض مستوى تركيز الرادون فى المنزل من حيث تكلفتها المادية كما يظهر فى الجدول التالى :

الطريقة	التكلفة	الفعالية
تخفيض ضغط التربة	متوسطة	عالية
عزل الأرضية	متوسطة	متوسطة
معالجة مائية	متوسطة	عالية
إزالة التربة	عالية	عالية
زيادة التهوية	متوسطة	منخفضة
زيادة حركة الهواء	منخفضة	منخفضة

جدول 12 - يوضح تكلفة الإجراءات العلاجية لخفض مستوى تركيز الرادون فى المنازل.

المعايير التى تم وضعها للحماية من أخطار الإشعاع[3] ..

معايير الحماية من أخطار الإشعاع فى الولايات المتحدة الأمريكية ..

معايير التعرض للإشعاع فى مناطق العمل :

حدود الجرعة على مدار السنة للعمال تصنف على أساس :

- مكافئ الجرعة الكلية المؤثرة على الانسان = 5,000 millirem.
- مكافئ الجرعة المؤثرة على نسيج واحد أو عضو واحد من أعضاء الإنسان عدا العين = 50,000 millirem.
- مكافئ الجرعة المؤثرة على العين = 15,000 millirem.

معاييرالتعرض للإشعاع للأفراد غير العاملين :

الجرعة فى أى مساحة غير محددة من المصادر الخارجية خلال ساعة واحدة يجب أن لا تتعدى 2 millirem.

[1] Libyan Agriculture Research Center Journal International 3, 1273, 1284, 2012.
[2] OSHA "Occupational safety And Health Administration", U.S, Department of Labor.
[3] The first International Conference, "Water Resources of Al jabal Al Akhdar, Reality and Prospective", l05, 07 June, 2012.

معايير الحماية من أخطار الإشعاع فى فنلندا ..

يجب تقليل كمية مادة الراديوم داخل مواد البناء حيث أنها السبب الرئيسى فى زيادة نسبة الرادون داخل الفراغ حيث أن الحد الأقصى لتركيز الرادون يجب أن لا يتعدى1-a mSv 1"يفضل كسور هذا الرقم لعمل حساب الإشعاعات الناتجة، وخاصة الناتجة من التربة وأشعة جاما الناتجة من مواد البناء.

معايير الحماية من أخطار الإشعاع فى الجمهورية التشيكية ..

فى جمهورية التشيك وضع حد لمعدل الإشعاع الناتج من مواد البناء فى السنة يتراوح بين 0.4 إلى 0.6 mSv.

معايير الجرعة للأفراد داخل العمل :

للأعمار الأقل من 18 سنة 300 millirem للجسم بأكمله وللأعضاء وعدسة العين 500 millirem سنوياً.

للأعمار الأكثر من 18 سنة 3000 millirem للجسم بأكمله وللأعضاء وعدسة العين 5000 millirem سنوياً.

معايير الجرعة للأفراد غير العاملين ..

للأعمار الأقل من 18 سنة 125 millirem خلال 13 أسبوع و 500 millirem سنوياً.

للأعمار الأقل من 18 سنة 3000 millirem خلال 13 أسبوع و 500 millirem سنوياً.

لتطبيق معايير الجرعة المحددة يتم التعويض فى المعادلة.

$$I = \frac{C_{Ra}}{300\ Bq\ kg^{-1}} + \frac{C_{Th}}{200\ Bq\ kg^{-1}} + \frac{C_{K}}{3000\ Bq\ kg^{-1}}$$

حيث تمثل CRa, CTh, CK عناصر الراديوم والثيروم والبوتاسيوم.

التوصيات والقرارات التصميمية المقترحة ..

- ضرورة سن قوانين تضع إشتراطات ومحددات لصناعة مواد البناء ودراسة المخاطر الناتجة من اشعاعتها وفرض عقوبات.
- ضرورة عمل مسح إشعاعى لقياس معدل تركيز الرادون فى المساكن فى مصر وتحديد درجة خطورتها، وخاصة فى المناطق التى يفترض إرتفاع تركيزه فيها لاحتواء تربتها أو صخورها على خام اليورانيوم.
- تحديد الأساسات المناسبة أثناء بناء المنازل اعتماداً على تركيز غاز الرادون في التربة.
- الإهتمام بالمواد المستخدمة فى البناء، مع دراسة بدائل للمواد المشعة واستخدام المواد ذات الاشعاع الأقل داخل الفراغ بمختلف أنواعه ووظائفه.
- دراسة خصائص المواد فى مصر ومعرفة العناصر الأكثر إشعاعاً التى تمثل الضرر الأكبر للإنسان، ووضع توصيات للمواصفات الفنية للمناطق المختلفة تبعاً لمستوى الإشعاع فى كل منها لضمان الوقاية من الإشعاعات المنبعثة من التربة ومواد البناء المستخدمة.
- إجراء حسابات للحد الأقصى للكميات المستخدمة لكل من مواد البناء، وخاصة التى تحتوى على مواد مشعة مثل الجرانيت والسيراميك، والتى تعطى الحد المسموح به من الإشعاع الذى يتعرض له الإنسان، وعدم الإسراف فى استخدام هذه المواد.
- يوصى بتخزين الماء المستخدم فى البناء قبل استخدامه، وخاصة الذى يكون تركيز الرادون فيه مرتفعاً، حيث أن التخزين يؤدى إلى خفض نسبة الرادون.
- تصنيف الفراغات بحسب وظيفتها ومستخدميها ووضع قوانين للحد من الإشعاع مثل (المستشفيات، المدارس، حضانة الاطفال، فراغات غرف النوم).
- دراسة أبعاد الفراغ ونسبة طول الفراغ وإرتفاعه والعلاقة مع الفتحات لتحقيق التهوية الجيدة، والتأكيد على ضرورة التهوية بشكل منتظم للفراغات وخاصة المكسوة بالجرانيت أو السيراميك.
- استخدام نتائج هذه الدراسات فى معالجة المبانى القائمة واستخدام تقنيات جديدة فى المنشآت الجديدة تقلل من خطر الإشعاع.
- إدراك مخاطر الإشعاع والتلوث داخل الفراغ من أهم النقط الواجب دراستها ومعالجتها.
- تشجيع تدريب الكوادرالفنية فى مجال الفيزياء الإشعاعية والوقاية من الإشعاع داخل المساكن.
- الإستفادة من تجارب الدول الأخرى فى هذا المجال.
- إعداد برامج توعية وقائية لتوعية المواطن بالمخاطر التى يتعرض لها من مواد البناء المشعة المحيطة به لتجنب أخطارها أو الوقاية منها، مع التأكيد على دور الإعلام بمختلف روافده فى المشاركة بهذه التوعية.

المراجـــــــــع ..

1- حمد عبدالله المعراج، مقدم، الإدارة العامة للدفاع المدنى، المملكة العربية السعودية.

2- خالد عبد العزيز محمد علام، بحث بعنوان : "النشاط الإشعاعى"، المركز القومى للأمان النووى.

3- فاطمة غازى ضـيف الله المحمادى، رسـالة بعنوان : "دارسـة عن تركيزات المواد المشـعة طبيعياً فى مخلفات بعض الصـناعات غير النووية"، رسالة مقدمة إلى قسم الفيزياء للحصول على درجة الماجستير فى العلوم تخصص فيزياء نووية تجريبية كلية التربية للبنات جامعة الملك عبد العزيز، جدة، 2008م.

4- محمد بن إبراهيم الجارالله، أسـتاذ دكتور، دراسـة ميدانية بعنوان "تحرر غاز الرادون من الصـخور الجرانيتية فى بناء المساكن فى المملكة"، جامعة الملك فهد، القافلة، العدد التاسع، المجلد التاسع والعشرون، نوفمبر 2000م.

5- مى سالم بسلم إبراهيم، رسالة بعنوان : "دراسة الإتزان الإشعاعى فى السلاسل الإشعاعية الطبيعية فى بعض الخامات"، رسـالة مقدمة للحصـول على درجة الماجستير فى العلوم - تخصـص فيزياء نووية تجريبية - قسم الفيزياء - كلية التربية للبنات بجدة - جامعة الملك عبد العزيز 2008م.

6- نبيل كاظم عبد الصـاحب، أستاذ دكتور، وعمر علي عذاب، دكتور مهندس، "الموجات الكهرومغناطيسـية وتأثيرها على صحة الانسان - دراسة موسعة حول مدى تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على صحة الانسان"، كلية الهندسة، جامعة بغداد، 2012.

7- هنرى موارى، دكتور، أبحاث استثنائية بعنوان "الطبيعة الإشعاعية للمادة"، ترجمة وإعداد علاء الحلبلى.

بحث بعنوان "مستويات غاز الرادون المشع داخل المبانى"، نشر فى دورية "الذرة و التنمية"، الهيئة العربية للطاقة الذرية، المجلد 19، العدد 4، 2007.

8- Linda Kincaid, MPH, CIH, "New York State", Department of health.

9- M. Zalewski, M. Tomczak, J. Kapata, "Radioactivity of Building Materials Available In Northeastern Poland", Department of Biophysics, Medical Academy, Mickiewicza 2A, 15-230 Białystok, Poland.

10- Libyan Agriculture Research Center Journal International 3, 1273, 1284, 2012.

11- OSHA "Occupational safety And Health Administration", U.S, Department of Labor.

12- The first International Conference, "Water Resources of Al jabal Al Akhdar, Reality and Prospective", l05, 07 June, 2012.