نشرة إعلامية فصلية تصدر عن قسم الوقاية والأمان في هيئة الطاقة الذرية السورية

في هذا العدد:

* تقرير الأمان رقم 117 لعام 2023: الرقابة التنظيمية للتعرض الناجم عن النكليدات المشعة في مواد البناء ومواد التشييد
* اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية لعام 1979 وتعديلها لعام 2005
* مراقبة التعرض المهني للرادون
* التحقق من توزع الجرعة الاشعاعية في المعالجة الاشعاعية الخارجية باستعمال الفانتوم OCTAVIUS D4

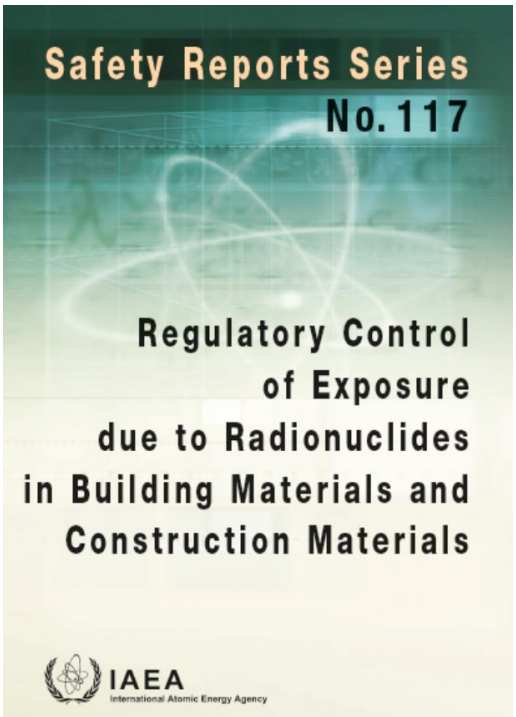
تقرير الأمان رقم 117 لعام 2023: الرقابة التنظيمية للتعرض الناجم عن النكليدات المشعة في مواد البناء ومواد التشييد

تحتوي معظم مواد البناء والتشييد على مستويات متفاوتة من النكليدات المشعة الطبيعية أو الصنعية. ويعتمد تركيزها على أصل هذه المواد، فمنها ذو أصل جيولوجي طبيعي خام و بعضها تعرض للتلوث، إما نتيجة الممارسات السابقة أو نتيجة الأنشطة المصرح بها. ويقع على عاتق الحكومة، أو السلطات المعينة من قبل الحكومة، مسؤولية تحديد أنواع مواد البناء والتشييد، أو مكوناتها، التي يجب تنظيمها لأغراض الوقاية الإشعاعية، وتوفير المعلومات للجمهور وذلك عن طريق توفير قواعد بيانات من قبل الجهة التنظيمية، أو على موقع الإنترنت المخصص لذلك أو في المنشورات الورقية.

يتواجد النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية بتراكيز متفاوتة، وبالتالي يتواجد في المعادن والمخلفات الناتجة عن العمليات الصناعية التي تُستخدم بشكل شائع وعلى نطاق واسع كمواد بناء وتشييد أو كمكونات أو إضافات لمواد البناء والتشييد. وبالتالي، فإن مواد البناء والتشييد هي مصدر لتعرض الجمهور للإشعاع المؤين. وهي تمثل ما بين ثلث وثلثي التعرض الإجمالي للإشعاع الذي يتعرض له الجمهور في بعض الدول.

على الرغم من أن التعرض للإشعاع الناتج عن النشاط الإشعاعي الطبيعي في مواد البناء والتشييد أمر لا مفر منه بشكل عام، إلا أن محتوى النكليدات المشعة لهذه المواد والجرعات الإشعاعية الناتجة عنها قد يختلف بشكل كبير، اعتمادًا على الأصل الجيولوجي لأي مواد طبيعية مستخدمة ووجود بقايا من العمليات الصناعية المستخدمة في إنتاج مواد البناء والتشييد. إذا تم استبعاد مساهمات غاز الرادون والثورون، فإن المتوسط العالمي للتعرض للإشعاع الخارجي يبلغ حوالي 0.4 ملي سيفرت /سنة.

لا تؤدي الغالبية العظمى من مواد البناء والتشييد إلى تعرضات أعلى من المستوى المرجعي للجمهور والبالغ 1 ملي سيفرت/سنة. ومع ذلك، في بعض الحالات، ينتج عن وجود تراكيز مرتفعة من النكليدات المشعة في مواد البناء والتشييد مستويات مرتفعة نسبيا من التعرض الإشعاعي (أي أعلى من 1 ملي سيفرت/سنة) والتي تعد بشكل عام مثيرة للقلق من وجهة نظر الوقاية الإشعاعية. ففي استعراض لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع (UNSCEAR) لجرعات ومصادر الإشعاع، تم الإبلاغ عن جرعات فعالة في حدود 10 ملي سيفرت/سنة أو أعلى (للإشعاع الخارجي فقط) في بعض الدول.



حددت سلسلة معايير أمان الوكالة الدولية للطاقة الذرية GSR، الجزء 3، الوقاية الإشعاعية وأمان المصادر المشعة: معايير الأمان الأساسية الدولية، متطلبات وقاية الأشخاص من التعرض

للإشعاع المؤين وأمان المصادر المشعة. تستند متطلبات GSR الجزء 3 إلى المعلومات المتعلقة بالآثار الضارة الناجمة عن التعرض للإشعاع التي قدمتها اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) وتوصيات عام2007 الصادرة عن اللجنة الدولية المعنية بالوقاية الإشعاعية (ICRP)، والمقصود منها توفير الأساس لتنظيم مصادر الإشعاع.

يتعلق المطلب 51 من GSR الجزء 3 بوقاية الجمهور من التعرض الناجم عن النكليدات المشعة في مواد البناء والتشييد. وتنص الفقرة 5.22 من GSR الجزء 3 على ما يلي:

"يجب على الهيئة التنظيمية أو أي سلطة أخرى ذات صلة أن تضع مستويات مرجعية محددة للتعرض الناجم عن النكليدات المشعة في السلع مثل مواد البناء والأغذية والأعلاف وفي مياه الشرب، ويجب التعبير عن كل منها أو يستند على جرعة فعالة سنوية للشخص الممثل بأن لا تتجاوز عمومًا قيمة مقدارها 1 ملي سيفرت."

يستخدم المستوى المرجعي لاستمثال تعرض الجمهور في حالات التعرضات القائمة إذ لا يحدد المستوى المرجعي البالغ 1 ملي سيفرت/سنة منشأ النكليدات المشعة وبالتالي فهو مناسب للمواد المشعة طبيعة المنشأ وكذلك للنكليدات المشعة الصنعية، أو خليط منهما.

يهدف تقرير الأمان الحالي إلى تقديم أمثلة عملية وطرق مفصلة حول كيفية تنظيم التحكم التنظيمي لمواد البناء والتشييد للسماح بطرق فعالة لتحديد وتقييد تعرض الجمهور للمواد المشعة الطبيعية NORM والنكليدات المشعة الصنعية. بالإضافة إلى ذلك، يقدم تقرير الأمان أيضا إرشادات عملية للحكومات والهيئات التنظيمية والسلطات المختصة الأخرى ذات الصلة وصناعات البناء والتشييد بشأن ترتيبات الرقابة التنظيمية وإثبات امتثال مواد البناء والتشييد التي تؤدي إلى تعرضات إشعاعية. ومن جهة أخرى، تمثل الإرشادات المقدمة هنا، والتي تصف الممارسات الجيدة، رأي الخبراء في هذا المجال ولا تشكل توصيات مقدمة من الوكالة على أنها توافق آراء الدول الأعضاء.

يأخذ تقرير الأمان الحالي في الحسبان أي مواد بناء أو تشييد يمكن أن تكون مصدراً لتعرض الجمهور للإشعاع . وقد يشمل التعرض الناتج عن مثل هذه المصادر كلاً من الإشعاع الخارجي من أشعة غاما المنبعثة من مواد البناء والتشييد واستنشاق غاز الرادون والثورون المنبثق من هذه المواد. ومع ذلك، في تقرير الأمان هذا، يتم النظر فقط في التشعيع الخارجي من مواد البناء والتشييد. يمكن العودة للتوصيات المتعلقة بالتحكم التنظيمي لغاز الرادون في المنازل في سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية SSG-32، وقاية الجمهور من التعرض الداخلي الناجم عن الرادون وغيره من المصادر الطبيعية للإشعاع، والتوصيات بشأن الوقاية من التعرض للرادون في أماكن العمل.

يغطي تقرير الأمان الحالي الوقاية من النكليدات المشعة طبيعة المنشأ، وخاصة من سلسلة اضمحلال اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم40، بالإضافة إلى النكليدات المشعة الصنعية.

يغطي تقرير الأمان الرقابة التنظيمية على جميع الخطوات المختلفة الممكنة في دورة حياة مواد البناء والتشييد، مثل الموافقة على المواد في السوق المحلية، وإنتاج المواد الخام، والتصنيع، والتوريد، والاستخدام النهائي. وكما جرى تغطية مسؤوليات منتجي وموردي المواد الخام والمعاد تدويرها والمعاد استخدامها لإدراجها في مواد البناء أو التشييد.

جرى أيضًا تغطية التحقق من الالتزام (الذي يعد جزءًا لا يتجزأ من الإطار التنظيمي) لمواد البناء والتشييد قبل استخدامها، وكذلك في المباني والمنشآت القائمة. وعلاوة على ذلك، جرى مناقشة طرق إثبات الالتزام.

يتكون تقرير الأمان الحالي من أربعة أقسام وأربعة ملاحق. يحدد القسم 1 الهدف ونطاق المنشور؛ في حين يصف القسم 2 أنواع مواد البناء والتشييد التي يمكن أن تثير القلق، وكذلك أنواع الإشعاع التي يمكن أن تكون مصدر قلق؛ ويصف القسم 3 دور ومسؤوليات الحكومات والسلطات ويقدم إرشادات للهيئات التنظيمية أو السلطات المختصة الأخرى فيما يتعلق بالرقابة التنظيمية على مواد البناء والتشييد؛ وأخيرا، يوفر القسم 4 إرشادات عملية للمصنعين والمنتجين والموردين والمستخدمين النهائيين لمواد البناء والتشييد لإثبات الالتزام بالمتطلبات.

تقدم المرفقات أمثلة لنماذج حساب الجرعات (الملحق الأول)، ولمحة عامة عن أدوات وطرق القياس (الملحق الثاني)، ومعلومات حول مواد البناء والتشييد التي تدخل السوق (الملحق الثالث) وأمثلة على اللوائح الخاصة بالنكليدات المشعة في مواد البناء والتشييد (الملحق الرابع).

يمكن تحميل تقرير الأمان من الرابط:

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1992_web.pdf

إعداد الدكتور محمد سعيد المصري

اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية لعام 1979 وتعديلها لعام 2005

يهدف الأمن النووي إلى منع الأفعال التخريبية/الإجرامية المنطوية على مواد نووية أو مشعة، أو الموجّهة ضد المنشآت أو الأنشطة التي تستخدم فيها هذه المواد، أو الكشف عن هذه الأفعال والتصدي لها، بقصد وقاية الناس وحماية الممتلكات والمجتمع والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيّنة، شأنه في ذلك شأن الأمان النووي. وبالتالي يجمع مبدأ الأمن النووي بين الحدود التقنية والتنظيمية الموضوعة بهدف الحد من آثار الأشعة المؤينة ومنع الحوادث خلال المراحل المختلفة من دورة حياة المنشأة النووية ابتداء من اختيار الموقع، التصميم، البناء، التشغيل، إيقاف التشغيل، الإغلاق النهائي، حتى التفكيك.

بدأت الوكالة الدولية للطاقة الذرية، في بداية السبعينيات من القرن الماضي، التعامل مع مشكلات الحماية المادية للمواد النووية، وأصدرت توصيات للحماية المادية للمواد النووية أثناء الاستخدام أو التخزين أو حتى الإبقاء المؤقت أو المرور المؤقت (الترانزيت). وفي عام 1979 تم التوصل إلى معاهدة الحماية المادية للمواد النووية، حيث تطبق على المواد النووية المستخدمة للأغراض السلمية أثناء النقل الدولي، وكذلك أثناء الاستخدام والتخزين والنقل، ولا تنطبق المعاهدة على المواد النووية المستخدمة في الأغراض العسكرية.

وتاريخيا اعتمدت اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية في 26 تشرين الأول عام 1979 في فيينا بالنمسا، وجرى حفل التوقيع الأولي في كل من فيينا ونيويورك في 3 آذار 1980، ودخلت حيز النفاذ في 8 شباط 1987.

وتتلخص التزامات هذه الاتفاقية فيما يلي:

1- وضع ترتيبات معينة للحماية وضمان مستويات من الحماية المادية للشحنات الدولية للمواد النووية.

2- التعاون بشأن استعادة المواد النووية المسروقة وحمايتها لاحقا.

3- جعل أفعال محددة مثل سرقة المواد النووية والتهديدات أو المحاولات المتعلقة باستخدام المواد النووية لإلحاق الضرر بالأفراد، جرائم يعاقب عليها بموجب القانون الوطني لكل دولة.

4- ملاحقة أو تسليم من يتهمون بارتكاب تلك الأفعال.

IAEA
المنتدى الذري من أجل السلام والتنمية

نشرة إعلامية

INFCIRC/274/Rev.1 (Corrected)*
٢٨ نيسان/أبريل ٢٠٢١

توزيع عام
الأصل: عربي

اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية

١- فُتح باب التوقيع على اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية في ٣ آذار/مارس ١٩٨٠، وفقاً للفقرة ١ من المادة ١٨ من الاتفاقية وعقب اختتام المفاوضات التي دارت في هذا الصدد في ٢٨ تشرين الأول/أكتوبر ١٩٧٩.

٢- ويرد مستنسخاً طي هذه الوثيقة، من أجل إعلام جميع الدول الأعضاء، نص كل من الاتفاقية[1] والوثيقة الختامية الصادرة عن "اجتماع الممثلين الحكوميين للنظر في صياغة اتفاقية بشأن الحماية المادية للمواد النووية".

٣- وسيتم إعلام الدول الأعضاء، من خلال إضافة تصدر لهذه الوثيقة، بيده نفاذ الاتفاقية وفقاً للفقرة ١ من المادة ١٩ من الاتفاقية.

* النسخة العربية من الوثيقة INFCIRC/274/Rev.1 تتضمن أيضا تصحيحاً لأخطاء شابت الترجمة العربية للاتفاقية الأصلية الواردة في الوثيقة INFCIRC/274 (النسخة العربية).

[1] أحيل نص الاتفاقية إلى الدورة العادية الثلاثة والعشرين (١٩٧٩) للمؤتمر العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية، وفقاً للفقرة ١١ من الوثيقة الختامية، وذلك ضمن الوثيقة INFCIRC/274.

21-01213A

وفي 8 تموز من 2005، اعتمدت الأطراف في الاتفاقية بتوافق الآراء تعديلاً على اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية، دخل هذا التعديل حيز النفاذ في 8 أيار 2016. ويشكل التعديل معلماً هاماً في الجهود الدولية الرامية إلى تحسين الحماية المادية للمواد والمنشآت النووية. وفي حين أن الالتزامات المتعلقة بالحماية المادية في إطار اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية في الأغراض السلمية تشمل المواد النووية أثناء النقل الدولي، فإن التعديل الذي أدخل على هذه الاتفاقية يجعل من الملزم قانوناً للدول الأطراف أن تحمي المنشآت والمواد النووية في الاستخدام السلمي والتخزين والنقل. وينص أيضاً على توسيع نطاق التعاون بين الدول وفيما بينها بخصوص التدابير السريعة لتحديد موقع المواد النووية المسروقة أو المهربة واستعادتها، والتخفيف من أي عواقب إشعاعية لأعمال التخريب، ومنع الجرائم ذات الصلة ومكافحتها.

وفي الخلاصة:

يتألف الإطار القانوني الدولي للأمن النووي من صكوك قانونية ومبادئ معترف بها، ومن شأن التقيد العالمي بهذه الصكوك والأطر القانونية والتنظيمية الوطنية المنسقة أن يسهم إسهاماً كبيراً في مكافحة الإرهاب النووي. وتعد اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية لعام 1979 وتعديلها لعام 2005، فضلاً عن مدونة قواعد السلوك بشأن أمان المصادر المشعة وأمنها إلى جانب توجيهاتها التكميلية من الصكوك القانونية الدولية الرئيسية المعتمدة تحت رعاية الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ولكن الاتفاقية والتعديل هما الصكان الدوليان الوحيدان الملزمان قانوناً في مجال الحماية المادية للمواد النووية. ومن الجدير ذكره أن سورية قد صادقت على الانضمام إلى الاتفاقية وتعديلها في عام 2020 وفق القانون رقم / 23/ تاريخ 25/9/2019.

إعداد الدكتور جورج سعور

قد يحدث التعرض لغاز الرادون في جميع أنواع أماكن العمل والمنشآت، بدءاً من المكاتب التقليدية، ومنشآت معالجة المواد المشعة ذات المنشأ الطبيعي (NORM) ، والمنشآت التي تقع تحت الأرض، ومنشآت دورة الوقود النووي.

ازداد الحديث، على مدى العقود الماضية، عن المخاطر الصحية المرتبطة بغاز الرادون. ففي الماضي، كان التأثير الصحي للرادون هو الإصابة المتكررة بأمراض الرئة (سرطان الرئة) بين عمال المناجم تحت الأرض. إلا أنه، في الوقت الحاضر أصبح الاهتمام أكثر بغاز الرادون في كل من أماكن العمل والمنازل. فرغم أن الإنسان عادة ما يقضي وقتاً أقل في العمل منه في المنزل (النسبة حوالي 1: 2.5)، فإن التعرض للإشعاع من الرادون في مكان العمل يمكن أن يكون مهماً في الحالات التي يكون فيها تركيز الرادون مرتفعاً نسبياً في بيئات العمل.

تعرض سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية رقم SF-1، مبادئ الأمان الأساسية، أهداف الأمان الأساسية ومبادئ الوقاية والأمان. كما وتقدم سلسلة معايير الأمان التابعة للوكالة الدولية للطاقة الذرية GSR الجزء 3 المتطلبات المخصصة لتحقيق أهداف الأمان الأساسية ولتطبيق مبادئ الأمان المحددة في SF-1، بما في ذلك متطلبات وقاية العمال المعرضين لمصادر الإشعاع الطبيعية والصنعية في مكان العمل. وتلزم هذه المتطلبات رب العمل على تقيم التعرضات الإشعاعية للعمال بنوعيها الطبيعية والصنعية وتقيم الجرعة الإشعاعية، واتخاذ الإجراءات اللازمة لتخفيض هذه التعرضات في حال احتمالية تجاوزها مستويات محددة.

كما وضعت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية (ICRP)، إضافة إلى ذلك، إرشادات للسلطات الرقابية حول المستويات المرجعية الخاصة بالرادون، والتي تشير إلى أن العمال الذين لا يُنظر إليهم على أنهم معرضون مهنياً للأشعة يجب أن يعاملوا بنفس الطريقة التي يعامل بها عامة الناس.

ونظراً لأن تركيز الرادون يتأثر بعدة عوامل (الموسم، وفترة باليوم، ودرجة الحرارة، وضغط الهواء، ومعدل تغير الهواء، وما إلى ذلك)، فإن تحديد متوسط تركيز الرادون ليس بالأمر السهل. كما أنه قد لا تكون القياسات على مدار العام مناسبة في كثير من الحالات، وذلك بسبب النفقات والحاجة الملحة لمعرفة النتائج. لذلك عادة ما يُقترح إجراء القياسات من شهر إلى ثلاثة أشهر لأماكن العمل.

قد يشكل تحديد متوسط تركيز الرادون مشكلة، وخاصة في الأماكن التي يختلف فيها متوسط التركيز الشهري إلى حد كبير. على سبيل المثال، أظهرت المعدلات الشهرية التي تم قياسها في قبو مستشفى يستخدم لعلاج أمراض الجهاز التنفسي فرقاً بمقدار 24 ضعفاً بحسب الشهر المختار. في مثل هذه الحالات، يجب الانتباه عند اختيار أشهر القياس واستعمال نتائج القياسات لتقييم الجرعة. ومن جهة أخرى، هناك فرق كبير بين التراكيز التي يتم قياسها خلال ساعات العمل وتلك التي تجري على مدار الوقت الإجمالي (بما في ذلك الليل وعطلات نهاية الأسبوع)، وخاصة في حالات الغرف ذات التغيير المتكرر للهواء مثل المدارس ورياض الأطفال وأماكن العمل ذات التهوية الجيدة. حيث يمكن أن يؤدي ذلك إلى تقدير زائد عند حساب الجرعة.

المتطلبات الرقابية

تختلف متطلبات مراقبة أماكن العمل لحالات التعرضات المخطط لها وحالات التعرضات القائمة إلى حد ما، فلذلك هناك حاجة إلى منهجيات مختلفة لتقنيات وبروتوكولات مراقبة مكان العمل. فعند الرقابة من أجل وقاية العمال في حالات التعرضات المخطط لها، فإن الهدف منها هو تقييم الجرعة الإشعاعية والتحكم فيها، لذلك تركز القياسات على قياس تركيز نشاط الرادون ونواتج تفككه. أما التحكم الرقابي من أجل وقاية العمال في حالات التعرضات القائمة، فيتم استعمال المستويات المرجعية لتركيز الرادون، وعندها يلزم إجراء قياسات لمتوسط تراكيز الرادون السنوية، ومقارنته مع هذه المستويات، حيث يجب أتخاذ إجراءات علاجية لتخفض هذا التركيز في حال احتمال تجاوز تلك المستويات.

فمن الضروري وضع إرشادات (بروتوكولات قياس) حول كيفية تحديد وتقييم متوسط تركيز النشاط السنوي ^{222}Rn في أماكن العمل. حيث يجب أن تتضمن هذه الإرشادات الاعتبارات التالية:

1. أنظمة القياس.
2. المعايرة وضمان الجودة.
3. مدة أخذ العينات.
4. موسم القياسات وإمكانية تطبيق عامل التصحيح الموسمي.
5. موقع وعدد نقاط القياس.
6. تقدير الإرتيابات في القياسات.
7. المتطلبات الرقابية المحددة لأماكن العمل؛
8. كيفية مقارنة تركيز النشاط المقاس مع المستوى المرجعي لغرض إثبات الامتثال؛
9. تكرار التقييم أو الشروط الأخرى للقياسات المتكررة أو مدى الحاجة إلى إجراء تحقيقات إضافية.

أنظمة القياس (أنواع أجهزة قياس الرادون)

بشكل عام، هناك طريقتان لتقييم تركيز الرادون في مكان العمل: الطريقة الفعالة (قصيرة الأمد) والطريقة المنفعلة (طويلة الأمد). ففي الطريقة المنفعلة: يمكن إجراء قياسات تركيز الرادون في أماكن العمل من خلال استخدام قياسات تمتد لعدة شهور، مثل كواشف الأثار النووية في الجسم الصلب (SSNTD) (الكواشف البلاستيكية) والإلكترت وعلب الفحم الفعال. تعتبر هذه القياسات رخيصة نسبياً وسهلة التطبيق. وتوفر هذه القياسات متوسط تركيز نشاط الرادون خلال فترة القياس.

مراقبة التعرض المهني للرادون—تتمة

أما أجهزة مراقبة الرادون الفعالة المستمرة، فيمكن استعمالها أيضاً لتعطي تركيز الرادون في لحظة القياس، حيث تظهر النتائج إما كمتوسط تركيز النشاط خلال فترة القياس أو كقيم النشاط خلال فترة معينة (على سبيل المثال كل ساعة، كل 15 دقيقة). تاريخياً، حدت تكلفة هذه المعدات من تطبيقها على نطاق واسع. وتعتبر خلايا لوكاس الوماضة وحجيرات التأين (AlphaGUARD) أمثلة على أدوات القياس الفعالة.

تتمثل ميزة القياسات الفعالة المستمرة على تقييم تباين تركيز نشاط الرادون وتغيره مع الزمن (على سبيل المثال، ساعياً، يومياً، موسمياً، خلال نشاط معين، فترات الإشغال) وبالتالي، القدرة على تقييم التعرض الفعلي للعمال بشكل أفضل.

فترة أخذ العينة

لتقييم متوسط تركيز النشاط السنوي لل ^{222}Rn، يجب أن تكون خصائص القياس (الوقت والمدة والإعداد) ممثلة لمتوسط تركيز النشاط السنوي في مكان العمل قيد القياس. فالطريقة الأكثر موثوقية لتحقيق ذلك هي القياس لمدة عام واحد. ومع ذلك، يمكن تحديد فترات أخذ أقصر للعينات، في حال تم تقييمها على أنها ممثلة للمتوسط السنوي (على سبيل المثال، يعتبر شهران خلال موسم التدفئة في السويد بمثابة نتيجة ممثلة للعام بأكمله).

يُعرّف المعيار الدولي ISO 11665-8 القياسات طويلة الأمد على أنها قياسات لا تقل مدتها عن شهرين. فوفقاً لهذا المعيار، يجب أن يكون نصف فترة القياس على الأقل في الشتاء أو أثناء موسم التدفئة، ويجب إجراء القياسات خلال فترة لا يتجاوز فيها عدد الأيام المتتالية التي تكون فيها المباني غير شاغرة عن 20٪ من الفترة المعتمدة.

يمكن تقسيم فترات أخذ العينات الطويلة إلى عدة مراحل، حيث يتم استبدال أدوات القياس في كل مرحلة. أيضاً، بالنسبة لأماكن عمل محددة، إذا كانت مدة أخذ العينات لا تغطي عاماً كاملاً، فيجب تقدير أفضل وقت لأخذ العينات، مع مراعاة الوضع المحدد لموقع القياس، والذي يمكن أن يكون مختلفاً عن السلوك الموسمي العادي في المباني العامة (على سبيل المثال، وضع التهوية في مكان العمل التي تقع تحت الأرض: طبيعية أو ميكانيكية دائمة، الأوقات التي تكون فيها كمية المياه أعلى في أعمال المياه، عوامل إشغال أعلى أو أقل خلال مواسم محددة، على سبيل المثال الأماكن السياحية والمدارس). بالإضافة إلى ذلك، يجب توخي الحذر للتأكد من أن أدوات القياس المختارة مناسبة للظروف المحددة مثل الرطوبة والحرارة والغبار.

موقع وعدد نقاط القياس

بشكل عام، يجب إجراء قياسات الرادون داخل مكان العمل في جميع المواقع، حيث يقضي العمال جزءاً ذا صلة من وقت عملهم (على سبيل المثال، المكتب، ورشة العمل) أو حيث من المحتمل أن يكون التعرض أعلى بسبب الرادون (على سبيل المثال، تحت الأرض، وأعمال المياه). في حال كانت المواقع ذات انشغاليه منخفض جداً يمكن استبعادها من قياسات الرادون.

ونظراً لأن قياسات الرادون باستخدام تقنيات الكواشف المنفعلة غير مكلفة نسبياً في الوقت الحاضر، فقد يكون قياس جميع أماكن العمل فعالاً من حيث التكلفة بدلاً من تقييم وتحديد المناطق المتجانسة. كذلك، عندما يتكون مكان العمل من عدد من أنواع مناطق العمل المختلفة، يجب النظر في كل منها على حدة لغرض تحديد عدد الكواشف اللازمة. فعادة ما يكون عدد أجهزة الكواشف المنفعلة لكل نقطة قياس أثنين على الأقل. أما أجهزة المراقبة الفعالة المستمرة، فيمكن استعمال نفس الجهاز في كل نقطة قياس مختارة.

من المحتمل أن تحتوي غرف الطابق السفلي والطابق الأرضي على أعلى تركيزات لغاز الرادون، ولذا يجب إجراء قياسات مكان العمل في الطابق الأرضي وفي الطوابق السفلية، حيث تكون مشغولة. أما بالنسبة للمباني متعددة الطوابق، تكون القياسات التي يتم إجراؤها على مستوى الأرض والطوابق السفلية كافية عادةً لتقييم الامتثال للمستويات المرجعية لجميع أماكن العمل في المبنى. ومع ذلك ، قد يكون من الحكمة إجراء بعض القياسات في الطوابق العليا لتأكد من عدم تجاوز المستويات المرجعية.

يجب أن يكون موقع أي جهاز كشف يمثل مكان العمل المراد قياس تركيز الرادون فيه. فلا يجب وضع أجهزة الكشف في أماكن مغلقة أو مباشرة في مصدر للهواء النقي، مثل مدخل التهوية. كما يجب وضع أجهزة الكشف في منطقة التنفس أو على ارتفاع متر واحد على الأقل فوق الأرض، بعيداً عن مصادر الحرارة، وليس بالقرب من الجدران أو الفتحات.

يجب ترك أجهزة الكشف في مكانها لفترة القياس المحددة ولا يجب نقلها خلال هذا الوقت. يمكن استخدام عدة طرائق لضمان الوضع الآمن للكواشف. على سبيل المثال، يتم استخدام شريط لاصق في موضع الكواشف يتمزق في حال تم تحريك أو العبث بالكاشف أثناء فترة القياس.

قياسات نواتج تفكك الرادون

عادة ما تكون تقنية قياس نواتج تفكك الرادون أكثر تعقيداً من قياس غاز الرادون، وذلك لأن نواتج تفكك الرادون في الهواء مرتبطة بشكل أساسي بجزيئات الغبار الدقيقة في الهواء ولديها فترات عمر نصف قصيرة نسبياً. وهذا يعني أنه يجب أخذ عينات منها وتحليلها بسرعة (في غضون 30 دقيقة تقريباً). يتم ذلك عن طريق أخذ عينة من الهواء عبر فلتر خاص، ثم يتم تحليل هذا الفلتر إشعاعياً. فبمجرد قياس تعرضات العاملين لتركيز الرادون ونواتج تفككه، فمن الممكن تقدير جرعاتهم الإشعاعية باستعمال معاملات تحويل خاصة لتحول التركيز إلى جرعة إشعاعية.

إعداد الدكتور رياض شويكاني

التحقق من توزع الجرعة الاشعاعية في المعالجة الاشعاعية الخارجية باستعمال الفانتوم OCTAVIUS D4

توفر التقنيات الحديثة للمعالجة الإشعاعية كالمعالجة الإشعاعية المعدلة الشدة (IMRT) والمعالجة القوسية المعدلة حجمياً (VMAT) إمكانية إيصال توزعات الجرعة الإشعاعية المثلى والتي توفر بدورها إيصال الجرعة الإشعاعية الموصوفة للحجوم المستهدفة، والتي تكون كافية للتحكم بالخلايا السرطانية، مع تقليل الجرعات الإشعاعية للنسج الطبيعية وذلك عن طريق تعديل شدة أشعة الفوتونات. يجرى عادة تعديل شدة حزمة الفوتونات في المعالجة الإشعاعية المعدلة الشدة (IMRT) عن طريق تغيير مواضع المحددات متعددة الوريقات. أما في المعالجة القوسية المعدلة حجمياً (VMAT)، فيتم تعديل حزمة الفوتونات عن طريق تغيير موضع المحددات المتعددة الوريقات (MLC) بالإضافة للتحكم بسرعة دوران القنطرة. جرى أيضاً مواءمة معدلات الجرعة الإشعاعية بما يتوافق ع الاستعمالات السريرية مما ساهم في ايصال الجرعة الإشعاعية للمنطقة المستهدفة مع الحفاظ على النسج السليمة المحيطة.

يمكن أن تحقق تقنية VMAT جودة خطة وفعالية لحساب عدد وحدات المراقبة (MU) مماثلة لتقنية المعالجة الإشعاعية المعدلة الشدة (IMRT) إلا أنها تفيد في تقصير زمن المعالجة في المراكز. يمكن أن تنتج هاتين التقنيتين توزعات جرعة إشعاعية مطابقة للغاية وتعزيز توطين العلاج. تفرض تقنيات العلاج المعقدة هذه أيضًا متطلبات أعلى على خوارزميات حساب الجرعة من حيث الدقة وسرعة الحساب. مع تزايد استعمال تقنيات IMRT وVMAT في مراكز المعالجة الإشعاعية، كانت الدقة في أنظمة تخطيط المعالجة (TPS) دائمًا مصدر قلق في المعالجة الإشعاعية الحديثة.

تعد دقة حساب الجرعة إحدى أهم الخطوات في عملية المعالجة الإشعاعية، ومع ذلك، فإن عملية حساب الجرعة غير كاملة بسبب وجود الارتياب في القياس، والقصور في نمذجة حزمة الأشعة، والحدود الناجمة عن مبدأ الخوارزميات.

إن عملية تخطيط IMRTوVMAT ليست بديهية، وهي تخطيط عكسي أو أمامي مع خوارزميات تحسين، وآليات تنفيذ IMRT وVMAT معقدة تتضمن معاملات ميكانيكية مختلفة. علاوة على ذلك، فإن حسابات الحقول الصغيرة أو غير المنتظمة التي تُستعمل بشكل متكرر في كل من التقنيتين ليست دقيقة تماماً حتى مع أحدث خوارزميات حساب الجرعة. لذلك، هناك احتمالية وجود اختلافات بين توزع الجرعة المحسوب وتوزع الجرعة المعطاة فعليًا للمريض.

يمكن أن يؤدي هذا الاختلاف إلى حدوث أخطاء في المعالجة الإشعاعية قد تكون ضارة بالمرضى، والتي يجب تجنبها. من أجل ذلك، يتم التحقق من توزع الجرعة المعطاة لكل مريض (ضمان جودة خاص بكل مريض) تتم معالجته بإحدى التقنيتين IMRT أو VMAT في مركز المعالجة قبل البدء بالمعالجة.

يمكن إجراء التحقق من توزع الجرعة الإشعاعية للمرضى بعدة أجهزة مختلفة، ولكن يعد الفانتوم 4D OCTAVIUS المزود بمصفوفة من حجيرات التأين من أكثر الأجهزة استعمالاً عالمياً للقيام بالتحقق من جرعة المرضى في التقنيات الحديثة.

يجمع نظام OCTAVIUS 4D ويخزن قياسات المصفوفة ثنائية الأبعاد كتابع للزمن وزاوية القنطرة ضمن مجالات. ضمن كل مجال قياس، يتم إعادة بناء الجرعة ثلاثية الأبعاد من خلال استعمال مجموعة بسيطة من منحنيات توزع الجرعة بالعمق (PDD). يتم بعد ذلك إعادة بناء الجرعة الإجمالية ضمن الفانتوم الأسطواني OCTAVIUS 4D كمجموع المكونات الزاوية المختلفة.

التحقق من توزع الجرعة الاشعاعية في المعالجة الاشعاعية الخارجية باستعمال الفانتوم OCTAVIUS D4 - تتمة

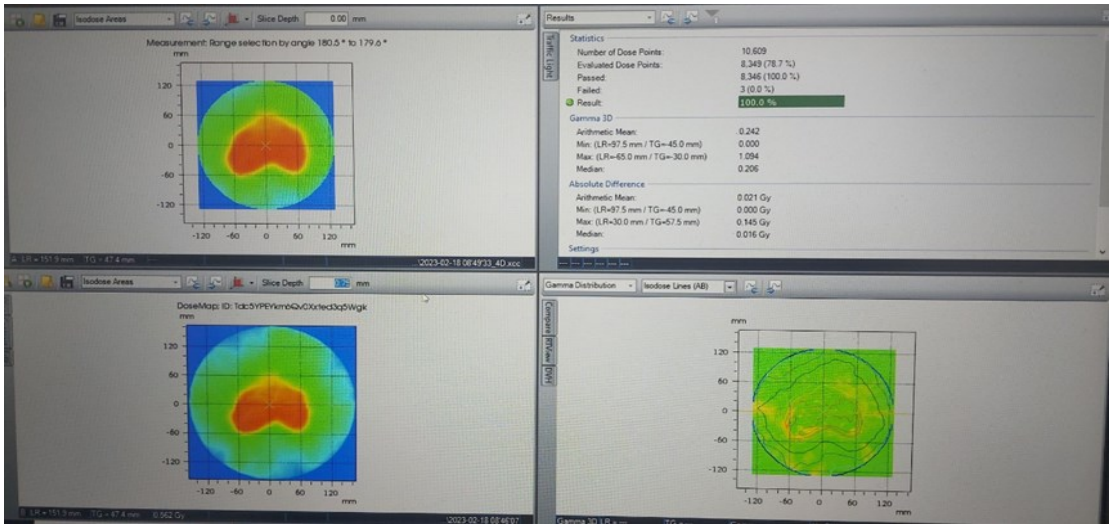
تتكون المصفوفة ثنائية الأبعاد من 729 حجيرة تأين (وقد يصل عددها ل 1500 حجيرة في الموديلات الأحدث) يبلغ البعد بين مركزي كل منها 10 مم، مدمجة في مصفوفة أبعادها 27 × 27. كل حجيرة هي عبارة عن مكعب أبعاده 5 × 5 × 5 مم^3 وتقع النقطة الفعالة للقياس على عمق 7.5 مم تحت سطح مصفوفة الكشف. يتم إدخال المصفوفة ضمن فانتوم أسطواني من البولسترين مزود بمحرك (يبلغ قطره وطوله 32 سم و34.3 سم على التوالي). أصبحت قدرته على الدوران بشكل متزامن مع القنطرة، من حيث الزاوية وسرعة الدوران كما هو الحال في المعالجة الحقيقية المخطط لها، بفضل جهاز مقياس الميل (inclinometer) الذي يجرى وضعه وضبطه على القنطرة والمتصل بوحدة تحكم تنقل معلومات الحركة إلى الفانتوم وتحصل على بيانات قياس الجرعة كل 200 ميلي ثانية. تصطدم الحزمة دائمًا بمصفوفة الكاشف بطريقة عمودية لأن نفس وجه الكاشف يتبع القنطرة، لذلك لا يلزم استعمال معاملات تصحيح.

لمصفوفة القياس ثنائية البعد شهادة معايرة للحجيرة المركزية بمفهوم الجرعة الممتصة في الماء، وهي مستقلة عن فانتوم Octavius-4D من المخبر الوطني الألماني، PTB.

بالنسبة لجميع الحجيرات الأخرى في المصفوفة ثنائية الأبعاد، يوفر ملف المعايرة معاملات تصحيح بالنسبة للحجيرة المركزية. لذلك من الممكن إجراء معايرة بينية للحجيرة المركزية التي تقيس الجرعة في الفانتوم باستعمال حجيرة تأين يتم إدخالها في نفس مكان الحجيرة المركزية، باتباع كود المعايرة TRS 398 الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وتحديد عامل التصحيح (K_{user}).

خلاف ذلك، من الممكن إجراء المعايرة التبادلية باستعمال، كقيمة مرجعية، الجرعة المتوقعة التي يوفرها TPS في الحالة المحددة من قبل الشركة المصنعة (المقابلة لـ: الساحة 10 × 10 سم^2، 200 MU، معدل جرعة يبلغ 300 MU/min، زاوية القنطرة 0 درجة) وباستعمال ما يسمى K_{cross}، وهي تمثل النسبة بين قيمة TPS وقياس الحجيرة المركزية للمصفوفة ضمن نفس شروط القياس.

لتقييم الاختلاف بين الجرعة المقاسة والمحسوبة، تستعمل طريقة تقييم غاما ثلاثي الأبعاد (γ) المطبقة في برنامج Verisoft 7.2.0 الملحق بالجهاز، وتعد الخطة مقبولة إذا كانت نسبة النقاط المقبولة (التي تكون عندها قيمة المعامل غاما أقل من 1) أكبر من 95%.



إعداد الدكتور أنس اسماعيل

شارك في هذا العدد:

د. محمد سعيد المصري ، د. جورج سعور

د. رياض شويكاني ، د. أنس اسماعيل

الإخراج الفني: زهير شعيب

للمراسلة:

هيئة الطاقة الذرية السورية—قسم الوقاية والأمان

دمشق - سوريا - ص.ب 6091

هاتف: 00963112132580- فاكس:00963116112289

بريد إلكتروني: atomic@aec.org.sy

الموقع الالكتروني: www.aec.org.sy