

from: 7° Incontri Mediterranei di Igiene Industriale – Bari, 3-4 ottobre 2019

## Remedy and mitigation of radon gas in living environments. Procedures and methods carried out by arpacal within the institutional activities

### Azioni di rimedio e mitigazione del gas radon in ambienti di vita. Procedure e metodi realizzati dall'arpacal nell'ambito delle attività istituzionali

Filomena Casaburi<sup>1\*</sup>, Salvatore Procopio<sup>1</sup>, Pietro Capone<sup>2</sup>, Salvatore Ferro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Arpacal – Dipartimento Provinciale di Catanzaro

<sup>2</sup> Arpacal – Dipartimento Provinciale di Vibo Valentia

\* Corresponding author:

Filomena Casaburi, ARPA Calabria – Dipartimento provinciale di Catanzaro. Via Lungomare Località Mosca (loc. Giovino) - 88100, Catanzaro – f.casaburi@arpacal.it

DOI: 10.36125/ijohyhy.v10i3.356

Starting in 2010, the Regional Environmental Protection Agency of Calabria has promoted a campaign to measure the concentration of radon activity in indoor environments. This work presents the procedures and methods used to implement radon risk mitigation actions in living environments, in the territory of Calabria Region starting from the measurement of the concentration of activity. In particular, we have an experience that has achieved the goal with a remedial action capable of significantly reducing the levels of natural radioactivity and making them negligible for the purpose of assessing the risk of lung cancer. Actions to mitigate the concentration of radon gas activity have been proposed and implemented in a middle school in the Calabria Region where values of around 1000 Bq/m<sup>3</sup> have been recorded. If the rules of environmental accounting are applied to the life cycle of the intervention, while satisfying the principle of justification that governs radioprotection interventions, it is possible to carry out assessments in terms of environmental sustainability.

**Key words:** Radon, mitigation, living environments, natural radioactivity

A partire dal 2010, l'Agenzia Regionale per la protezione dell'ambiente della Calabria ha promosso sul territorio una campagna di misura della concentrazione di attività di radon in ambienti indoor. In questo lavoro vengono presentate le procedure e i metodi posti in essere per realizzare delle azioni di mitigazione del rischio radon in ambienti di vita, nel territorio calabrese a partire dalla misura della concentrazione di attività. Si da conto in particolare di una esperienza che ha raggiunto l'obiettivo con un'azione di rimedio capace di ridurre significativamente i livelli di radioattività naturale e renderli trascurabili ai fini della valutazione del rischio di tumore al polmone. Sono state proposte e realizzate delle azioni di mitigazione della concentrazione di attività del gas radon, in una scuola media della Regione Calabria in cui sono stati registrati valori intorno a 1000 Bqm<sup>3</sup>. Se si applicano i dettami della contabilità ambientale al ciclo di vita dell'intervento, pur soddisfacendo il principio di giustificazione che governa gli interventi in radioprotezione, è possibile effettuare delle valutazioni in termini di sostenibilità ambientale.

#### Introduzione

Nell'ambito dell'attuazione del Progetto CCM2014, *Applicazione di una procedura di valutazione degli interventi di prevenzione primaria del cancro polmonare derivante da esposizione al radon indoor*, promosso da INAIL in collaborazione con ARPACAL, il laboratorio fisico *Ettore Majorana* ha realizzato un monitoraggio [L.G., 2003] dei livelli di concentrazione di attività del gas radon in ambienti pubblici di proprietà del comune di San Calogero (Vv). Nella prima campagna di monitoraggio annuale con esposimetri passivi, su alcuni ambienti situati al piano terra della Scuola Media di Piazza Callipari sono stati re-

gistrati valori significativi di radon ( $344 \pm 37$  Bqm<sup>-3</sup>). Pertanto, si è proceduto ad una seconda verifica estendendo il monitoraggio anche ad altri piani, interrato e primo dello stesso edificio.

Il piano interrato, suddiviso in tre volumi separati (ex palestra – archivio, volume caldaia, volume serbatoio), è **stato individuato come fonte primaria di accumulo della concentrazione di gas radon con un livello medio**<sup>0</sup> pari a  $1065 \pm 109$  Bqm<sup>-3</sup>. Questo piano dell'edificio scolastico (Fig.1a) è direttamente collegato con una scala interna ai piani superiori e ciò facilita una distribuzione spaziale della concentrazione di attività del gas radon.

Si è proceduto quindi, con i test di immissione ed estrazione di aria nei locali interessati e con il monitoraggio della concentrazione in continuo (monitore MR1 – Miam srl) nei diversi assetti di condizionamento del

microclima (Figura 1).

È stato possibile quindi individuare una strategia di intervento per contenere i livelli di radon al piano interrato e conseguentemente a quelli sovrastanti.

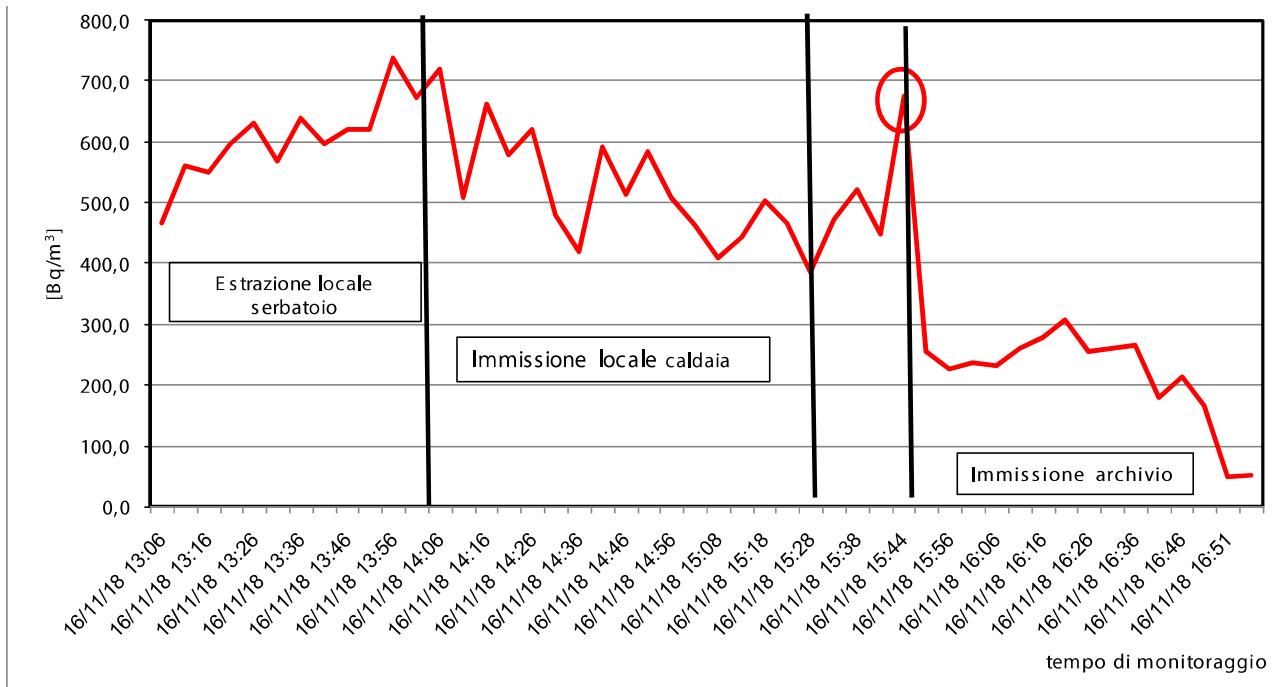


Figura 1: Test di immissione-estrazione aria Scuola Media di Piazza Callipari

In figura 1, sono riportati le fasi più salienti del monitoraggio e l'andamento temporale della concentrazione di radon nei diversi set-up. Visti i volumi interessati, stimati i tempi di risposta e di impiego del sistema di condizionamento forzato con immissione di aria dall'esterno a bassa pressione, sono state indicate le operazioni da effettuare per la risoluzione del conflitto ambientale. I locali indagati sono interrati, privi di condizionamento interno e senza areazione, dunque l'immissione di aria che potrebbe generare in taluni casi, gradienti di temperatura importanti, violando la normativa di settore sul risparmio energetico, in prima approssimazione non rappresenta una criticità termodinamica in senso stretto. Pertanto, nell'archivio e nei locali serbatoio dell'acqua e caldaia, avendo dimostrato che immettendo aria dall'esterno si abbattano completamente i livelli di radon presenti nel piano interrato, mentre il ciclo inverso (estrazione), richiama più radon dal sottosuolo rispetto a quello già presente, è stato completato il seguente intervento di mitigazione:

realizzazione di un muro di tombagno in cartongesso (14, 6 m²) in grado di isolare l'archivio dalla scala di accesso e ridefinire un volume indipendente con una porta (1, 7 m²) per l'accesso alla palestra-archivio; praticare tre aperture circolari con un diametro massimo

di 15 centimetri per l'applicazione di N.3 estrattori d'aria [L.G., 2003] di tipo elicoidale con diametro di 10 cm e con potenze differenziate: 33 W e 10 W con due diverse portate, rispettivamente 185 m³/h per il locale con il volume maggiore e 95 m³/h per i restanti. Il sistema è dotato di un programmatore orario differenziato per eseguire i tempi di esercizio come indicati nella tabella 1.

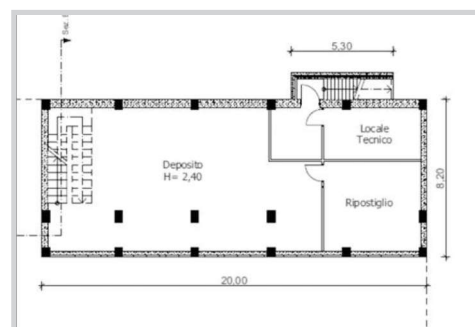


Figura 1a: Pianta interrato – locale di intervento

Una contabilità economica rigorosa, suggerisce per l'attuazione dell'intervento di contenimento del rischio radon nella scuola, un impegno economico pari a 900 €,

onnicomprensivo dei materiali e della manodopera per la posa, anche se quest'ultima già nelle disponibilità dell'Ente. Nonostante la riduzione della concentrazione di attività di radon è stata significativa, conseguendo un fattore di riduzione superiore al 95%, i tempi di esercizio e funzionamento dei tre diversi estrattori di aria sono contenuti con una buona ricaduta sul costo energetico annuo stimato, in questo lavoro è stato considerato il peso ecologico di ciascuna fase dell'intervento, al punto da ipotizzare se e quanto il beneficio derivante dalla riduzione del rischio di tumore al polmone conseguito localmente, non coincida con un aumento globale dell'impatto ecologico e un conseguente aggravio complessivo delle condizioni di rischio di altri essere viventi che non utilizzino questo ambiente di vita.

Per questo tarlo ecologico, l'intervento radioprotezionistico realizzato è stato sottoposto ad un *microscopio ecologico* per osservare i tre elementi fondanti:

- diagnosi e misura;
- progettazione dell'intervento e posa dei materiali;
- controllo dell'efficacia dell'intervento (misura), mantenimento degli obiettivi raggiunti.

Ognuna di questi fasi ha un'impronta ecologica, che può essere stimata attraverso l'applicazione di uno dei diversi indicatori di sostenibilità ambientale disponibile in letteratura.

In estrema sintesi, ci si può chiedere: quanto costa ambientalmente una misura di concentrazione di attività di radon, un'azione di mitigazione del danno, il controllo e il mantenimento dei risultati raggiunti.

**Tabella 1:** Programmazione oraria esercizio impianto di condizionamento e caratteristiche

	Volume di interesse [m <sup>3</sup> ]	Potenza [Watt]	Portata [m <sup>3</sup> /h]	Volumi coperti [m <sup>3</sup> ]
Volume Archivio	276	33	185	278
Volume Serbatoio	72	10	95	71
Volume Caldaia	26	10	95	32

	orario giornaliero		ore 6,0	ore 9-10	ore 12-13	ore 15-16	Tempo di esercizio giornaliero
Volume Archivio [275,5 m <sup>3</sup> ]	6,00	16,00	90 min	60 min	60 min	60 min	270 min
Volume Serbatoio [72,0 m <sup>3</sup> ]	6,00	16,00	45 min	45 min	45 min	45 min	180 min
Volume Caldaia [26,4 m <sup>3</sup> ]	6,00	16,00	20 min	20 min	20min	20 min	80 min
Totale esercizio [min]	530						
Energia impegnata [Joule] /giorno	6,91E+05						
Energia impegnata [Joule] / anno scolastico	1,38E+08						

## Materiale e metodi

La concentrazione di attività del gas radon è stata determinata impiegando rivelatori passivi a tracce tipo CR39 ed analizzate con un lettore ottico che segue la procedura di qualità del laboratorio specifica del metodo [UNI 10339, UNI EN 13779, UNI 11665-4, UNI 11929] di *misurazione ad integrazione per la determinazione della concentrazione media di attività del radon (<sup>222</sup>Rn) in aria con campionamento passivo -UNI ISO 11665-4: 2015 (E)*. Per

i rivelatori passivi la concentrazione di attività media di radon (<sup>222</sup>Rn) può essere stimata impiegando l'espressione

$$\bar{C} = (n_g - \bar{n}_b) \cdot \frac{1}{t \cdot S_{SSNTD} \cdot F_c} = (n_g - \bar{n}_b) \cdot \omega \quad [1.0]$$

con  $\omega = \frac{1}{t \cdot S_{SSNTD} \cdot F_c}$  vale la uguaglianza, tenendo presente che:

- $F_c$ , fattore di taratura, (traccia/cm<sup>2</sup>)/(Bqh/m<sup>3</sup>);
- $n$ , numero di rivelatori per determinare il rumore di fondo;
- $n_g$ , numero di tracce dopo l'esposizione;

- $\bar{n}_b$ , numero medio delle tracce generate dal rumore di fondo; può essere determinato sperimentalmente leggendo un certo numero di rivelatori che non sono stati esposti al radon e comunque sottoposti ad attacco chimico e lettura, o anche se il valore può comunque essere fornito dal costruttore;
- $S_{SSNTD}$ , fattore di copertura dell'area delle tracce incise, in  $cm^2$ ;
- $t$ , tempo di esposizione.

Le misure in continuo a supporto dei test di rimedio sono state effettuate con un misuratore MR1 corredato da una cella di Lucas. Successivamente si è proceduto con un protocollo del tutto ordinario per l'attuazione di un'azione di rimedio. L'elemento di diversità che è stato fortemente voluto e introdotto per la prima volta in questo lavoro, è senza alcun dubbio rappresentato dal quesito già proposto e qui richiamato: qual è il costo ambientale dell'intervento.

### Risultati

Il primo risultato di contabilità ambientale con l'impiego dei MIPS su fattori di conversione  $kg_{natura}/kg_{servizio}$  disponibili al Wuppertal Institut è la quantità di natura utilizzata per sostenere la misura di attività di gas radon con esposimetri passivi di tipo CR39. Nella figura 3 si riporta il costo ambientale delle diverse componenti e il peso ecologico relativo alla misura iniziale: 108, 5 tonnellate di materiali spesi per realizzare questa fase.

Le componenti classiche dell'indice MIPS sono state ulteriormente suddivise in ulteriori sottoinsiemi: materie non riciclabile, consumi energetici e natura recuperabile con l'utilizzo. Quest'ultimo sottoinsieme computa quella parte di natura impiegata per allestire il laboratorio, costruire la catena strumentale non recuperabile in senso stretto ma giustificata con l'impiego e l'utilizzo.

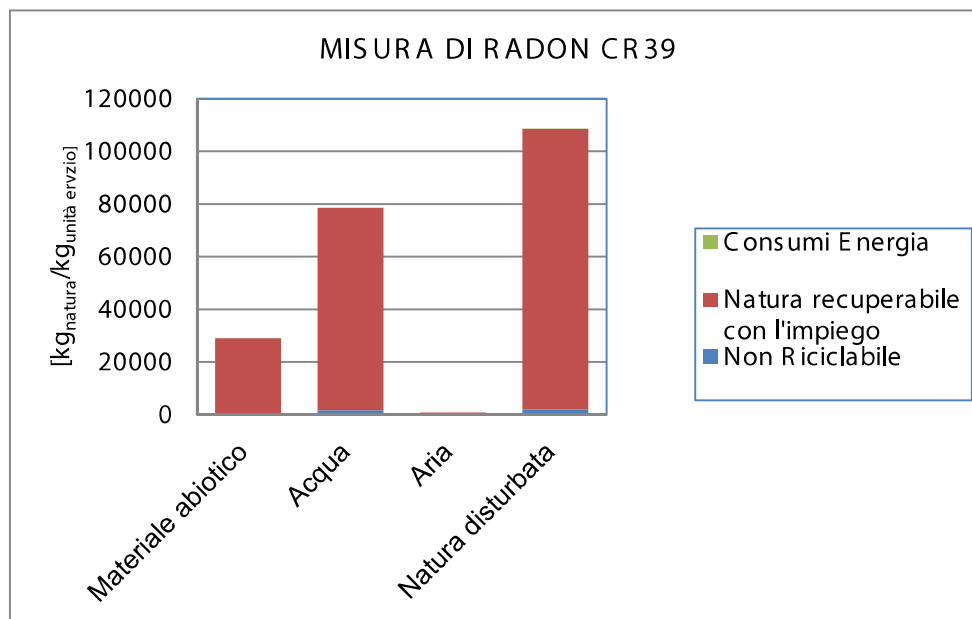


Figura 3: Peso ecologico della misura di radon con CR39

*È stato stimato il peso ecologico dell'intervento di mitigazione, prendendo in considerazione la lista dei materiali impiegati per la modifica strutturale dell'edificio, i dispositivi di estrazione sia la loro costruzione e il consumo di elettricità per esercizio di ventilazione, la misura di radon con monitor in continuo (Figura 3): lo zaino ecologico è pari a 42, 0 tonnellate.*

### Conclusioni

L'intervento di radioprotezione per la mitigazione del radon è risultato efficace pertanto in linea di principio, avendo di fatto ridotto la probabilità di rischio di tumo-

re al polmone, non si è stimolati da ulteriori interrogativi. Tuttavia, la contabilità ambientale, con l'impiego di un indicatore come ad esempio l'intensità dei materiali (MIPS), può dimostrare che il costo ambientale dell'intero ciclo ha un impatto, quasi certamente sottostimato che ci condanna ad una riflessione. Se ad una riduzione del rischio locale stimabile con una relazione di tipo lineare (concentrazione – rischio), si associ una spesa in natura complessiva pari a 153 tonnellate di materiali movimentati e smaltiti, è necessario considerare un aumento della probabilità di rischio di altra specie ed entità capace di mutuare l'esposizione: da locale a globale. Si potrebbe

parlare, parafrasando la teoria dello sviluppo sostenibile di importazione ed esportazione di rischio.

## Bibliografia

Decreto legislativo del 17 febbraio 1995 n.230/95 s.m. e i. *Attuazione delle direttive 89/618 Euratom, 90/641 Euratom, 96/29/ Euratom in materia di radiazioni ionizzanti*. Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio 5 dicembre 2013 *Norme sulla sicurezza relativa all'esposizione alle radiazioni ionizzanti*.

ISO 11665-4: 2012 (E), *Measurement of radioactivity in the environment – Air radon 222 (<sup>222</sup>Rn), Part 1 Origins of radon (<sup>222</sup>Rn) and its short lived decay products and associated measurements methods* ;

ISO 11665-4: 2012 (E), *Measurement of radioactivity in the environment – Air radon 222 (<sup>222</sup>Rn) Part 4 Integrated measurement method for determining average activity concentration using passive sampling and delayed analysis*.

ISO 11929, *Determination of the characteristic limits for measurements of ionizing radiation*

UNICEI EN ISO/IEC 17025 *Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura*

Linee guide per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano, 6 febbraio 2003 <sup>(vi)</sup>Procedura di prova pGE-001FI/CZ-*Metodo di misurazione ad integrazione per la determinazione della concentrazione media di attività del Radon (<sup>222</sup>Rn) in aria con campionamento passivo – UNI ISO 11665-4: 2015 (E)*.

UNI 10339 e UNI EN 13779/2008 *Ventilazione degli edifici di tipo non residenziale*