

# METODO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE AD ELEVATA PROBABILITÀ DI ALTE CONCENTRAZIONI DI RADON

Entro il 31 Agosto Regioni e Province Autonome debbono individuare tali aree

di **Elena Ponzetti** - ARPA Marche - Dipartimento Provinciale di Ancona  
**Silvia Bucci** e **Franco Giovannini** - ARPA Toscana - Dipartimento Provinciale di Firenze

Regioni Ambiente

## Introduzione

Il *radon* è un gas nobile radioattivo ed è uno dei prodotti di decadimento delle famiglie radioattive naturali, i cui capostipiti (*U-238*, *Th-232*, *U-235*) sono presenti nell'ambiente sin dalla formazione della Terra. Dei tre radioisotopi del radon presenti in natura (*Rn-222*, *Rn-220*, *Rn-219*), il *Rn-222* riveste maggiore importanza dal punto di vista radioprotezionistico a causa del suo tempo di dimezzamento (3.82 giorni), sufficientemente lungo da permettergli di allontanarsi dal punto dove si è formato, fino a penetrare all'interno di edifici e di luoghi chiusi, dove tende ad accumularsi.

Il suo decadimento produce altri radionuclidi (Fig. 1), detti "prodotti di decadimento del radon".

Il radon ed i suoi prodotti di decadimento presenti nell'aria degli ambienti chiusi vengono inalati durante la respirazione. Il radon, essendo un gas, viene in gran parte espirato, mentre i suoi prodotti di decadimento, essendo solidi, permangono nell'apparato bronchiale e, a causa del loro breve tempo di dimezzamento, decadono

all'interno dell'apparato bronchiale stesso. Le radiazioni alfa originate dal decadimento di alcuni di questi radioisotopi solidi producono un danno alle cellule bronco-polmonari, incluso il loro DNA, danno che può evolversi in un tumore. I veri responsabili del danno biologico sono quindi i prodotti di decadimento a vita breve del radon. Parlando di rischio radon, quindi, si intende il rischio connesso all'esposizione ai suoi prodotti di decadimento, che sono stati classificati dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (*IARC*) nel gruppo 1, ovvero fra gli agenti per i quali vi è massima evidenza di cancerogenicità.

La radioattività naturale rappresenta la principale fonte di esposizione dell'uomo alle radiazioni ionizzanti. L'UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*) stima che la dose annua pro capite dovuta alla radioattività naturale sia di circa 2.4 mSv, ovvero pari a circa l'85% della dose annua totale, comprensiva anche del contributo dovuto alla diagnostica medica. L'inhalazione del radon e dei suoi prodotti

di decadimento contribuisce alla dose annua pro capite dovuta alla radioattività naturale per il 50%, con variazioni dovute alla quantità di radionuclidi naturali presenti nel suolo ed alla variabilità dei livelli di radon presenti negli ambienti chiusi.<sup>(1)</sup>

L'abbondanza di tali radionuclidi naturali nel suolo, infatti, in concomitanza con altri fattori quali le caratteristiche costruttive degli edifici, può determinare l'esistenza di zone (*radon-prone areas*) caratterizzate da un'elevata probabilità di trovare negli ambienti chiusi alte concentrazioni di radon.

Lo sviluppo di un metodo per l'individuazione di tali aree è stato oggetto di una tesi di specializzazione in Fisica Sanitaria presso l'Università di Firenze, svolta in collaborazione con l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT).

## L'individuazione delle aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon

L'individuazione delle aree, sul territorio italiano, in cui è maggiore la probabilità di riscontrare negli ambienti chiusi elevate concentrazioni di radon è prevista nel D. Lgs. 241/2000, che, modificando ed integrando il precedente D. Lgs. 230/1995, recepisce la Direttiva Europea 96/29/EURATOM. L'individuazione di tali aree viene assegnata, dal Decreto, alle Regioni ed alle Province Autonome, che devono realizzarla entro 5 anni dalla data di pubblicazione del Decreto (Art. 37 comma 5) ovvero entro il 31.08.2005.

L'individuazione delle aree riveste un carattere di estrema importanza in quanto i luoghi di lavoro situati in tali zone saranno soggetti agli adempimenti previsti dal D. Lgs. 241/2000. Le indicazioni che scaturiranno dall'individuazione delle zone saranno di notevole interesse anche per quanto riguarda l'esposizione al radon negli ambienti abitativi, alla luce della raccomandazione europea 90/143/EURATOM, sebbene in Italia

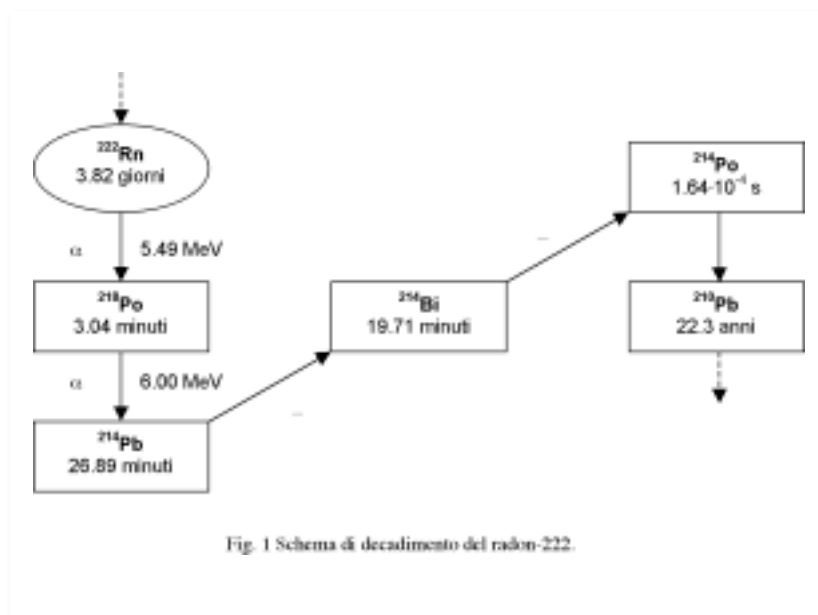


Fig. 1 Schema di decadimento del radon-222.

a tal proposito non esista alcun riferimento normativo. La raccomandazione europea, riguardante la tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi, indica infatti che per gli edifici esistenti venga stabilito un livello di azione, oltre il quale intraprendere azioni di rimedio, di 400 Bq/m<sup>3</sup> di concentrazione media annua di gas radon, mentre per gli edifici da costruire propone un livello di progettazione di 200 Bq/m<sup>3</sup>, da ottenersi tramite l'adozione di adeguati regolamenti edilizi e particolari tecniche costruttive.

L'individuazione di tali aree dovrebbe essere effettuata sulla base di linee guida che dovevano essere emanate, entro febbraio 2002, dalla cosiddetta "Commissione radon", ovvero dalla "Sezione speciale per le esposizioni a sorgenti naturali di radiazioni" da istituirsi nell'ambito della "Commissione tecnica per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria".

In alcune regioni, seppur in assenza delle Linee guida specifiche, è stato già avviato il lavoro d'indagine volto all'individuazione delle *radon-prone areas*, ovviamente con criteri ed approcci differenti che non permettono di ottenere una classificazione uniforme di tali aree sul territorio nazionale.

L'individuazione delle aree consiste nella costruzione di una mappa tematica basata su un indicatore prescelto, che può essere la media (in genere la media geometrica) misurata o attesa della concentrazione di radon negli ambienti chiusi, oppure la percentuale di edifici che superano un determinato livello di riferimento.

Per la costruzione della mappa sono stati utilizzati, dalle regioni italiane che già hanno avviato tale studio o da altre nazioni, approcci diversi:

1. *mappa basata sulle caratteristiche dei suoli* (suddivisione del territorio in unità geologiche, eventuali misure di concentrazione di gas radon nel suolo);
2. *mappa basata su misurazioni di concentrazione di radon in un campione di edifici*;
3. *soluzione mista fra le due precedenti*.

L'approccio "geologico" presenta il vantaggio di essere meno costoso, se non include le misure nel suolo, ma ha gli svantaggi di non fornire indicazioni dirette e avere un limitato potere predittivo dei livelli attesi *indoor*, ed in alcuni casi è risultato addirittura fuorviante.

L'approccio "campionario", invece, ha il vantaggio di fornire una valutazione più diretta dei livelli *indoor*; fornisce indicazioni sul singolo edificio e può essere più facilmente legato ad una strategia di riduzione del rischio; tuttavia ha lo svantaggio di richiedere tempi lunghi per la realizzazione delle misure e risorse dipendenti dal numero di misure progettate.

La progettazione di una indagine campionaria su base *geografica* pone inoltre il problema della suddivisione del territorio, ovvero della scelta dell'unità geografica di riferimento per le analisi dei dati. Sono possibili, o ipotizzabili, diverse opzioni:

- base comunale, funzionale al fatto che comunque la definizione delle aree non può prescindere dalla gestione

amministrativa del territorio, ma che può nascondere le variazioni di potenziale di emanazione del radon;

- maglie geometriche regolari, con campionamento di un egual numero di edifici per ogni maglia, coerente con una logica di campionamento uniforme sul territorio;
- zone geologicamente omogenee, per una individuazione delle aree dettata da un'interpretazione causale legata alle caratteristiche del suolo, ma potenzialmente soggetta al rischio di una eccessiva semplificazione, che può condurre a sottovalutare altri fattori causali eventualmente connessi.

L'approccio che è stato maggiormente seguito ai fini dell'individuazione delle aree è quello di realizzare la mappatura basandosi su misure effettuate su un campione di edifici sufficientemente distribuito sul territorio. Questo approccio, che presenta il vantaggio di basare l'individuazione delle aree su dati misurati e non su stime previsionali più o meno approssimate, comporta d'altra parte l'inconveniente che, per avere una copertura adeguata del territorio, sono necessarie parecchie misure negli edifici.

#### Il metodo sviluppato dall'ARPAT

Nella regione Toscana, l'ARPAT ha condotto uno studio propedeutico per la programmazione del lavoro richiesto dal D. Lgs. 241/2000. Il lavoro svolto nell'ambito della tesi di specializzazione in Fisica Sanitaria si è inserito in tale studio propedeutico avviato dall'ARPAT, finalizzato appunto alla definizione di un metodologia di elaborazione statistica

# igienstudio



IGIENE AMBIENTALE EDILIZIA E URBANISTICA



IGIENE ALIMENTARE



CONSULENZA PER LA CERTIFICAZIONE  
ISO 9000 - ISO 14000



*col Vento  
in Poppa*

60035 Jesi /AN  
Viale del Lavoro, 37/b  
tel. 0731/203232 - 3 r.a.  
fax 0731/201714  
www.igienstudio.it  
e-mail: info@igienstudio.it

SINCERT

CISQ

UNI CERT

ISO CERT

SETORE CERTIFICAM

ca dei dati di concentrazione di radon per l'identificazione delle *radon-prone areas*.

Lo studio è basato sull'analisi statistica dei dati di concentrazione di radon rilevati in abitazioni e scuole della regione nel corso di tre indagini, condotte dal Dipartimento di Firenze dal 1989 al 1996. Complessivamente i dati si riferiscono a circa 1000 misure, distribuite sul territorio in modo disomogeneo.<sup>(2) (3) (4)</sup>

I Comuni coinvolti, sul totale di 287 Comuni della regione Toscana, sono

di distribuzione, caratteristico delle variabili ambientali che dipendono da un numero elevato di parametri, qual è il caso del radon, è stato assunto come ipotesi di partenza dell'analisi statistica svolta.

La non uniforme copertura del territorio regionale da parte delle misure disponibili ha portato ad escludere la possibilità di valutare direttamente dall'insieme dei dati i parametri statistici descrittivi delle distribuzioni lognormali dei livelli di concentrazione di radon per confine amministrativo o

rimenti normativi e linee guida, è la percentuale di abitazioni che superano un determinato livello di riferimento, quale ad esempio il livello di azione di 400 Bq/m<sup>3</sup> indicato dalla raccomandazione europea 90/143/EURATOM.

### Conclusioni

I risultati del lavoro evidenziano che le aree a maggior probabilità di alte concentrazioni di radon in Toscana sono situate prevalentemente nella parte meridionale della regione e nelle isole, in corrispondenza dell'affioramento o della vicinanza alla superficie topografica di rocce ignee intrusive ed effusive.

Questo studio propedeutico verrà utilizzato come base di partenza per la progettazione di indagini mirate all'individuazione delle aree. La mappa preliminare prodotta e le informazioni geologiche saranno adoperare per dare una priorità all'effettuazione di misure di conferma nelle aree in cui ci si aspettano livelli di concentrazione di radon più elevati. Queste indagini costituiscono quindi il punto di partenza per la Regione Toscana nel predisporre una proposta di classificazione del territorio su base comunale, per rispondere alla prima identificazione delle zone ad elevata concentrazione di radon richiesta dalla normativa.

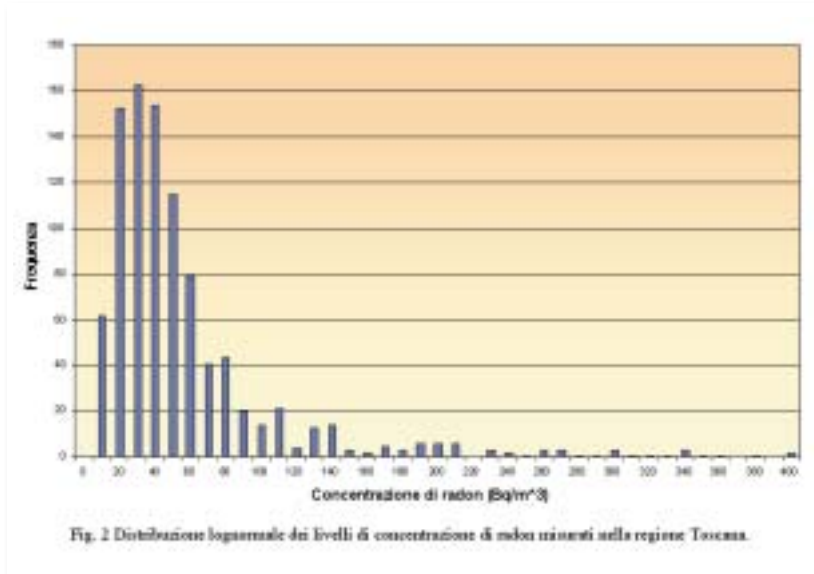


Fig. 2 Distribuzione lognormale dei livelli di concentrazione di radon misurati nella regione Toscana.

stati 213. Tra questi, meno di 30 Comuni ha più di 10 misure sul proprio territorio, mentre la maggior parte ha una sola misura. Per questa ragione lo studio propedeutico è stato indirizzato allo sviluppo di un metodo in grado di predire la distribuzione geografica dei livelli di radon *indoor*, metodo altresì utilizzabile per la successiva programmazione di nuove misure da effettuare per la realizzazione della mappatura prevista dalla normativa.

La distribuzione delle concentrazioni di radon misurate all'interno degli edifici presenta, come dimostrato da varia letteratura scientifica in materia, un andamento lognormale se ad esse si sottrae il fondo, ovvero la concentrazione di radon misurata all'esterno (Fig. 2).<sup>(5)</sup>

La distribuzione si mantiene tale qualsiasi suddivisione territoriale venga applicata e le medie geometriche delle misure effettuate nelle varie aree territoriali seguono anch'esse una distribuzione lognormale. Questo tipo

per maglie geografiche. La particolare configurazione litologica del territorio toscano ha invece suggerito di aggregare i dati secondo classi litologiche. Per minimizzare l'effetto della ridotta dimensione del campione di misure in alcune classi litologiche è stata adottata la tecnica di inferenza statistica chiamata "*bayesiana*", che è stata applicata negli Stati Uniti per i dati di concentrazione di radon rilevati nello stato del Minnesota.<sup>(6)</sup>

Alle misure disponibili sono state applicate inoltre diverse correzioni statistiche per tener conto di vari fattori che influiscono sulle misure, quali il fondo, la durata delle misure stesse, il piano dell'edificio in cui sono state effettuate.

Per ciascuna classe litologica sono stati ricavati dei parametri statistici, che sono la media e la deviazione standard geometriche, da cui è possibile ricavare un indicatore di rischio da associare ad ogni area del territorio. L'indicatore che è stato scelto, in assenza di rife-

### Bibliografia:

<sup>(1)</sup> UNSCEAR, "Report of the United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation to the General Assembly", New York, 2000.

<sup>(2)</sup> Bucci S., Gambi S., Giannardi C., Giovannini F., "Identification of high-level exposure areas in Toscana", Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas, Monaco, settembre 2000.

<sup>(3)</sup> Gaidolfi L., Malisan M. R., Bucci S., Cappai M., Bonomi M., Verdi L., Bochicchio F., "Radon measurements in kindergartens and schools of six Italian regions", Radiation Protection Dosimetry 78, 1998.

<sup>(4)</sup> Giannardi C., Giovannini F., Bucci S., Gambi S., Trotti F., Caldognetto E., Fusato G., "In progress identification of radon prone areas: Toscana and Veneto", Radiation Protection Dosimetry 97, 2001.

<sup>(5)</sup> Nazaroff W. W., Nero A. V. Jr., "Radon and its decay products in indoor air", John Wiley & Sons, 1988.

<sup>(6)</sup> Price P. N., Nero A. V., Gelman A., "Bayesian prediction of mean indoor radon concentrations for Minnesota counties", Health Physics 71, dicembre 1996.

