

# LA CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADON IN UN'ABITAZIONE CONTAMINATA DA NORM: VALUTAZIONE E STIMA DEL RISCHIO



Il progetto sperimentale, condotto su un modello di casa realizzato in scala ma con l'utilizzo in proporzione degli stessi materiali usati su fabbricati esistenti, ha portato alla conferma che, se non si adottano specifiche precauzioni, l'esposizione a NORM, in particolare radon, assume valori significativi rispetto a quanto considerato come fondo. In particolare l'uso di materiale considerato "inerte", residuo di processi industriali di lavorazione delle fosforiti, come materiale per realizzare case, strade, edifici pubblici, provoca un'alterazione dell'equilibrio del fondo naturale ed impone un'esposizione significativa e comunque indebita alla popolazione sensibile,

intendendosi quindi non solo quella adulta e sana, ma compresi malati, anziani e bambini. Si tratta di un problema fino ad oggi sottovalutato, pur se già considerato sia in ambito europeo sia nazionale come esposizione indoor fra i principali fattori di rischio del tumore polmonare.

**Naturally Occurring Radioactive Material (NORM)** [1] possono costituire la materia prima, il prodotto o il residuo di lavorazione di numerose attività industriali in cui, il rischio radiologico è generalmente sottovalutato rispetto a quello chimico. Ogni attività lavorativa che prevede l'impiego, lo stoccaggio o la produzione di materiali e/o residui contenenti NORM, può provocare un aumento del rischio derivante dal livello di radioattività naturale presente, che è superiore rispetto a quello della crosta terrestre. Il decreto legislativo n. 241/00 s.m. e i., impone il controllo dell'esposizione al rischio radiometrico dei lavoratori e della popolazione in presenza di attività lavorative che trattano i NORM e sono inserite nell'Allegato I bis. La città degli Achei, Crotone, nota colonia greca e potenza dell'industria chimica italiana del secolo scorso, ospita nel suo territorio residui di lavorazione e materiali contenenti NORM che hanno determinato un incremento del fondo ambientale radioattivo. Alcune proprietà di questi materiali sono peraltro simili a quelle di rocce sedimentarie di tipo fosfatico. Una massa importante di silicati fosforosi derivante dal ciclo di produzione industriale, viste alcune proprietà, è stata utilizzata per il riempimento di strade, piazzali, scuole, uffici pubblici e abitazioni private. Lo studio intende stimare, attraverso la determinazione della concentrazione

di radon all'interno di un volume noto, la componente di radon originato dalla presenza dei NORM nel vespaio di un'abitazione riprodotta in scala, con materiale opportuno e con le stesse tecniche costruttive dell'epoca, oltre che valutare la trasparenza radioattiva del calcestruzzo impiegato per la copertura del vespaio stesso. L'obiettivo, dunque, è quello di verificare l'ipotesi per la quale i residui di lavorazione contenenti NORM impiegati per la costruzione di ambienti di vita, aumentano la dose efficace alla popolazione e ai lavoratori non solo per l'irraggiamento esterno ma anche per il contributo dovuto all'inalazione del radon generato dai residui fosforosi presenti. In questo territorio nel recente passato gli scarti industriali, sono stati considerati come materiale *inerte* e quindi idonei al riempimento di volumi da edificare.

La prima produzione industriale nella città di Crotone risale al 1928 con la costruzione di un impianto per la produzione di acido solforico ottenuto dalla pirite attraverso un'ossidazione del disolfuro di ferro. L'acido solforico veniva successivamente utilizzato per attaccare un minerale uranifero chiamato *fosforite* proveniente dall'Algeria e contenente prevalentemente fosfati di calcio, per la produzione del perfosfato di calcio a basso tenore di anidride fosforica (Fig. 1). La lavorazione della fosforite (difosfato) costituì

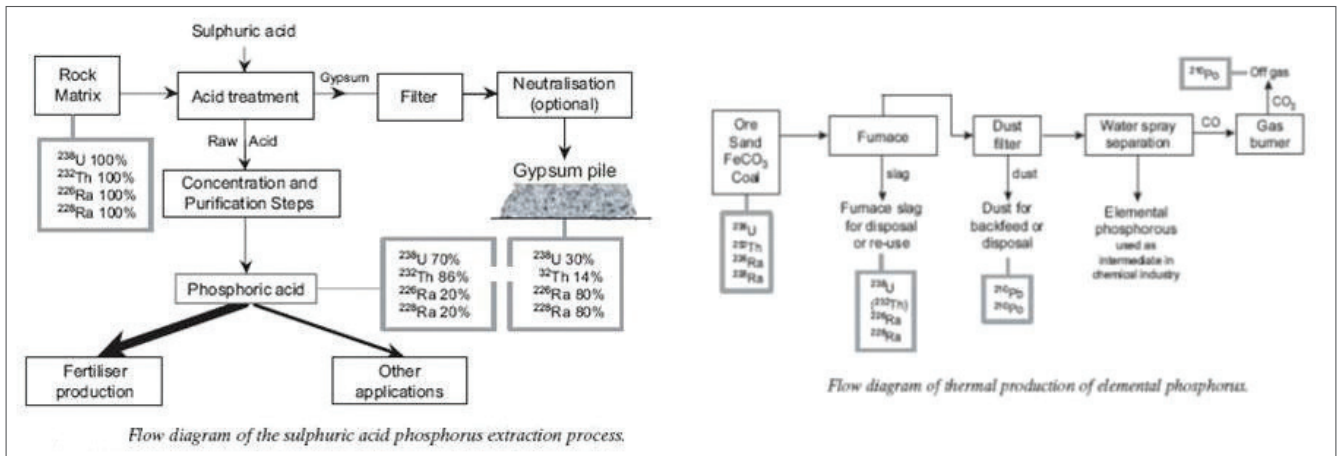


Fig. 1 - Principali processi produttivi che hanno interessato il territorio crotone

una solida base per la commercializzazione di prodotti fosforosi: fertilizzanti fosfatici, detersivi, mangimi, additivi elementari e pesticidi. L'interesse radioprotezionistico è considerevole soprattutto per i processi produttivi in cui vi è una precipitazione dei residui contenenti NORM, come i fosfogessi. Tra i cicli più importanti si possono annoverare: la produzione di acido fosforico per via umida, quelli in cui si attaccava la fosforite con l'acido nitrico e altri in cui si produceva fosforo elementare per via termica. Negli impianti per la produzione di fertilizzanti della città di Crotone sono stati prodotti circa  $5 \times 10^3$  tonnellate di residui di lavorazione tra fosfogessi e silicati di colore grigio azzurro [2] contenenti NORM, in quantità non nota. Di questi, soltanto una parte marginale è stata smaltita in una discarica autorizzata per inerti, prospiciente la costa ionica e al confine con la foce del fiume Esaro; una massa importante ma non facilmente quantificabile invece, viste le buone proprietà meccaniche, è stata utilizzata come materiale di riempimento per le strade, i porti, i piazzali delle scuole, i luoghi pubblici e nei vespai delle civili abitazioni.

Lo studio ha una motivazione più antica ma dei complici più recenti: il ritrovamento di residui fosforosi in una ex scuola professionale nella città e una campagna di misurazione del gas radon nei luoghi di lavoro da cui risulta, in particolare dalle schede informative, una probabilità quasi certa che il materiale di scarto con un elevato contenuto di radioattività naturale veniva sistematicamente impiegato nelle civili abitazioni in sostituzione del più costoso e non facilmente reperibile materiale inerte, come riempimento dei vespai e delle fondamenta. Dopo un primo test di screening finalizzato alla determinazione della concentrazione dell'attività di radon prodotta dal materiale interessato, e ospitato in un volume noto e a tenuta, si è proceduto con il disegno dell'esperimento, basato su un'unica finalità. Si è voluto riprodurre un'abitazione civile in scala con le stesse tecniche costruttive usate dagli anni Settanta fino agli inizi del Novanta, in cui il riempimento del vespaio è stato realizzato con una massa adeguata di residuo fosforoso, dalle caratteristiche radiometriche note e seguendo anche le indicazioni delle maestranze locali. Il corpo di fabbrica oggetto dello studio (Fig. 2) è un piano fuori terra dalle dimensioni in pianta di 1,00 m x 1,00 m, proporzionato rispetto ad un involucro edilizio tipico e con particolari costruttivi accurati come lo spessore dei muri, le relative camere d'aria, gli intonaci interni ed esterni dell'abitazione, che abbiamo nominato in lealtà al nome più popolare di questa città, Mary's House (Fig. 2). Le parti che la compongono sono:

- le fondazioni;
- il vespaio e il massetto pavimentazione;
- la tompagnatura;
- il solaio di copertura;
- il tetto.

Le travi di fondazione sono state realizzate in calcestruzzo armato con un peso specifico  $\gamma = 23 \div 23,5 \text{ kN/m}^3$  su una zattera dello stesso materiale. Il vespaio è riempito con una massa di  $61 \pm 1 \text{ kg}$  di residui fosforosi ( $\rho = 1.220 \text{ kg/m}^3$ ) e su quest'ultimo è stato realizzato un massetto in malta cementizia con uno spessore di 3 cm. La tompagnatura, in mattoni forati ( $\gamma = 8 \text{ kN/m}^3$ ) è stata disposta con l'asse dei fori in verticale tale da aumentare il volume d'aria presente sulle pareti della casa. Il solaio di copertura con tavelloni in laterizio e un massetto in malta cementizia completano l'opera.

Il tutto è stato intonacato sia internamente che esternamente cercando di ridurre lo spessore al minimo e tinteggiato con pittura lavabile. Il tetto, costituito da due falde in lamiera grecata con timpani di chiusura delle stesse caratteristiche delle tompagnature, ha il compito di allietare la veduta dell'opera. Infine è presente una porta in legno utile ad agevolare le operazioni all'interno della Mary's House opportunamente sigillata durante le misure.

In Tab. 1 si riportano le caratteristiche radiometriche dei residui fosforosi utilizzati per il riempimento del vespaio.

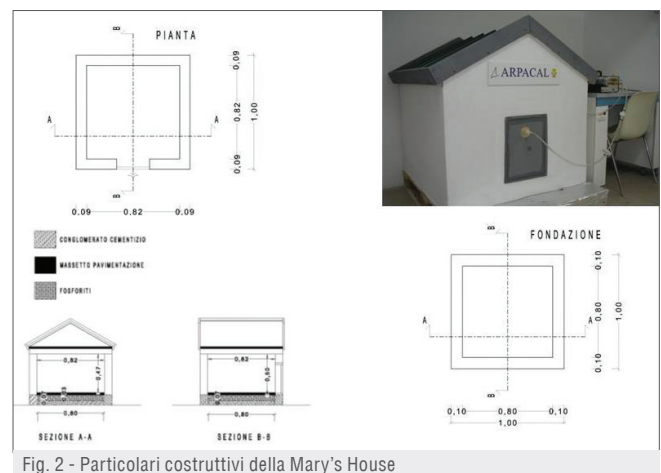


Fig. 2 - Particolari costruttivi della Mary's House

Campioni (61): silicati fosforosi prelevati scuola ex Ciapi-Crotone	ICP-Massa (Bq/kg)	Spettrometria gamma (Bq/kg)
Concentrazione di attività $^{238}\text{U}$	1.253±182	940±45
Concentrazione di attività $^{232}\text{Th}$	30±4	10±2

Tab. 1 - Caratteristiche radiometriche dei silicati fosforosi

Il materiale proviene da un piazzale di una ex scuola professionale della città, inizialmente ricoperto da uno strato di bitume e facilmente rinvenibile.

**Materiali e metodi**

La concentrazione di attività del gas radon nella Mary's House è stata osservata con due tecniche di misure:

- 1) misurazione in continuo con un monitor MR1 (cella di Lucas) modalità attiva;
- 2) quattro esposimetri passivi ad elettretre a breve termini in configurazione SST [3];
- 3) due esposimetri passivi ad elettretre a lungo termine in configurazione LLT;
- 4) due esposimetri passivi in configurazione SST imballati in buste radon impermeabili, per la misura della dose gamma all'interno dell'abitazione.

La misurazione della dose gamma in aria è stata inoltre ricavata da un'osservazione in continuo con un monitor proporzionale (Berthold LB123) al centro dell'abitazione, in periodi di misura diversi e con un tempo di conteggio pari a 600 secondi. Il monitoraggio della concentrazione di radon in continuo è stato realizzato impiegando una catena di misura formata da: un monitor tipo MR1 con un rivelatore a scintillazione, una cella di Lucas con una sensibilità di 0,0341 [cpm/(Bq/m<sup>3</sup>)] accoppiata ad un fotomoltiplicatore. La misura è stata effettuata con una modalità di esecuzione attiva, con diffusione forzata all'interno della cella di Lucas da un flusso artificiale di 0,25 l/min.

Sulla porta d'ingresso della Mary's House, utile anche a caricare il materiale di riempimento, è stato praticato uno spinotto con filtro per spillare l'aria del volume interno e portarla al monitor in continuo per la determinazione della concentrazione di attività del radon. A seconda delle configurazioni di misura, prima dello start di conteggio la porta è stata opportunamente siliconata per contenere eventuali perdite di gas. Tutte le fasi del monitoraggio, sia in continuo che con dispositivi passivi, hanno riguardato nelle diverse configurazioni, periodi di misura di almeno sette giorni. Come è noto gli elettretre a lunga (*long term*) o breve durata (*short term*) sono dischi di teflon carichi elettricamente, montati su una camera di conteggio in plastica conduttiva tipo L o S a seconda delle soluzioni di conteggio. La tecnica di misura è denominata *sistema E-Perm* e si basa sulla rivelazione della radiazione  $\alpha$  emessa durante il decadimento radioattivo. Il gas penetra in questi dispositivi per diffusione e per effetto del suo decadimento ionizza il volume della camera di conteggio scaricando il potenziale superficiale del disco. Dalla differenza tra il potenziale elettrico iniziale e quello finale è possibile determinare la concentrazione di attività volumetrica di radon in Bq/m<sup>3</sup> presente in un determinato sito sfruttando la relazione (1):

$$[^{222}\text{Rn}] = \{[(V_i - V_f)C_F t_e]H\} \tag{1}$$

dove  $[^{222}\text{Rn}]$  in Bq/m<sup>3</sup> è la concentrazione di attività di radon in aria;  $V_i$  e  $V_f$  in volt, il potenziale superficiale iniziale e finale dell'elettretre;  $C_F$  in [volt x m<sup>3</sup>/Bq x giorno], il coefficiente di calibrazione;  $t_e$  in giorni è il tempo di esposizione, che per questa indagine ha avuto una durata minima di almeno 7 giorni;  $C_F$  in Bq/m<sup>3</sup> è la concentrazione di radon equivalente dovuta alla radiazione gamma;  $H$  adimensionale è il fattore correttivo per l'altitudine. Il lettore di potenziale impiegato per la lettura degli elettretre è un RadElec E-Perm [4].

Dopo aver edificato la Mary's House [5], sei giorni lavorativi, è stato rispettato un periodo di sosta prima di posizionarla al piano terra del laboratorio, luogo dell'esperimento e dove è nota la concentrazione media annuale di radon che è pari a 35±12 Bq/m<sup>3</sup>. È stata avviata la misura attiva in continuo e con gli esposimetri passivi, sigillando il volume per una settimana con l'intento di conoscere i livelli di radon iniziali (Fig. 3) e verificare la tenuta del volume costruito. Successivamente, è stato effettuato il riempimento del vespaio caricando in condizioni di sicurezza il residuo fosforoso, in tre fasi successive con l'intento di determinare in un volume noto, una relazione tra la massa del residuo fosforoso e la concentrazione di attività del radon, oltre a determinare la componente del radon generata dai materiali fosforosi. Le misure nelle diverse fasi hanno interessato lo stesso periodo di conteggio e i parametri climatici fondamentali pressione, temperatura e umidità in media non hanno conosciuto oscillazioni importanti.

Le grandezze fisiche di seguito riportate descrivono il fondo iniziale della Mary's House:

- concentrazione media di attività di radon in continuo 61±13 Bq/m<sup>3</sup> e con misuratori passivi 47±15 Bq/m<sup>3</sup>;
- pressione interna media: 101±2 kPa;
- temperatura interna media 31±8 °C;
- umidità relativa 41%.

Il livello di radon nella Mary's House è costituito da una componente primordiale e una dovuta alla presenza dei residui fosforosi usati per il riempimento del vespaio (2):

$$[^{222}\text{Rn}] = [^{222}\text{Rn}]_0 + [^{222}\text{Rn}]_{\text{Rf}} \tag{2}$$

avendo inteso con:  $[^{222}\text{Rn}]$ , la concentrazione di radon totale del volume in Bq/m<sup>3</sup>;  $[^{222}\text{Rn}]_0$  in Bq/m<sup>3</sup> la combinazione della concentrazione di radon iniziale presente nell'ambiente confinato in cui la Mary's House è stata ospitata e quella prodotta dalla costruzione nel volume d'interesse;  $[^{222}\text{Rn}]_{\text{Rf}}$  in Bq/m<sup>3</sup> è la componente della concentrazione di radon generata dai residui di lavorazione fosforosi ospitati in un volume di 0,05 m<sup>3</sup>, che è la caratteristica spaziale del vespaio. Si è osservato che 3 cm di calcestruzzo usati

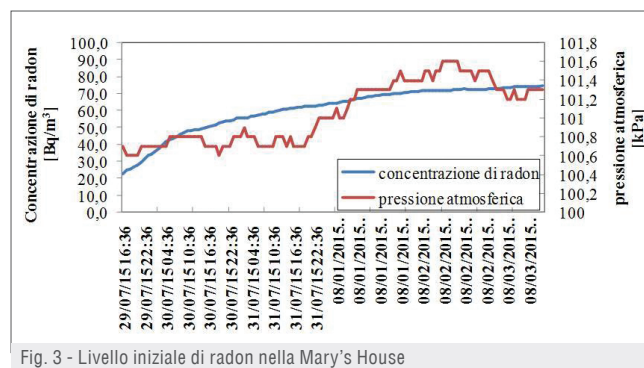


Fig. 3 - Livello iniziale di radon nella Mary's House



Configurazione	Concentrazione di attività di Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	Rateo di dose gamma (nGy/h)
Mary's House con vespaio libero	61±13	91±8
Mary's House: vespaio con 61±1 kg di residui uraniferi-silicati fosforosi	102±17	421±50
Mary's House: vespaio con 61±1 kg di residui uraniferi e una copertura con 3 cm di calcestruzzo	116±17	210±24

Tab. 2 - La radioattività naturale ed imposta della Mary's House

per il riempimento superficiale del vespaio e per realizzare il massetto della pavimentazione hanno incrementato di qualche Becquerel a metro cubo la concentrazione di radon. È stata verificata la trasparenza del calcestruzzo al radon, nessun fattore di schermo come è noto, soltanto una riduzione di un fattore 0,5 dell'irradiazione gamma generata dal materiale fosforoso e una riduzione completa della contaminazione beta, da 43 cps a contatto a 2 cps. Con la relazione (2) è stato possibile stimare la componente del radon generato dai residui fosforosi impiegati e con il modello della UNSCEAR 2000 è stato effettuato un calcolo di dose efficace dovuta al radon inalato e generato soltanto da questa componente (3):

$$[H_e] = [^{222}\text{Rn}]_{\text{Rn}} E_q T 9 \text{ nSv} (\text{Bqhm}^{-3})^{-1} \quad (3)$$

avendo inteso:  $[^{222}\text{Rn}]_{\text{Rn}}$  in Bq/m<sup>3</sup>, la componente della concentrazione media di radon generata dai residui di lavorazione fosforosi;  $E_q$  il fattore di equilibrio tra il radon e la sua progenie pari a 0,4;  $T$  è il tempo di esposizione in ore, assunto come pari a 7.000 h in un anno; 9 è il fattore di conversione per la dose efficace [6].

## Risultati

Nella Tab. 2 vengono presentati i livelli di radon misurati in continuo nelle diverse configurazioni e volumi: 0,4 m<sup>3</sup> il volume iniziale, 0,33 m<sup>3</sup> dopo il riempimento del vespaio con i residui fosforosi e 0,32 m<sup>3</sup> dopo aver realizzato la pavimentazione con 3 cm di calcestruzzo. Nell'ultima colonna della tabella si riporta il rateo di dose gamma in aria misurato all'interno dell'abitazione in un punto centrale del volume d'interesse.

Durante la fase di caricamento del materiale fosforoso, utile al riempimento del vespaio, si è proceduto con un dosaggio della massa introdotta per determinare una relazione tra i residui uraniferi posati all'interno dell'abitazione e i livelli di radon prodotti in un volume noto. La Fig. 4 indica sostanzialmente che da una certa quantità di massa in poi vi è un fenomeno di "saturazione" del volume che ospita il materiale radioattivo. La curva della Fig. 4 può essere rappresentata con l'equazione (4):

$$[^{222}\text{Rn}] = -0,06 m^2 + 5,35 m \quad (4)$$

dove  $[^{222}\text{Rn}]$  è la concentrazione di radon in Bq/m<sup>3</sup> ed  $m$  è la massa del residuo fosforoso di lavorazione. Se si deriva la relazione (4) rispetto alla massa e si ipotizza una condizione più conservativa è possibile calcolare la massa di residuo fosforoso che determina una concentrazione di attività di radon volumetrica massima. La (4) è priva di termine noto, poiché la curva

sperimentale è stata ricavata con le concentrazioni nette di radon, sottraendo la componente del luogo di misura e della Mary's House,  $[^{222}\text{Rn}]_0$ , secondo la relazione (2).

Bastano infatti 44,6 kg di residui fosforosi per determinare il livello teorico più elevato di concentrazione di radon nel volume noto. Pur senza trascurare le incertezze sperimentale, si può affermare che 44,6 kg di residui sono sufficienti per raggiungere la concentrazione massima di attività di radon che è pari a 119,3 Bq/m<sup>3</sup>. Se si normalizza questo valore per il volume della Mary's House, 0,32 m<sup>3</sup> e per la massa che determina la concentrazione più alta, è possibile calcolare un fattore di attività  $\sigma_n$  pari a 0,8 in Bq·kg<sup>-1</sup>, inteso come fattore di produzione di radon generato dal residuo studiato.

Nella Fig. 5 vengono presentati i livelli di radon della casa nelle tre configurazioni e con le due modalità di misure usate. Si può apprezzare, in linea generale, l'accordo delle due tecniche attiva e passiva e soprattutto il livello di concentrazione misurato con i monitori passivi in configurazione di breve periodo e nella situazione completa, in cui si dovrebbe trovare una normale abitazione. Il livello di radon, nella Mary's House, il cui vespaio ospita NORM provenienti dai residui di lavorazione dell'industria chimica del passato, ha una radioattività naturale quasi tre volte il fondo ambientale che si registra in una normale costruzione, se si fa riferimento ai valori più conservativi.

In Fig. 6 si riportano le registrazioni in continuo della concentrazione di attività di radon nei periodi di misura di almeno 7/10 giorni e nelle tre diverse configurazioni della casa. Si possono apprezzare le differenze grafiche. L'ul-

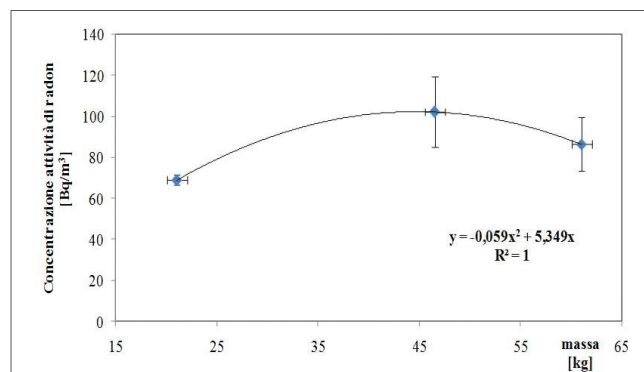


Fig. 4 - Concentrazione di radon e massa dei residui fosforosi

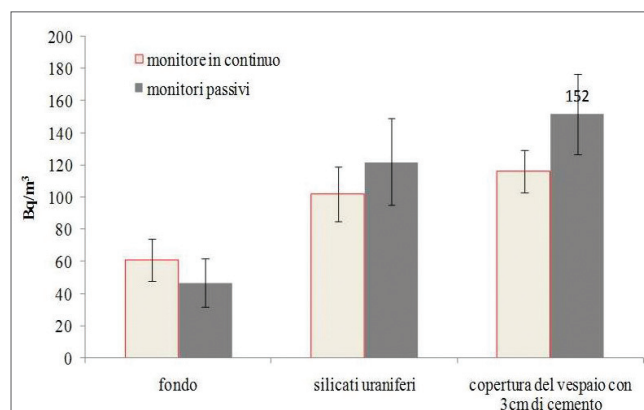


Fig. 5 - Concentrazione di attività di radon misurata con le tecniche di misura passiva e attiva



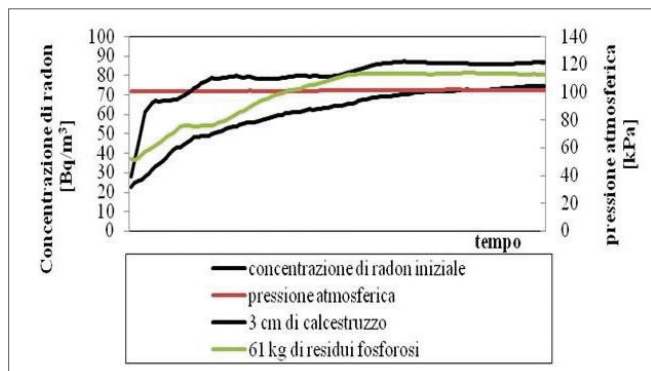


Fig. 6 - Concentrazione di attività di radon misurata con il monitor in continuo

tima configurazione, quella con la pavimentazione in calcestruzzo è stata osservata per un periodo di misura più lungo (15 giorni).

Se si applica la relazione [2] e si considera una situazione più conservativa si troverà che la componente del radon generata dai materiali fosforosi è pari a  $111 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Se questo dato viene normalizzato per il volume d'interesse e la massa della sorgente radioattiva impiegata per il riempimento del vespaio, pari a 61 kg si può ricavare un fattore di attività sperimentale relativo al radon generato da ogni unità di massa di materiale fosforoso. In particolare dai calcoli eseguiti risulta che  $\sigma_s$ , fattore di attività sperimentale per il radon dovuto ai residui fosforosi impiegati in ambienti indoor è pari a  $0,6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Il dato è confrontabile con il risultato nominale  $\sigma_n$  di  $0,8 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , al punto da poter affermare che il fattore di attività di radon  $\sigma$ , prodotto dall'essalazione di un residuo di lavorazione fosforoso in un volume noto e nelle condizioni descritte è pari a  $0,6\pm 0,2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Questo risultato, se applicato ad un'abitazione reale di  $100 \text{ m}^2$  dove si ipotizza un volume del vespaio pari a  $20 \text{ m}^3$  e se si utilizza la massa volumetrica dei residui di questo esperimento di  $1.220 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , si può stimare il contributo della concentrazione di attività di radon dovuto all'impiego di materiali contenenti NORM pari a  $76\pm 17 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Evidentemente in una situazione reale questa concentrazione dovrà sommarsi non necessariamente in termini algebrici, alla concentrazione iniziale derivante dalla geologia del luogo dove l'abitazione è allocata e dalla modalità di realizzazione dell'abitazione stessa. Se si considera la componente della radioattività naturale ma imposta dai residui, e si usa il modello UNSCEAR 2000 per il calcolo della dose efficace (3), con un valore di concentrazione di attività di radon pari a  $76 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , si ha una dose efficace di  $1,9 \text{ mSv}$ ; se si usa il fattore di conversione della normativa italiana D.Lgs n. 241/00 il contributo alla dose derivante dalla presenza di materiali fosforosi è pari a  $0,64 \text{ mSv}$  in un anno. La dose totale per la popolazione prevista dalla norma non può superare  $1 \text{ mSv}/\text{anno}$ .

### Conclusioni

Lo studio, con tutte le riserve scientifiche del caso, restituisce alcune importanti riflessioni oltre che risultati che possono essere, vagliati, discussi o analizzati. Certo è che, laddove sono stati impiegati residui fosforosi in ambienti indoor in sostituzione del più costoso materiale inerte, oltre ad un incremento della dose gamma da irradiazione esterna, si è determinato un aumento considerevole dei livelli di gas radon negli ambienti di vita. Il modello in scala è una prima fase per l'acquisizione di osservazioni dirette, finalizzate alla costruzione di una radioprotezione del territorio più accurata ed uno strumento per quanti sono impegnati a contenere il rischio del tumore al polmone per la popolazione e per i lavoratori. Come è noto infatti il

radon è un cancerogeno certo appartenente al gruppo 1 ed è ritenuto tra gli agenti inquinanti il primo fattore di rischio indoor per il tumore polmonare per i non fumatori. L'effetto combinato con il fumo di sigaretta risulta, dai dati epidemiologici di tipo moltiplicativo.

La Mary's House è un progetto più articolato che si sta ancora sviluppando attraverso la valutazione delle azioni di rimedio da applicare per la riduzione della concentrazione di radon. Le azioni di rimedio che si possono attuare anche su larga scala in ambienti indoor, dove si registrano valori importanti di concentrazioni di radon, mediamente a possono variare dai cinquecento a mille euro nei diversi singoli casi. Si tratta infatti, nella peggiore delle ipotesi, di condizionare gli ambienti a rischio, o di separare efficacemente il vespaio della casa con sfianti all'esterno o ancora più semplicemente determinare un adeguato ricambio dell'aria. Anche se può apparire scontato, lo studio inoltre evidenzia che in certi territori la dose dovuta alla radioattività naturale si può scomporre in una componente del territorio e una imposta artificialmente dalla configurazione abitativa (materiali e costruzioni). In alcuni casi addirittura quest'ultima può essere la componente più importante. Una radioattività naturale che qui per così dire deriva dall'insediamento di tipo antropico.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Extent of Environmental contamination by Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) and technological options for mitigation, Technical Reports series n. 419, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2003.
- [2] Doc. XXIII n. 7 Commissione parlamentare d'inchiesta sulle attività illecite connesse al ciclo dei rifiuti.
- [3] M. Caresana *et al.*, Uncertainties evaluation for electrets based devices used in radon detection, Radiation Protection Dosimetry Advance Access, published November 30, 2004.
- [4] Intercomparison Radon Passive, BFS-Berlino, 2015.
- [5] I materiali per la costruzione della Mary's House sono stati forniti dalla ditta STS, Solar Technology System, info@sts-energy.it
- [6] A Kinsara *et al.*, *Health Physics*, January 2015, **108**(1), 59.

#### The Concentration Of Activity Of Radon in a Home Contaminated With NORM. Valuation and Risk Estimation

The experimental project, conducted on a model house made in scale and same materials used on existing homes, has led to the confirmation that, if you do not take specific precautions, exposure to NORM, in particular radon, assumes significant values, than considered as background. In particular the use of materials considered to be "inert", a residue of industrial process of phosphorites, like materials to make houses, roads, public buildings, causes an alteration of the natural background and imposes a significant exposure and in any cause to undue susceptible population, meaning not just a healthy adult, but also the sick, elderly and children. Still today it is a problem undervalued, despite having already considered at European and National level as indoor exposure among the major risk factors for lung cancer. Epidemiological data tell us that the second cause of lung cancers in house is Radon (the first one is the smoke of cigarettes: together they give a cocktail effect!).