

# Radiazioni - Ricerca e Applicazioni



**Vol XXII n. 3/Vol XXIII n. 4, Dicembre 2019 – Aprile 2020**

*Pubblicazione periodica quadrimestrale*

**Editrice:** Società Italiana per le Ricerche sulle Radiazioni

Registrazione del Tribunale di Roma n. 406 del 6 Agosto 1998

## **Direttore Responsabile**

Francesca Ballarini, Università degli Studi di Pavia e INFN-Sezione di Pavia

e-mail: francesca.ballarini@unipv.it Tel.: 0382 987949

## **Comitato di Redazione**

Il comitato di redazione coincide con il Consiglio Direttivo SIRR: Mariagabriella Pugliese (*Presidente*), Francesca Antonelli, Francesca Ballarini, Francesco Berardinelli, Silva Bortolussi, Francesco Cammarata, Valentina Dini, Romano Lista, Mario Mariani

## **SOMMARIO**

### **ARTICOLI SCIENTIFICI**

***RADON INDOOR: CASO STUDIO SULL'EFFICACIA DELLA VENTILAZIONE PASSIVA ALLA LUCE DEI NUOVI LIVELLI DI RIFERIMENTO IMPOSTI DALLA DIRETTIVA EUROPEA EURATOM 59/2013***

*Giuseppe La Verde*

***CAMERA AD ATMOSFERA CONTROLLATA DI RADON PER LA TARATURA DI STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL GAS RADON***

*Luisella Garlati, Marco Caresana, Lario Martinelli, Francesca Tugnoli*

**XIX CONVEGNO NAZIONALE SIRR, 10-12 novembre 2020, in modalità telematica**

### **CONFERENZE e SCUOLE**

## **Radon indoor: caso studio sull'efficacia della ventilazione passiva alla luce dei nuovi livelli di riferimento imposti dalla Direttiva Europea EURATOM 59/2013**

Giuseppe La Verde<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Fisica "E. Pancini", Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italia

<sup>2</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), sezione di Napoli

e-mail: glaverde@na.infn.it

### **Abstract**

In questo lavoro è stato svolto uno studio sull'efficacia delle azioni di rimedio in ambienti chiusi con alte concentrazioni di attività di gas radon, selezionati da una pregressa indagine svolta nel 2013-2014. L'idea è stata di applicare le prescrizioni della direttiva euratom 59/2013, in parte recepita dalla regione Puglia con la Legge Regionale n.30/2016, pur trattandosi di ambienti destinati ad uso abitativo e non attività aperte al pubblico. Questo aspetto ha consentito di poter svolgere la medesima attività di bonifica senza entrare in conflitto con le necessità di adempimento legislativo che avrebbero avuto gli esercenti delle attività coinvolte.

Tuttavia gli edifici sono stati selezionati in base a delle caratteristiche comuni a quelle di locali commerciali. Implementando la ventilazione secondo precise prescrizioni ed effettuando una nuova misura annuale di controllo è emerso un significativo abbattimento della concentrazione di radon indoor. Ciò può essere l'inizio di uno studio che possa produrre una standardizzazione di azioni di rimedio alla luce dei nuovi livelli di riferimento della direttiva europea, che a breve sarà recepita a livello nazionale, e degli adempimenti imposti dalle cogenti leggi regionali.

### **1. Introduzione**

Il radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) è un gas nobile, incolore e inodore; è il più pesante dei gas conosciuti (densità 9.72 g/l a 0°C, 7 volte più denso dell'aria). Per la sua inerzia chimica diffonde nell'aria dalle rocce, dal suolo e dall'acqua. Esso viene prodotto lungo la catena di decadimento di uno dei radionuclidi primordiali, l'uranio-238, pertanto è distribuito sulla tutta la crosta terrestre. Il rilascio in atmosfera dipende da vari fattori tra cui l'umidità del terreno, la porosità della roccia e le condizioni meteorologiche (temperatura, pressione, presenza di vento); in particolar modo il radon risente delle differenze di pressione e per questo la sua concentrazione presenta variazioni sia giornaliere sia stagionali. In ambienti chiusi, il radon va incontro ad accumuli (*radon indoor*) penetrando all'interno degli edifici per risalita dal suolo o esalazione dagli stessi materiali da costruzione, o ancora perché rilasciato dall'acqua.

Il radon è definito un "gas pericoloso" in quanto decade radioattivamente. Esso, infatti, emette particelle  $\alpha$  diventando Polonio (Po), che è a sua volta radioattivo.

L'aria inalata contiene sia radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) sia i suoi prodotti di decadimento ( $^{218}\text{Po}$  e  $^{214}\text{Po}$ ): il radon, in quanto gas inerte, viene in gran parte espirato, mentre i suoi "figli" solidi, chimicamente attivi e con tempi di decadimento molto brevi, si attaccano alle pareti interne dell'apparato bronchiale e decadono emettendo particelle  $\alpha$ . All'interno delle cellule, il decadimento può produrre un'intensa ionizzazione su strutture come il DNA, provocando dei danni. Ciò può portare all'apoptosi, all'attivazione di processi di riparazione oppure a trasformazione neoplastica [1-3].

L'International Agency for Research on Cancer (IARC) ha classificato il radon come appartenente al gruppo 1 delle sostanze cancerogene per l'essere umano [4], e l'Organizzazione Mondiale di Sanità (OMS) lo ha classificato quale seconda causa di cancro al polmone dopo il fumo di tabacco [5].

Risulta pertanto molto importante considerare l'aspetto normativo che stabilisce alcuni parametri di riferimento per la tutela della salute umana.

In Italia la normativa in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti è il D. Lgs.241/00 [6]. In particolare il capo III-bis "*Esposizioni da attività lavorative con particolari sorgenti naturali di radiazioni*" rappresenta un notevole passo avanti nella radioprotezione. Prima di questo decreto le uniche esposizioni che venivano prese in considerazione erano quelle relative alle radiazioni artificiali prodotte in medicina nucleare, nell'imaging diagnostico, in acceleratori per terapie mediche e in centrali nucleari (si veda il D.Lgs. n.230/1995) [7].

Per quanto riguarda l'esposizione al gas radon, il D.Lgs.241/00 individua un'ampia gamma di attività lavorative, selezionate in funzione della loro ubicazione: luoghi interrati e seminterrati come tunnel, gallerie, grotte etc...(art. 10-bis). Per tali categorie è necessario effettuare una misura annuale divisa in due semestri (estivo e invernale) a causa delle fluttuazioni stagionali e ambientali del radon.

La legislazione italiana ha fissato per gli ambienti di lavoro un livello di azione per il radon pari a una concentrazione media annua di 500 Bq/m<sup>3</sup>, corrispondente ad una dose efficace di 3 mSv/anno.

Se i suddetti valori dovessero essere superati, la normativa riporta gli obblighi per il datore di lavoro in base a diversi scenari.

Nessuna normativa si riferisce a misure da effettuare negli ambienti chiusi ad uso domestico; tuttavia le raccomandazioni 2007 della commissione internazionale per la protezione radiologica pongono per le abitazioni un livello di riferimento < 600 Bq/m<sup>3</sup> [8].

Il 5 dicembre 2013 il Consiglio dell'EURATOM ha emanato la Direttiva 2013/59 che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 90/641/Euratom, 89/618/Euratom, 97/43/Euratom, 89/618/Euratom e 2003/122/Euratom [9].

Le principali novità in materia di radioprotezione dal gas radon, rispetto al D.Lgs.241/sono:

1. la definizione di un piano d'azione per il radon per i rischi a lungo termine e l'individuazione di aree radon-prone (art 103);
2. per i luoghi di lavoro, il livello di riferimento nazionale per la concentrazione in aria di attività media annua è pari a 300 Bq/m<sup>3</sup>. Le misurazioni devono essere eseguite in tutti i locali situati a livello interrato, seminterrato e pianterreno (art 54);
3. per i lavoratori la dose efficace non deve superare i 6 mSv/anno;
4. in tutti gli ambienti chiusi (inclusi quelli destinati ad abitazione) il livello di riferimento per la media annua della concentrazione di attività è di 300 Bq/m<sup>3</sup> (art 74).

L'Italia avrebbe dovuto recepire la Direttiva il 6 febbraio 2018 in base alla Legge di delegazione europea 2014; tuttavia alcune Regioni stanno provvedendo a recepire parte di essa, soprattutto quella che riguarda l'esposizione al gas radon. La regione Puglia è stata la prima a legiferare in questo senso con la Legge Regionale n. 30 del 03/11/2016 "*Norme in materia di riduzione dalle esposizioni alla radioattività naturale derivante dal gas 'radon' in ambiente chiuso*" e s.m.i che adotta i livelli di riferimento della direttiva europea, rendendo obbligatorie le misure annuali di radon indoor in:

1. interrati, seminterrati e locali a piano terra degli edifici aperti al pubblico, con esclusione dei residenziali e dei vani tecnici;
2. gli edifici strategici di cui al D.M. 14.01.2008 e destinati all'istruzione, compresi gli asili nido e le scuole materne in tutti i locali dell'immobile interessato (poiché gli studenti sono definiti la popolazione più radiosensibile).

L'obbligo da parte dell' esercente è misurare la concentrazione di radon e, nel caso questa superi i 300 Bq/m<sup>3</sup>, di valutare in maniera più approfondita la situazione e intraprendere azioni di rimedio [10]. Nel luglio 2019 anche la regione Campania ha legiferato in tal senso con la L.R. n.13/2019 [11]. Appare quindi necessario valutare concretamente l'efficacia di alcune azioni rimedio per poter ridurre al minimo possibile le concentrazioni di attività di gas radon secondo il principio di ottimizzazione adottato dalla stessa normativa (art.7).

### 3. Materiali e metodi

Considerando l'imminente recepimento della direttiva 59/2013 e alla luce della L.R. n.30/2016, sono state effettuate delle misure in alcune abitazioni selezionate da una precedente indagine [12]. Pur non essendo direttamente interessate dalla LR n.30/2016, sono state considerate abitazioni con caratteristiche strutturali simili ad attività commerciali ed è stato assunto che l'eventuale efficacia delle azioni di rimedio si possa poi adottare anche a tali ambienti, destinatari degli obblighi di legge.

Per questa misura sono stati scelti locali che avessero in comune alcune caratteristiche:

- l'intero locale situato al pianterreno
- materiali da costruzione: tufo leccese (rocce calcarenitiche tipiche della zona) [13]
- estensione compresa tra 100 e 150 mq
- concentrazione di gas radon superiore a 300 Bq/m<sup>3</sup>
- tempo di apertura delle finestre inferiore o uguale a 4 h/die.

Le suddette informazioni sono state raccolte durante la prima campagna di misurazione attraverso l'utilizzo di un questionario, che ha raccolto dati sia sulla struttura sia sulle abitudini di vita degli occupanti. Una volta individuati gli edifici, ogni famiglia è stata contattata per chiedere l'adesione al programma, istruita sulla problematica del radon indoor ed edotta sulle possibili azioni di rimedio da adottare. Di queste ultime quella che è stata adottata è la ventilazione passiva [14]. Come primo intervento è stato prescritto un aumento della ventilazione passiva del 40% per 5 giorni, in modo da consentire un sufficiente ricambio dell'intero volume di aria dei locali. Successivamente, la ventilazione doveva essere mantenuta aumentata del solo 25% (circa 5h/die).

Anche in questa seconda campagna di misurazione sono stati utilizzati rivelatori passivi LR115, in modo che i risultati potessero essere comparabili con quelli della misura precedente.

Il rivelatore LR115 è un rivelatore a stato solido di tracce nucleari (SSNTD's) di nitrato di cellulosa in grado di registrare particelle alfa che interagiscono con lo stato di aggregazione del polimero creando una piccola perforazione.



Figura 1 Formazione e sviluppo delle tracce nucleari

Dopo l'esposizione, i rivelatori sono sottoposti ad attacco chimico usando una soluzione di NaOH 2,5 N a 60 ° C per 110 min; questo poiché il numero di tracce aumenta linearmente con la riduzione dello spessore residuo (fig.1)

Per ciascuna pellicola è stata scelta un'area di 2,25 cm<sup>2</sup> per eseguire una misura dello spessore residuo e il conteggio delle tracce. Lo spessore residuo è stato misurato con un metodo ottico utilizzando uno scanner con doppia illuminazione, e la sua luminosità media nella scala dei grigi è stata determinata utilizzando il software di elaborazione delle immagini ImageJ. La luminosità è stata quindi convertita in spessore residuo facendo riferimento ad una curva di calibrazione utilizzata anche per la misura del 2013. Anche per il conteggio delle tracce è stato impiegato lo stesso ImageJ considerando una densità di tracce dovuto al background di 10 tracce / cm<sup>2</sup> Infine la concentrazione di attività di gas radon è stata ottenuta tramite la formula:

$$(C_i) = R_{6.5} / E \cdot h$$

- $C_i$ : concentrazione misurata dall' i-esimo rivelatore (espressa in  $Bq/m^3$ );
- $R_{6.5}$ : spessore normalizzato;
- $E$ : efficienza;
- $H$ : tempo (espresso in ore)

La misura ha avuto una durata di dodici mesi da marzo 2018, dividendo il periodo in due semestri: estivo ed invernale. I rivelatori sono stati posizionati negli stessi ambienti della prima misura, in camera da letto, dove è maggiore il tempo di soggiorno degli occupanti.

#### 4. Risultati e Discussioni

Le abitazioni nelle quali è stato possibile sperimentare l'efficacia delle azioni di rimedio ed eseguire una misura annuale sono state 18 delle 311 della prima indagine. Queste sono state il risultato della selezione in base ai valori di concentrazione media annua superiore a  $300 Bq/m^3$  e alla disponibilità dei soggetti coinvolti. Da come si evince dalla fig.2, implementare la ventilazione passiva ha prodotto un significativo abbattimento della concentrazione di radon indoor.

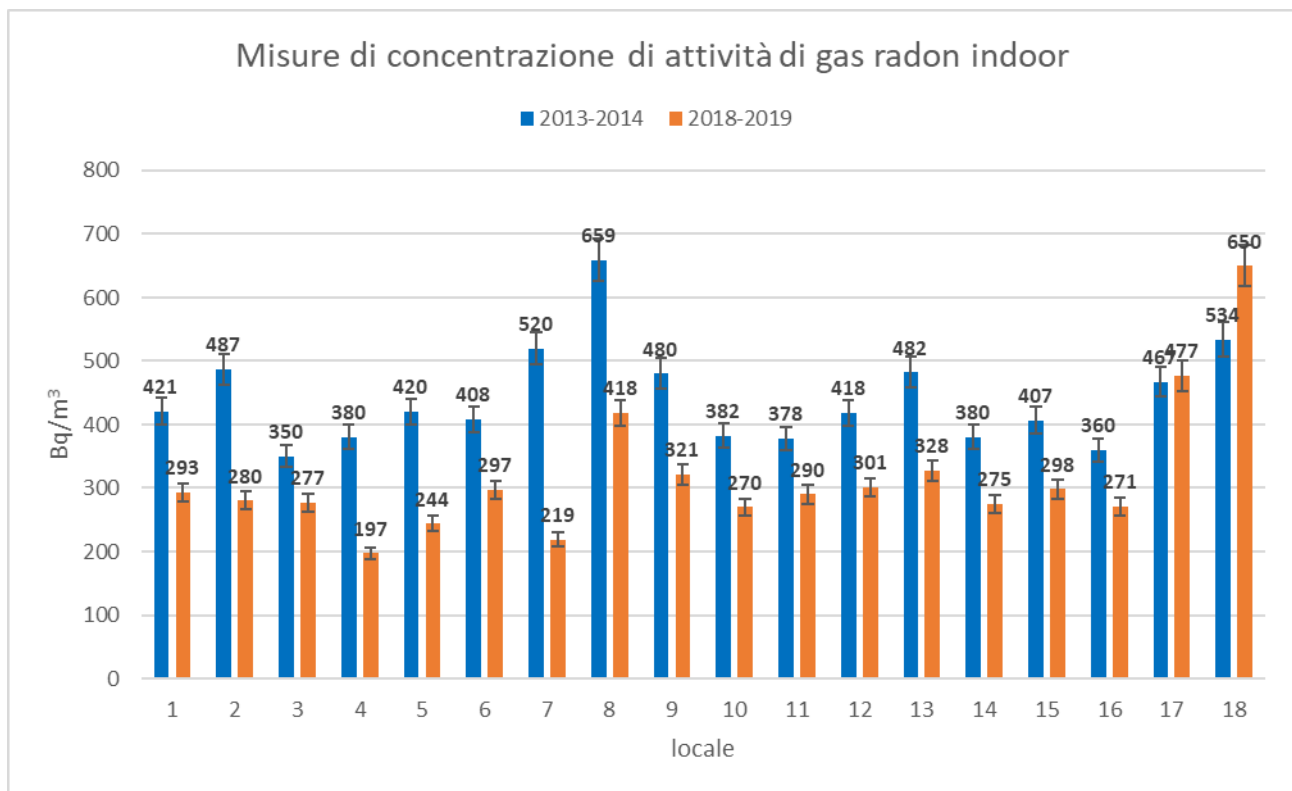


Figura 2 Risultati delle misure effettuate prima e dopo l'adozione di azioni di rimedio. Per i valori finali, l'errore è stato calcolato al 5%

Per ogni abitazione (da 1 a 16) che ha adottato il protocollo di incremento del 25% di ventilazione è possibile osservare una sensibile diminuzione della concentrazione di radon indoor (fig.3).

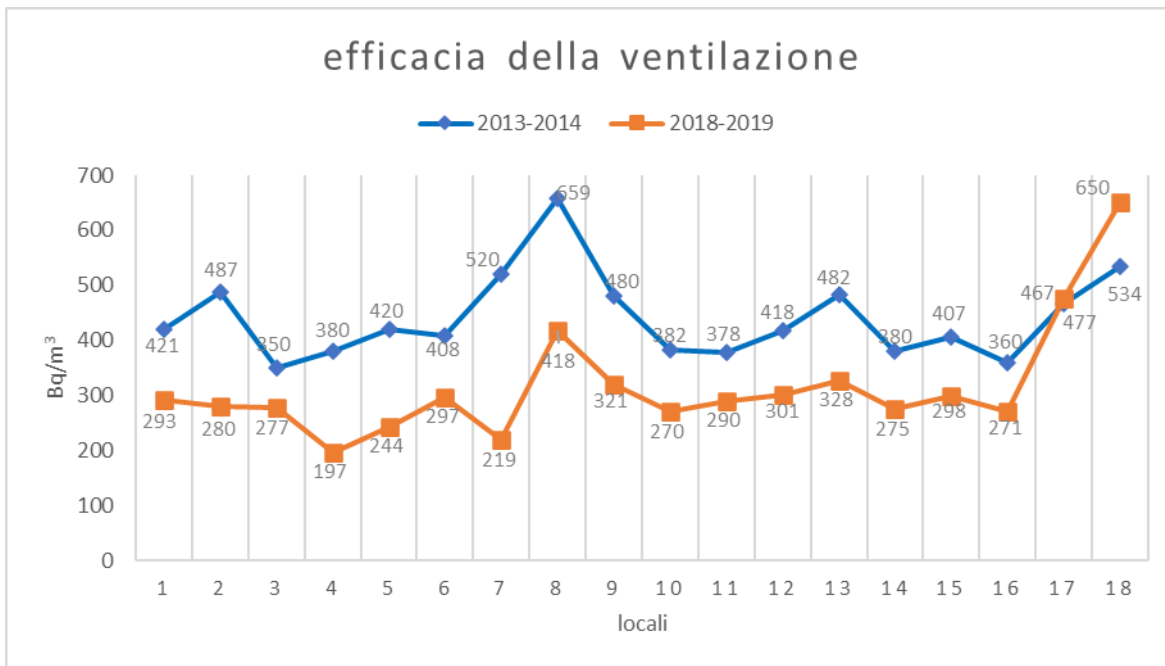


Figura 3 Trend dell'efficacia della ventilazione passiva sulla concentrazione media annua di attività di gas radon indoor

Il trend è abbastanza costante per ogni sito, ed è pari ad un abbattimento medio di concentrazione di radon indoor del 33,7%. Tuttavia questo valore salirebbe al 37% se si escludessero i risultati ottenuti nei locali 3, 6, 11 e 15 per i quali non è stato adottato in modo costante l'incremento di ventilazione delle 5h/die, registrando così una efficacia media del 23%.

Il locale 17 è stato utilizzato come riferimento e quindi non è stata adottata alcuna azione di rimedio; pertanto i valori sono confrontabili. Infine nell'abitazione 18 è stato diminuito il rate di ricambi d'aria: ciò ha comportato un sensibile aumento, pari a circa il 22%, della concentrazione di attività di gas radon indoor.

### 3. Conclusioni

Il radon indoor rappresenta un fattore non sempre semplice da gestire, soprattutto nel momento in cui vi sono delle normative da applicare. Il caso studio riportato dimostra come sia necessario analizzare casi applicativi per comprendere le variabili sulle quali intervenire e ridurre in modo efficace l'accumulo di gas radon indoor. Inoltre, informare gli occupanti riguardo la problematica e studiare un intervento che possa poi essere mantenuto nel tempo senza stravolgere le abitudini e lo stile di vita, sembra essere il primo approccio per ottenere un esito positivo. Tali interventi si rivelano di grande utilità se applicati, oltre che al contesto domestico per una migliore salubrità indoor, anche e soprattutto a realtà lavorative oggetto delle prescrizioni delle normative. Alla luce dell'imminente recepimento a livello nazionale della Direttiva Euratom 59/2013 che estenderà l'obbligo delle misure in tutti gli ambienti (non solo di lavoro ma anche quelli aperti al pubblico) e che indica un livello di riferimento di 300 Bq/m<sup>3</sup>, sarebbe auspicabile condurre dei monitoraggi molto più ampi. In questo modo sarebbe possibile ottenere una statistica tale da produrre un protocollo standardizzato di azioni di rimedio efficaci a seconda degli scenari che sono presi in considerazione e la relativa resa in termini di abbattimento di concentrazione di radon indoor.

## Bibliografia

1. Nuclear Regulatory Commission, 2006. *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*. BEIR VII - **Phase 2** Academies Press
2. Wu J, Sun B, Zhang S, Zhang J, Tong J, Nie J, Li J. Effects of radon on miR-34a-induced apoptosis in human bronchial epithelial BEAS-2B cells. *J Toxicol Environ Health A*. 2019; **82**(16):913-919. doi: 10.1080/15287394.2019.1665350
3. Kim SH, Koh SB, Lee CM, Kim C, Kang DR. Indoor Radon and Lung Cancer: Estimation of Attributable Risk, Disease Burden, and Effects of Mitigation. *Yonsei Med J*. 2018; **59**(9):1123-1130. doi: 10.3349/ymj.2018.59.9.1123.
4. International Agency for Research on Cancer Monographies on the evaluation of carcinogenic risks to humans 1998; **43** 173-259
5. World Health Organization. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44149/1/9789241547673\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44149/1/9789241547673_eng.pdf)
6. Decreto Legislativo n. 241 del 26 maggio 2000, *Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti*. Gazz. Uff. n. **203** del 31 agosto 2000
7. Decreto legislativo n. 230 del 17 marzo 1995. *Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom e 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti*. Gazz. Uff. n. **136** del 13 giugno 1995.
8. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37 (2-4).
9. Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5 dicembre 2013 , che *stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom*. GUCE L **13** del 17 gennaio 2014
10. Legge Regionale Puglia n.30 del 03/11/2016. *Norme in materia di riduzione dalle esposizioni alla radioattività naturale derivante dal gas 'radon' in ambiente chiuso*. B.U. R. Puglia n. **126** Del 04/11/2016.
11. Legge Regionale Campania n.13/2019. *Norme in materia di riduzione dalle esposizioni alla radioattività naturale derivante dal gas 'radon' in ambiente chiuso*
12. Quarto M, Pugliese M, La Verde G, Loffredo F, Roca V. Radon exposure assessment and relative effective dose estimation to inhabitants of Puglia Region, South Italy. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2015; **12**, 14948-14957; doi:10.3390/ijerph121114948
13. La Verde G, Raulo A, D'Avino V, Roca V, Pugliese M. Radioactivity content in natural stones used as building materials in Puglia region analysed by high resolution gamma-ray spectroscopy: Preliminary results. *Constr Build Mater*. 2020; **239**, 117668 doi 10.1016/j.conbuildmat.2019.117668
14. Chauhan RP, Kant K, Nain M, Chakarvarti SK. Indoor radon remediation: effect of ventilation. *Environmental Geochemistry*. 2006; **9**(1), 100-104.

# **CAMERA AD ATMOSFERA CONTROLLATA DI RADON PER LA TARATURA DI STRUMENTAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEL GAS RADON**

Luisella Garlati, Marco Caresana, Lario Martinelli, Francesca Tugnoli

*Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia, via La Masa 34, 20156 Milano*

e-mail: luisella.garlati@polimi.it

## **Introduzione**

La pubblicazione della direttiva 2013/59/Euratom del 05/12/2013 pone molta attenzione sui livelli di riferimento per la concentrazione del gas radon in aria, facendo proprio il valore di  $300 \text{ Bq/m}^3$  come limite superiore per il livello di riferimento da adottare per la concentrazione di radon. Ad oggi (gennaio 2020) la direttiva non è ancora stata recepita in Italia, per cui vale ancora il livello d'azione di  $500 \text{ Bq/m}^3$  nei luoghi di lavoro. Alcune regioni però hanno emanato delle leggi regionali per adottare in anticipo il livello imposto dalla direttiva Euratom.

Parallelamente l'abbassamento del livello di riferimento ha comportato anche la necessità di ridefinire le procedure di taratura per i monitor radon presenti sul mercato, aventi spesso sensibilità non adeguata a livelli di concentrazioni radon così bassi. A tal scopo è stato finanziato il progetto europeo MetroRADON per il triennio 2017-2020 [1], che si prefigge anche di tracciare delle linee guida per chi effettua le misure in campo.

Infine molti laboratori, proprio per dare garanzia della qualità dei valori misurati, hanno accreditato secondo la ISO 17025:2015 la prova della misura della concentrazione del gas radon in aria.

In questo panorama è comprensibile la necessità di avere sistemi di riferimento con atmosfere controllate di radon (STAR o genericamente camere radon) per la taratura della strumentazione da utilizzare per le verifiche dei livelli di concentrazione di radon.

## **Il settore Radon del Laboratorio di Metrologia delle Radiazioni**

La prima camera radon dell'allora Dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano [2] è stata resa funzionale nel 2001, dopo l'entrata in vigore del D. Lgs 241/2000, che ha introdotto le misure di radon nei luoghi di lavoro. Nel tempo, come laboratorio, si è acquisita esperienza nelle tarature dei monitori in continuo e dei dispositivi passivi di misura.

Con la nascita del Dipartimento di Energia e la nuova sede dei laboratori presso il Campus Bovisa, il laboratorio si è dotato di una nuova camera radon, allestita partendo dalle conoscenze acquisite in precedenza e nel rispetto delle norme di radioprotezione, accanto alla precedente camera radon ancora in utilizzo.

Attualmente si sta predisponendo tutta la documentazione per chiedere l'accreditamento del laboratorio come centro di taratura secondario per le grandezze concentrazione di radon ed esposizione di radon in aria.

## **La camera radon**

L'attuale camera radon è stata ricavata da una camera a guanti di dimensioni  $(150 \times 110 \times 120) \text{ cm}^3$ , per un volume totale di  $1,89 \text{ m}^3$ . Quasi tutta la struttura è in acciaio inox: fanno eccezione le due pareti laterali di dimensioni maggiori, che sono costituite da due lastre di policarbonato dello spessore di 15 mm e che permettono di visualizzare quanto contenuto nella camera, e un'apertura posta al centro del soffitto della camera, dotata di parete di policarbonato, per l'alloggiamento di una lampada al neon.



Su una parete laterale della camera è presente un sistema a doppia apertura (SAS), utilizzato per l'introduzione di qualsiasi oggetto nella camera stessa (dispositivi o strumenti in taratura, materiale ausiliario ...). Su entrambe le pareti laterali in acciaio inox sono presenti vari passaggi a tenuta stagna, per portare all'interno della camera la tensione di alimentazione e i cavi dei vari segnali, e tubi per creare le atmosfere di riferimento (carico del gas radon, immissione di altri gas tecnici, diluizione della concentrazione radon...).

Ognuna delle due pareti in policarbonato è dotata di sei aperture ove sono alloggiati i guanti, così da permettere la manipolazione di quanto contenuto nella camera. Ogni apertura è dotata di tappo per isolare la camera dal guanto, minimizzando le variazioni di pressione e le eventuali perdite di gas.

All'interno della camera sono posizionati opportuni scaffali metallici grigliati per la collocazione del campione di misura di riferimento (CMR) e gli strumenti o i dispositivi in taratura. Solidali a queste strutture, sono collocati più ventilatori per l'omogeneizzazione della concentrazione di radon nel volume.

Il Rn-222 viene aspirato da una sorgente di Ra-226 e inserito in un sistema volumetrico di dosaggio. Questo sistema è composto da tre fiale ed è collocato direttamente all'interno della camera. Selezionando l'opportuna fiala, si immette radon nella camera, creando così l'atmosfera di radon in aria desiderata. La sorgente di Ra-226 consiste in un foglio di plastica epossidica contenente il radionuclide, racchiuso in un cilindro schermato e dotato di due valvole. Il radon viene emanato dal foglio con coefficiente di emanazione prossimo a 1 e resta chiuso nel cilindro fino all'apertura di una delle due valvole.

La camera è altamente automatizzata e strettamente monitorata da sensori di vario tipo.

Grazie alla doppia chiusura ermetica, la SAS costituisce a sua volta una piccola camera radon. Essa è utilizzata anche per la valutazione del "bianco" dei monitori, grazie alla possibilità di flussare azoto al suo interno.

Il campione di misura di riferimento, in grado di garantire la riferibilità metrologica, è costituito da una camera a ionizzazione AlphaGUARD DF2000. Esso è interconnettibile col AlphaPM Radon Progeny Meter, per la determinazione della concentrazione progenie del radon in aria, ed è in grado di effettuare misure di toron.

Il campione viene tarato con cadenza biennale presso istituti europei certificati ISO 17025:2015.

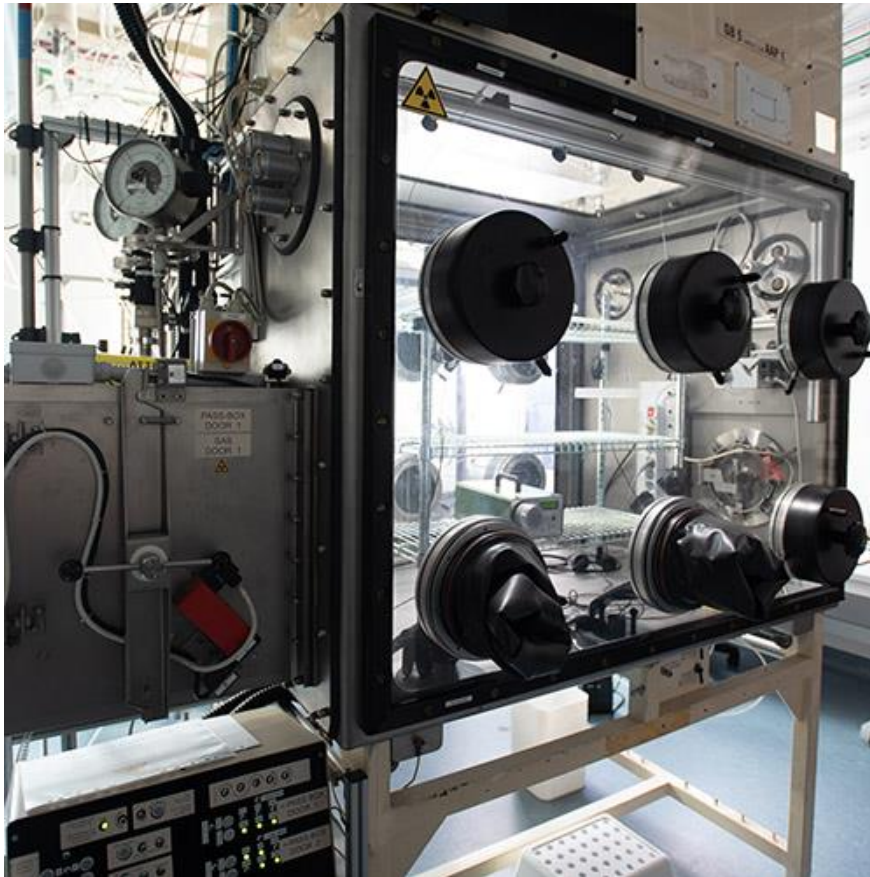


Figura 1: Camera Radon da circa 2 m<sup>3</sup> con SAS annessa

### Attività standard svolte in camera Radon

La principale attività della camera è la taratura di strumenti per il monitoraggio del gas radon. Tra questi rivelatori sono compresi i dispositivi passivi per la misura integrata nel tempo, cioè la misura della concentrazione media di radon in un certo intervallo di tempo.

Per la taratura degli strumenti per la misura in continuo, il confronto avviene tra quanto registrato dal campione di riferimento e dal campione in taratura a differenti livelli di concentrazione di radon. L'intervallo standard di concentrazione di radon per la taratura è tra 1000 e 15000 Bq m<sup>-3</sup>. Per valori inferiori a 1000 Bq m<sup>-3</sup> non si hanno sorgenti di riferimento e i monitori non hanno sufficiente sensibilità per garantire una misura accurata. Per colmare questa lacuna, il progetto MetroRADON ha tra gli scopi quello di una sorgente dedicata alla creazione di livelli di concentrazione di radon in questo intervallo.

Per i dispositivi passivi la taratura è un'esposizione di una certa durata temporale a concentrazioni note di radon. La durata minima di un'esposizione è di 36 ore, mentre la durata massima è dipendente dal valore che si vuole ottenere.

Le concentrazioni attualmente raggiungibili nella camera radon del laboratorio sono riassunte in tabella 1; i valori di esposizione massimi indicati sono calcolati considerando tempi di occupazione della camera non sempre applicabili. Infatti nella routine le esposizioni non hanno durata superiore a 10 giorni (240 ore).

Grazie al volume estremamente elevato della camera, è possibile effettuare tarature di più strumenti in contemporanea (fino a 10 strumenti) e di alloggiare un gran numero di dispositivi passivi al suo interno (il numero varia a seconda della tipologia di dispositivo).

Grandezza	Campo di misura
Concentrazione	(5,0 · 10 <sup>2</sup> ÷ 2,5 · 10 <sup>5</sup> ) Bq m <sup>-3</sup>
Esposizione	(2,0 · 10 <sup>3</sup> ÷ 2,0 · 10 <sup>7</sup> ) Bq h m <sup>-3</sup>

Tabella 1: *Campo di misura per la concentrazione di radon e per i valori di esposizione raggiungibili in camera radon*

### **Attività complementari**

Accanto alle misure di routine per le tarature, la camera radon è utilizzata anche per attività di caratterizzazione di dispositivi e di strumenti. In particolare, viste le sue dimensioni, è utilizzata per attività in cui è necessario confrontare la risposta di più strumenti di differenti dimensioni oppure di un numero elevato di dispositivi. Per esempio, è stata utilizzata per caratterizzare la risposta di 26 monitori utilizzati durante il “2° *interconfronto internazionale radon in campo per sistemi di misura passivi: ambienti lavorativi e abitativi*”, organizzato dall’Associazione Italiana di Radioprotezione [2].

La SAS, grazie alla sua tenuta e al suo volume ridotto, può essere utilizzata per misure di basse attività di radon: misure di esalazione di radon da campioni quali rocce o fiale ceramiche contenenti sali di Ra-226; verifica della tenuta di sorgenti incapsulate; verifica delle permeabilità di buste utilizzate per la conservazione di dispositivi passivi.

Si ha la possibilità di studiare schemi di prova personalizzati su quanto necessario verificare. Tali misure finalizzate alla ricerca possono essere condotte anche nella camera radon secondaria, soprattutto se sono necessari tempi lunghi di misura; la riferibilità metrologica è garantita tramite un monitore secondario, tarato sia da un ente esterno, sia dal laboratorio di Metrologia delle Radiazioni.

In futuro si auspica di organizzare prove valutative interlaboratorio (interconfronti) per sistemi passivi, così da offrire un servizio necessario per i laboratori, che forniscono i dispositivi per la misura della concentrazione di radon ai fini di ottemperare agli obblighi di legge.

### **Bibliografia**

[1] <http://metroradon.eu/>

[2] M. Caresana, L. Garlati, “*Realizzazione di una camera ad atmosfera controllata di radon*”, III Congresso “Metrologia&Qualità”, Torino (25-27 Febbraio 2003)

[3] F. Berlier et al., “*Main results of the second AIRP international radon-in-field intercomparison for passive measurement devices*”, Radiation Measurements 128 (2019)106177

### **Call for papers per i prossimi numeri**

La rivista SIRR, le cui uscite sono previste in Aprile, Agosto e Dicembre, pubblica articoli scientifici - sia originali sia di rassegna - e *reports* di congressi inerenti alle radiazioni (ionizzanti e non), dal punto di vista sia fisico-chimico, sia medico-biologico.

La sottomissione spontanea di contributi è sempre benvenuta, specialmente da parte dei giovani. I contributi devono essere redatti in Times New Roman 12 interlinea singola; al titolo devono seguire i nomi degli autori, le loro affiliazioni e l’indirizzo di posta elettronica del “corresponding author”. Le referenze, elencate alla fine in ordine di citazione, vanno incluse nel testo mediante numeri progressivi inseriti tra parentesi quadre come nell’esempio riportato sotto [1]. I contributi, comprensivi di eventuali figure e/o tabelle, vanno inviati come unico file .doc o .docx a [francesca.ballarini@unipv.it](mailto:francesca.ballarini@unipv.it)

1. T. Tizio, C. Caio and S. Sempronio (anno), *Titolo*. Nome della rivista abbreviato, **Volume**, pagine.

## CONFERENZE e SCUOLE

**RAD 2020 - Eighth International Conference on Radiation in Various Fields of Research**, Hunguest Hotel Sun Resort, Herceg Novi, Montenegro, July 20 – 24, 2020, <https://rad2020.rad-conference.org>

**45th Annual Meeting of the European Radiation Research Society (ERR 2020)**, 13th-17th September 2020, *virtual meeting*, [www.errs2020.eu/app/netattm/attendee/page/98153](http://www.errs2020.eu/app/netattm/attendee/page/98153)

**106° Congresso Nazionale SIF (Società Italiana di Fisica)**, 14-18 settembre 2020, *meeting telematico*, <https://www.sif.it/attivita/congresso/106>

**Convegno Nazionale AIRP di Radioprotezione**, Lamezia Terme (CZ), 30 settembre-2 ottobre (*eventualmente in modalità telematica*), <https://www.airp-asso.it/?p=4148>

**49o Congresso Nazionale SIRM (Società Italiana di Radiologia Medica)**, Rimini, 1-4 ottobre 2020, <http://areasoci.sirm.org/congressi/3>

**9th International Geant4 school**, Catania (Italy), 4-9 October 2020, <https://www.unict.it/en/news-events/geant4-school-2020>

**XXX Congresso nazionale AIRO (Associazione Italiana Radioterapia Oncologica) e XXXII Congresso nazionale AIRB (Associazione Italiana Radiobiologia)** “Radioterapia personalizzata: un nuovo paradigma in oncologia”, Bologna, 9-11 ottobre 2020, <https://airo2020.com/>

**RRS (Radiation Research Society) Annual Meeting**, Big Island, Hawaii, October 18-21, 2020, <https://www.radres.org/>

**ASTRO Annual meeting**, October 25 - 28, 2020, *virtual meeting*, <https://www.astro.org/Meetings-and-Education/Live-Meetings/2020/Annual-Meeting>

**Convegno AIRM (Associazione Italiana Radioprotezione Medica)** “Radioprotezione 2.0 2.0”, Ragusa, 29-30 ottobre 2020, <https://airm.name/congressi-corsi/>

**XIX Convegno Nazionale SIRR**, 10-12 novembre 2020, *modalità telematica*, <http://www.sirr2.it/sirr2020>

**ESTRO 2020**, 28 November 2020 - 01 December 2020, Vienna, Austria, <https://www.estro.org/Congresses/ESTRO-2020/ESTRO-2020>

**IRPA 15**, Seoul, 18-22 January 2021, <https://www.irpa2020.org/>

**3rd European Congress of Medical Physics and 11th AIFM (Associazione Italiana Fisica Medica) national congress**, Torino, Italy, June 16-19, 2021, [www.ecmp2020.org/](http://www.ecmp2020.org/)

## **XIX Convegno Nazionale SIRR**

<http://www.sirr2.it/sirr2020>

Il **XIX Convegno Nazionale SIRR** si terrà dal 10 al 12 novembre 2020, in modalità telematica. Nell'ambito del Convegno saranno presentati i più recenti studi nelle discipline proprie della Società (fisica, biologia, ingegneria, chimica e medicina), finalizzati al miglioramento delle conoscenze di base e della ricerca applicata in ambito biomedico, radioprotezionistico e industriale. I dettagli sono disponibili sul sito (<http://www.sirr2.it/sirr2020>)

*termine per l'invio degli abstract: 10 luglio 2020*

