

# Valutazione del rischio da radon e variazioni del quadro radiologico a causa di terremoti

Il radon è un gas naturale radioattivo generato da alcune rocce della crosta terrestre e inserito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità fra gli agenti sicuramente cancerogeni. Con l'emanazione del D.Lgs. n. 241/2000, che integra e modifica il D.Lgs. n. 230/1995, è stato introdotto l'obbligo di tutelare i lavoratori dai rischi da radiazioni naturali e, in particolare, da radon. Verranno qui approfonditi alcuni aspetti normativi e verrà presentato il terremoto come caso particolare di variazione significativa del quadro radiologico.

Marta Rossetti e Massimo Esposito - U-Series s.r.l.

## Introduzione

Il radon è un gas naturale radioattivo generato da alcune rocce della crosta terrestre che, inalato in grandi quantità e per lungo tempo, può avere importanti conseguenze sanitarie.

In termini di classificazione chimica, il radon è un gas nobile, incolore, inodore, insapore e più denso dell'aria; diffonde quindi facilmente senza interagire con altre sostanze, non è direttamente percepibile dai nostri sensi e può accumularsi in ambienti chiusi, come ad esempio nei locali sotterranei.

Il rischio per la salute causato dal radon è essenzialmente correlato alla sua inalazione, poiché i suoi prodotti di decadimento emettono radiazioni e possono danneggiare in modo diretto o indiretto il DNA delle cellule dei tessuti polmonari. L'Organizzazione Mondiale della Sanità pone il radon tra gli «agenti cancerogeni» del Gruppo 1 e lo indica come seconda causa di tumori al polmone dopo il fumo. In Italia si è stimato in via preliminare che da 1.500 a 6.000 casi all'anno di tumore polmonare potrebbero essere dovuti all'esposizione al radon (fonte: progetto Piano Nazionale Radon elaborato dal Ministero della Salute). Con l'emanazione del D.Lgs. n. 241/2000, che integra e modifica il D.Lgs. n. 230/1995, sono state stabilite le regole per tutelare i lavoratori nei confronti dei rischi da esposizioni a sorgenti di radiazioni naturali e, nello specifico, al gas radon.

## Inquadramento normativo

Il D.Lgs. n. 241/2000

L'attuale legislazione italiana stima che il ri-

schio cui sono soggetti gli individui che si trovano in locali ad alta concentrazione di radon sia abbastanza elevato da richiedere una specifica normativa in materia.

In particolare, il D.Lgs. n. 241/2000 si applica (art. 10-bis, comma 1, lett. a) alle attività lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, le persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei.

Nei luoghi di lavoro citati l'esercente, entro ventiquattro mesi dall'inizio dell'attività, deve procedere (art. 10-ter, comma 1) a misurazioni di concentrazione di attività di radon medie in un anno (Allegato I-bis, comma 3), avvalendosi di organismi riconosciuti ai sensi dell'art. 107, comma 3 o, nelle more dei riconoscimenti, di organismi idoneamente attrezzati, che rilascino una relazione tecnica contenente il risultato della misurazione (art. 10-ter, comma 4). Per i luoghi di lavoro citati la concentrazione di attività di radon media in un anno non deve superare (art. 10-quinquies, comma 1) il livello d'azione fissato in  $500 \text{ Bq m}^{-3}$  (Allegato I-bis, comma 4, lett. a) (1).

Nel caso in cui risulti che la concentrazione di attività di radon media in un anno sia inferiore

### Note:

3 U-Series S.r.l., Via Ferrarese 131, 40128 Bologna; marta@u-series.com, massimo@u-series.com

(1) L'unità di misura della concentrazione di radon è il Becquerel per metro cubo ( $\text{Bq m}^{-3}$ ) che esprime le disintegrazioni al secondo in un metro cubo di materiale o ambiente.

a 400 Bq m<sup>-3</sup>, pari all'80% del livello d'azione, l'esercente non ha altri obblighi se non la ripetizione delle misurazioni in caso di variazioni significative delle condizioni in cui si svolge l'attività lavorativa (art. 10-quinquies, comma 8). Nel caso in cui la concentrazione di attività di radon media in un anno sia compresa fra 400 e 500 Bq m<sup>-3</sup>, l'esercente deve assicurare nuove misurazioni nel corso dell'anno successivo (art. 10-quinquies, comma 2).

- Nel caso in cui la concentrazione di radon misurata sia superiore a 500 Bq m<sup>-3</sup>, l'esercente ha l'obbligo (art. 10-quater, comma 1) di:
    - inviare entro un mese dalla data di rilascio della relazione (art. 10-quater, comma 3) una comunicazione, in cui viene indicato il tipo di attività lavorativa, e la relazione tecnica contenente i risultati delle misurazioni alle Agenzie regionali e delle province autonome competenti per territorio, agli organi del Servizio sanitario nazionale competenti per territorio e alla Direzione provinciale del lavoro;
    - incaricare un Esperto Qualificato (art. 10-quinquies, comma 3) al fine di valutare la dose ai lavoratori e adottare azioni di rimedio. Se l'Esperto Qualificato dimostra che nessun lavoratore è esposto ad una dose superiore a 3 mSv/anno, l'esercente non ha l'obbligo di ridurre la concentrazione di radon.
    - al termine delle azioni di rimedio l'Esperto Qualificato dovrà rilasciare una relazione tecnica contenente, in particolare, la valutazione di dose ai lavoratori, la descrizione delle azioni di rimedio, le eventuali norme interne di radioprotezione.
  - Qualora la dose efficace sia inferiore ai 3 mSv/anno (Allegato I-bis, comma 4, lett. d) si dovrà inoltre:
    - ripetere le misurazioni in caso di variazioni significative del quadro radiologico (es. ristrutturazioni, sostituzione o modifiche degli impianti);
    - informare e formare i lavoratori e i loro rappresentanti.
- Se invece la dose efficace è superiore ai 3 mSv/anno:
- entro tre anni dal rilascio della relazione l'e-

sercente dovrà porre in essere azioni di rimedio (2). Tali azioni possono essere di tipo organizzativo (es. limitazione del fattore di occupazione degli ambienti) o di tipo tecnologico (es. impianti per ridurre la concentrazione di radon). Al termine degli interventi dovrà effettuare una nuova misurazione per verificarne l'efficacia.

- Nel caso in cui dopo le azioni di rimedio la dose sia comunque superiore a 3 mSv/anno, l'esercente dovrà attuare le disposizioni del Capo VIII, tra cui in particolare:
  - incaricare l'Esperto Qualificato per la sorveglianza fisica;
  - incaricare un medico competente per la sorveglianza sanitaria;
  - predisporre ulteriori azioni di rimedio con la progettazione e la riorganizzazione dei processi di lavoro.

Particolare attenzione va posta all'identificazione degli ambienti in cui condurre le misurazioni (Tabella 1) e alla quantificazione del numero di punti di misura necessari in ogni ambiente: Il D.Lgs. n. 241/2000 obbliga (art. 10-bis, comma 1, lett. a) l'esercente a condurre le misurazioni «in tutti i luoghi di lavoro sotterranei», ma non definisce né il «luogo di lavoro» né l'attributo «sotterraneo».

La definizione di «luogo di lavoro» sarebbe stata tuttavia pleonastica in quanto l'art. 3 del D.Lgs. n. 241/2000 rinvia, per l'applicazione del decreto stesso, alle definizioni contenute nel D.Lgs. n. 626/1994.

Con l'abrogazione del D.Lgs. n. 626/1994 e l'entrata in vigore del D.Lgs. n. 81/2008, la definizione di luogo di lavoro rimane immutata e, ai sensi dell'art. 304, commi 2 e 3, TUSL ogni rinvio a norme del D.Lgs. n. 626/1994 contenuto in leggi o regolamenti si intende riferito alle corrispondenti norme del D.Lgs. n. 81/2008.

Per luogo di lavoro va quindi inteso «qualsiasi ambiente comunque accessibile per il lavoro». Si evidenzia, in particolare, che il dettato normativo del D.Lgs. n. 241/2000 fa esplicito rife-

Nota:

(2) Con il supporto tecnico dell'Esperto Qualificato.

Tabella 1 - Ambienti in cui condurre le misure (D.Lgs. 241/2000)

ATTIVITÀ LAVORATIVE COINVOLTE			
Tutti gli ambienti sotterranei in cui vi può essere accesso durante il lavoro			
Alcuni esempi:	– Magazzini	– Officine	– Aree vendita di esercizi commerciali
	– Archivi	– Laboratori	– Palestre, impianti sportivi
	– Uffici	– Esercizi pubblici (es. bar, ristoranti, discoteche)	– Edifici pubblici (es. scuole, asili, musei)
	– Caveau	– Catacombe	– Grotte naturali (con percorsi guidati)
	– Tunnel e sottovie (anche durante lo scavo)	– Aree ferroviarie e metropolitane	– Reti fognarie

rimento a tunnel e catacombe, ambienti nei quali la presenza di lavoratori è sicuramente saltuaria o occasionale.

Per l'individuazione del numero di punti di misura in ogni ambiente, nel D.Lgs. n. 241/2000 vi è il rinvio, per le modalità operative, a specifiche Linee Guida che devono essere emanate nell'ambito della «Commissione tecnica per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria» istituita presso l'ISPRA (3).

### Linee guida della «Conferenza Stato-Regioni»

Il D.Lgs. n. 241/2000 prevede (art. 10-septies) l'attivazione, nell'ambito della «Commissione tecnica per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria» istituita presso l'ISPRA, di una apposita «Sezione speciale per le esposizioni a sorgenti naturali di radiazioni», cui sono stati assegnati una serie di compiti, il primo dei quali consiste nell'elaborare Linee Guida sulle metodologie e sulle tecniche di misura più appropriate per le misurazioni di radon in aria e sulle valutazioni delle relative esposizioni.

L'insediamento della suddetta Sezione speciale, composta da 21 esperti in materia di cui cinque designati dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano, doveva avvenire entro sei mesi dalla pubblicazione del D.Lgs. n. 241/2000 (entro il febbraio 2001) e le Linee Guida di cui sopra dovevano essere elaborate entro un anno (entro il febbraio 2002).

Il mancato insediamento della citata Commissione tecnica, e quindi l'assenza di Linee Guida su metodologie e tecniche di misura più appropriate per le misurazioni di radon in aria, lascia nell'incertezza sia gli esercenti delle attività interessate che gli organismi in grado di effettuare le misure di radon.

Per fare fronte a tale inadempienza da parte delle istituzioni centrali, le Regioni si sono attivate e il Coordinamento Interregionale per la prevenzione ha promosso la costituzione di uno specifico gruppo di lavoro tecnico per l'elaborazione di Linee Guida per le misure nei luoghi di lavoro sotterranei (la cui versione definitiva è stata approvata il 6 febbraio 2003) che, in attesa di quelle emanate secondo le procedure previste dalla normativa, possano costituire un valido riferimento per gli esercenti, gli organismi di misura e gli organi di vigilanza.

Il gruppo di lavoro tecnico, composto dalle Regioni Emilia-Romagna, Lombardia, Toscana, Umbria e Veneto, e coordinato dalla Regione Lombardia, ha quindi predisposto le Linee Guida che comprendono, tra l'altro:

- 1) la definizione di luogo di lavoro sotterraneo ed i criteri generali per l'impostazione delle misure di radon;
- 2) i metodi di misura delle concentrazioni di radon;
- 3) i requisiti minimi degli organismi che effettuano le misure.

Allo scopo di favorire la continuità del percorso svolto dal gruppo di lavoro e l'integrazione con l'attività della Commissione tecnica una volta avviata, nel gruppo stesso sono stati coinvolti alcuni dei membri della suddetta Sezione speciale della Commissione tecnica designati dalla Conferenza per i rapporti fra lo Stato e le Regioni e Province Autonome di Trento e Bolzano.

Le Linee Guida citate prevedono che gli organismi o i laboratori che sono conformi alla norma EN ISO/IEC 17025 e che hanno accreditato metodi di prova (misura) idonei a misurare la concentrazione di radon media annua possiedono requisiti tecnici coerenti con quanto qui previsto.

Nelle more della certificazione ISO/IEC 17025 le caratteristiche degli organismi di misura dovrebbero essere le seguenti:

- 1) responsabile tecnico con formazione professionale adeguata ed esperienza documentata in materia;
- 2) individuazione delle persone abilitate ad eseguire le misure e ad attestarne la validità;
- 3) utilizzo di una tecnica di misura idonea;
- 4) periodica taratura della tecnica di misura e controllo del funzionamento delle apparecchiature prima di ogni serie di misure;
- 5) periodico controllo di qualità dei dati;
- 6) utilizzo di procedure e istruzioni scritte per le misure, comprese le tarature e il controllo di qualità;
- 7) rilascio del resoconto delle misure firmato dal responsabile tecnico, che garantisce l'affidabilità del dato al committente.

Particolare attenzione va posta all'identificazione degli ambienti in cui condurre le misurazioni e alla quantificazione del numero di punti di misura necessari in ogni ambiente:

– ambienti in cui condurre le misure: le Linee Guida in parola ricordano (par. 1.2) la definizione di luogo di lavoro riportata nel D.Lgs. n. 626/1994 ma, successivamente (par. 1.3), indicano che le misurazioni vanno condotte negli ambienti in cui il personale nel suo complesso trascorra una frazione di tempo significativa, indicativamente fissata in 10 ore/mese.

Tale criterio appare del tutto arbitrario poiché un ambiente con concentrazione di  $10.000 \text{ Bq m}^{-3}$ , già misurata in alcuni luoghi di lavoro, esporrebbe un lavoratore che vi trascorra 10 ore/mese ad una dose pari a  $3,6 \text{ mSv/anno}$ . Appare quindi non cautelativo l'approccio delle Linee Guida della «Conferenza Stato-Regioni» su questo specifico punto.

Le Linee Guida riportano inoltre la definizione di luogo interrato inteso come un «locale o ambiente con almeno tre pareti interamente sotto il

#### Nota:

(3) ISPRA: Istituto per la Protezione e la Ricerca Ambientale, istituito con la legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del D.L. 25 giugno 2008, n. 112. L'Istituto è vigilato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

piano di campagna, indipendentemente dal fatto che queste siano a diretto contatto con il terreno circostante o meno»;

– numero di punti di misura in ogni ambiente: nel par. 1.4 viene indicato che le misure vanno condotte in ogni locale fisicamente separato oppure, per locale di grandi dimensioni, va condotta una misura ogni 50 mq.

**La Circolare ABI, Serie Lavoro,  
10 febbraio 2003, n. 20**

Successivamente alla pubblicazione delle Linee Guida della Conferenza Stato-Regioni, l'ABI ha diramato una Circolare (Serie Lavoro, n. 20 del 10 febbraio 2003) in cui vengono date alcune indicazioni sull'applicazione del D.Lgs. n. 241/2000 (4) e sulle Linee Guida della Conferenza Stato-Regioni, riguardanti i seguenti aspetti:

– ambienti in cui condurre le misure: anche la Circolare ABI ricorda (pag. 4) la definizione di «luogo di lavoro» data dal D.Lgs. n. 626/1994 e comunque suggerisce (pag. 5) di effettuare le misurazioni dove vi sia una «permanenza significativa di personale», senza però indicare, significativamente, il livello delle 10 ore mensili;

– numero di punti di misura in ogni ambiente: anche nella Circolare ABI (pag. 4) viene indicato che le misure vanno condotte per locali fisicamente separati.

**La Circolare ABI, Serie Lavoro,  
11 luglio 2006 n. 97**

A seguito di studi e approfondimenti promossi da ABI stessa con il Ministero del Lavoro, nel luglio 2006 viene pubblicata la Circolare Serie Lavoro n. 97 nella quale vengono date nuove istruzioni operative e vengono approfonditi gli adempimenti cui sono tenute le aziende rispetto a quei siti che sono stati sottoposti a misurazione nei termini e in conformità ai dettami di legge.

Viene tra l'altro sottolineato come la relazione dell'Esperto Qualificato possa costituire integrazione del documento di valutazione dei rischi di cui all'art. 4 comma 2 del D.Lgs. n. 626/1994.

**Il D.Lgs. n. 151/2001**

Il D.Lgs. n. 151/2001 pone particolare attenzione alla salvaguardia della maternità e della salute del nascituro limitando le attività lavorative della donna in gravidanza che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda 1 mSv durante il periodo della gravidanza (art. 8, comma 1).

Vengono altresì regolamentati i lavori che comportano esposizione a radiazioni ionizzanti per 7 mesi dopo il parto (Allegato A, lett. D).

Lo stesso decreto sancisce l'obbligo per il datore di lavoro di:

- valutare i rischi per la sicurezza e la salute delle lavoratrici (art. 11, comma 1) e, in particolare, i rischi di esposizione a radiazioni ionizzanti (Allegato C, comma 1, lett. d);

- informare le lavoratrici ed i loro rappresentanti per la sicurezza sui risultati della valutazione e sulle conseguenti misure di protezione e di prevenzione adottate (art. 11, comma 2);

- adottare le misure necessarie affinché l'esposizione al rischio delle lavoratrici sia evitata, modificandone temporaneamente le condizioni o l'orario di lavoro, qualora i risultati della valutazione rivelino un rischio per la sicurezza e la salute delle lavoratrici (art. 12, comma 1).

**Conclusioni: ambienti in cui condurre le misure**

Approfondimenti della normativa hanno indotto a ritenere che le indicazioni sopra riportate, inerenti la permanenza di almeno 10 ore mensili nei locali soggetti a monitoraggio, e contenute nelle citate Linee Guida siano in contrasto con la normativa vigente, in quanto l'art. 10-ter, comma 1, del D.Lgs. n. 241/2000 prevede che le misurazioni siano condotte nei «luoghi di lavoro».

Sebbene i «luoghi di lavoro» non siano esplicitamente definiti dal D.Lgs. n. 230/1995, ai sensi dell'art. 3 dello stesso decreto si deve fare riferimento alle analoghe definizioni contenute nel D.Lgs. n. 626/1994 e, quindi, al D.Lgs. n. 81/2008, dove per «luogo di lavoro» si intende qualsiasi luogo accessibile per il lavoro, indipendentemente quindi dal fattore di occupazione, come più volte riaffermato in giurisprudenza.

**Conclusioni: requisiti dell'organismo di misura**

Secondo le Linee Guida della «Conferenza Stato-Regioni» il responsabile tecnico dell'organismo di misura dovrebbe possedere una adeguata formazione tecnico-scientifica e una documentata esperienza sulla misura della concentrazione di radon in aria.

Sebbene la formazione tecnico-scientifica possa essere garantita nel caso in cui la direzione del laboratorio e la firma di tutti i documenti (relazioni tecniche e rapporti di prova) sia da parte di un Esperto Qualificato di grado almeno secondo, si evidenzia la necessità di possedere una adeguata esperienza specifica nel campo delle misurazioni di radon.

Si pone inoltre in evidenza che parte integrante ed essenziale del controllo di qualità dei dati è la partecipazione continuativa e con successo a interconfronti internazionali, per esempio a

**Nota:**

(4) Con Circolare ABI, Serie Lavoro, 19 aprile 2002, n. 34 era stato dato conto dell'entrata in vigore del D.Lgs. 241 del 26 maggio 2000.

quelli organizzati in Gran Bretagna dall'HPA, in Germania dal BfS, in Giappone dal NIRS. In assenza di tali interconfronti risulta difficile avere una verifica oggettiva della capacità di condurre misure.

Per quanto riguarda le tecniche di misura idonee, le Linee Guida raccomandano l'uso di tecniche di tipo passivo con rivelatori a tracce nucleari (LR-115, CR39, policarbonato) e di tipo «chiuso» o con rivelatori a elettrete, in quanto tali tecniche consentono di effettuare misurazioni di lunga durata.

L'utilizzo di dosimetri di tipo «aperto» andrà invece attentamente valutata, a causa delle possibili modificazioni del fattore di equilibrio nei luoghi di misura.

## Proposta di iter operativo

In caso di superamento del livello d'azione, al fine di tutelare compiutamente i lavoratori e nello stesso tempo salvaguardare il datore di lavoro, si ritiene quindi opportuno mettere in atto il seguente iter operativo, derivante da una lettura estesa e conservativa della normativa di radioprotezione e dei documenti tecnici (Linee Guida Stato-Regioni, circolari ABI Serie Lavoro n. 20/2003 e n. 97/2006):

- estendere le misurazioni ai locali posti ai piani superiori a partire dal piano terra al fine di dare piena attuazione a quanto disposto dall'art. 10-bis, comma 1, lett. b) del D.Lgs. n. 241/2000 (misurazioni di radon ai piani di superficie in zone a rischio);
- qualora siano in corso azioni di rimedio che, per la loro natura, richiedono tempi di realizzazione piuttosto lunghi, effettuare a cura dell'Esperto Qualificato una valutazione preliminare di dose al fine di mantenere l'esposizione dei lavoratori, e quindi il rischio, al di sotto del livello d'azione nel più breve tempo possibile, secondo quanto previsto dal principio di ottimizzazione (art. 2, comma 3 del D.Lgs. n. 241/2000);
- predisporre specifiche disposizioni interne che attuino quanto evidenziato dall'Esperto Qualificato nella valutazione preliminare di dose;
- effettuare eventuali misurazioni a breve termine utili per una rapida verifica dell'efficacia degli interventi tecnici di abbattimento del radon;
- formare e informare i lavoratori come previsto dalla normativa in materia di salute e sicurezza sul lavoro;
- dare seguito alle eventuali indicazioni previste dall'Esperto Qualificato, quali ad esempio la ripetizione delle misurazioni di radon.

## Adempimenti connessi alla normativa in materia di salute e sicurezza sul lavoro

Tra gli ulteriori adempimenti (5) legati all'ap-

plicazione della più generale normativa in materia di sicurezza sul lavoro, si sottolinea la necessità che il datore di lavoro nomini formalmente, in caso di superamento del livello d'azione, un Esperto Qualificato (EQ) di grado almeno secondo. L'EQ diventa una nuova figura, accanto al RSPP e al Medico Competente, e come previsto dall'art. 80 comma 3 del D.Lgs. n. 230/1995, è chiamato a partecipare alle riunioni periodiche di cui all'art. 35 del D.Lgs. n. 81/2008.

Relativamente alle integrazioni al Documento di Valutazione (DVR) riguardanti il rischio radon, nel DVR o nei suoi allegati dovrebbero essere riportati:

- i criteri adottati per l'individuazione dei siti e per la corretta posa dei dosimetri;
- l'esito delle misurazioni della concentrazione annua di gas radon;
- il nominativo dell'Esperto Qualificato;
- la valutazione compiuta dall'Esperto Qualificato della dose efficace ai lavoratori, per i siti con concentrazione di radon superiore al livello di azione, nonché le misure di tipo organizzativo eventualmente adottate;
- l'informazione dei lavoratori, ai sensi dell'art. 36 del D.Lgs. n. 81/2008, a partire da coloro che operano presso unità operative nelle quali sia accertata una concentrazione di radon superiore al livello di azione;
- le procedure interne definite per assicurare l'effettuazione di misurazioni di radon nel caso di apertura di nuove sedi aziendali, di aggregazione di nuovi locali interrati, di prevista sorveglianza radiometrica nonché di variazioni significative delle attività lavorative (ad esempio per interventi di tipo edile o impiantistico) in locali già sottoposti a misurazione o per assicurare nel tempo il controllo sul buon funzionamento degli eventuali dispositivi destinati alla riduzione della concentrazione di radon;
- le attività di miglioramento previste.

## Contratti di appalto o d'opera

Nel caso in cui i locali interrati siano frequentati a vario titolo da personale non dipendente, ovvero da lavoratori dipendenti di ditte appaltatrici o lavoratori autonomi (ad esempio per lavori di manutenzione straordinaria, di pulizia, di gestione di servizi informatici, di guardiana, di mensa) e in questi ambienti sia stata riscontrata una concentrazione di radon superiore al livello di azione, il datore di lavoro ha l'obbligo di informare l'appaltatore sulla concentrazione di radon rilevata (art. 26 del D.Lgs. n. 81/2008).

Si evidenzia che tale obbligo si applica anche a società coinvolte in eventuali lavori di ristrutturazione.

Nota:

(5) Circolare ABI, Serie Lavoro, n. 97/2006.

razione dell'immobile. Le ditte appaltatrici dovranno quindi nominare un proprio EQ.

### Gestione documentale

Nell'ambito della gestione documentale inerente le attività condotte in materia di valutazione del rischio radon, può essere utile istituire una banca dati, preferibilmente in formato elettronico, dove conservare i rapporti di prova delle misurazioni effettuate, le relazioni tecniche, le comunicazioni ricevute e inviate agli organi di vigilanza, nonché, in caso di numerose unità operative, un quadro sinottico della situazione di ogni sede con relativo scadenziario, in modo da rendere più semplice il loro reperimento in caso di necessità.

### Variazioni significative del quadro radiologico

#### Riferimenti normativi

L'art. 10-quinquies, comma 8 del D.Lgs. n. 241/2000, prevede che «l' esercente esegua un controllo radiometrico qualora variazioni del processo lavorativo o le condizioni in cui esso si svolge possano far presumere una variazione significativa del quadro radiologico». Numerosi sono i casi in cui è palese che vi possano essere variazioni del quadro radiologico, ad esempio quando vengono effettuati importanti lavori di ristrutturazione o quando vengono sostituiti o modificati gli impianti di ricambio dell'aria.

Sulla base della letteratura scientifica internazionale appare evidente che tale condizione si verifica in caso di forti terremoti; in particolare, poiché i terremoti possono modificare lo stato di fratturazione di alcune porzioni di crosta e creare nuovi assetti tra la porzione solida e quella fluida aprendo nuove vie di fuga per i gas profondi, non è possibile escludere una modificazione duratura della concentrazione di radon nei luoghi di lavoro.

#### Il radon e i terremoti

Le variazioni della crosta terrestre associate ai terremoti possono modificare lo stato di fratturazione di alcune porzioni di crosta; questo crea nuovi assetti tra la porzione solida e quella fluida e apre nuove vie di fuga per i gas profondi. Questi processi, quindi, possono alterare le condizioni di interi settori crostali, modificando le emissioni di radon dalle rocce e influenzando le sue modalità di diffusione sia all'interno delle rocce che all'esterno, verso la superficie terrestre (6).

Allo stato attuale non esistono, però, dati che permettano di ottenere una correlazione certa tra la magnitudo di evento sismico, la distanza dall'epicentro e la variazione della concentrazione di radon nei luoghi di lavoro.

Tuttavia diversi studi inerenti il radon come precursore sismico hanno riportato una correlazione tra anomalie di radon precedenti l'evento e terremoti di magnitudo  $> 4$ .

Si cita ad esempio lo studio di Riggio et al., 2006 (7): «Le variazioni di radon possono, quindi, essere causate da terremoti con epicentro distante anche diversi chilometri ma con energia sufficiente.

La formula empirica (8):

$$M = 2,4 \log_{10}(D) - 0,43$$

definisce la magnitudo minima  $M$  richiesta per ottenere un'anomalia di radon ad una distanza  $D$  espressa in chilometri. Indicativamente un terremoto di magnitudo 4,0 può essere preceduto da un'anomalia di radon fino ad una distanza di 70 km».

Più recentemente è stata elaborata (9) una nuova formula empirica di correlazione tra magnitudo ( $M$ ) e distanza ( $D$ ):

$$D = 10^{0,43M}$$

In questo caso un terremoto di magnitudo 4 può far registrare anomalie di radon fino a 52 km, mentre un terremoto di magnitudo 5 può far registrare anomalie di radon precedenti l'evento anche a 142 km dall'epicentro.

Ad esempio l'evento sismico di magnitudo 5,9 avvenuto in Emilia il 20 maggio 2012 potrebbe quindi aver comportato la formazione di picchi anomali di radon fino a circa 344 km dall'epicentro, secondo la formula empirica di Martinelli (1993).

Uno studio sul rilascio di radon in seguito al verificarsi di terremoti è stato condotto in Armenia (10); gli autori di tale studio hanno concluso che la concentrazione di radon varia significativamente in prossimità di un terremoto e tale aumento si protrae per un periodo prolungato dopo il verificarsi del sisma.

Un contrastante aumento della concentrazione di radon indoor in una località dell'Armenia dove sono state condotte le misurazioni è causato non solo da forti terremoti ( $M > 4.5$ ) ma anche da deboli terremoti ( $M < 4.5$ ) di piccola profondità (5-15 km), che hanno causato livelli anomali di radon in un raggio di 200 km, e da sciami sismici.

In Figura 1 si riporta quindi una mappa in cui è evidenziata la distanza dagli epicentri dello sciame sismico avvenuto in Emilia nel periodo

#### Note:

(6) Sito web Protezione Civile; [http://www.protezionecivile.gov.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15559&n\\_page=2](http://www.protezionecivile.gov.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15559&n_page=2)

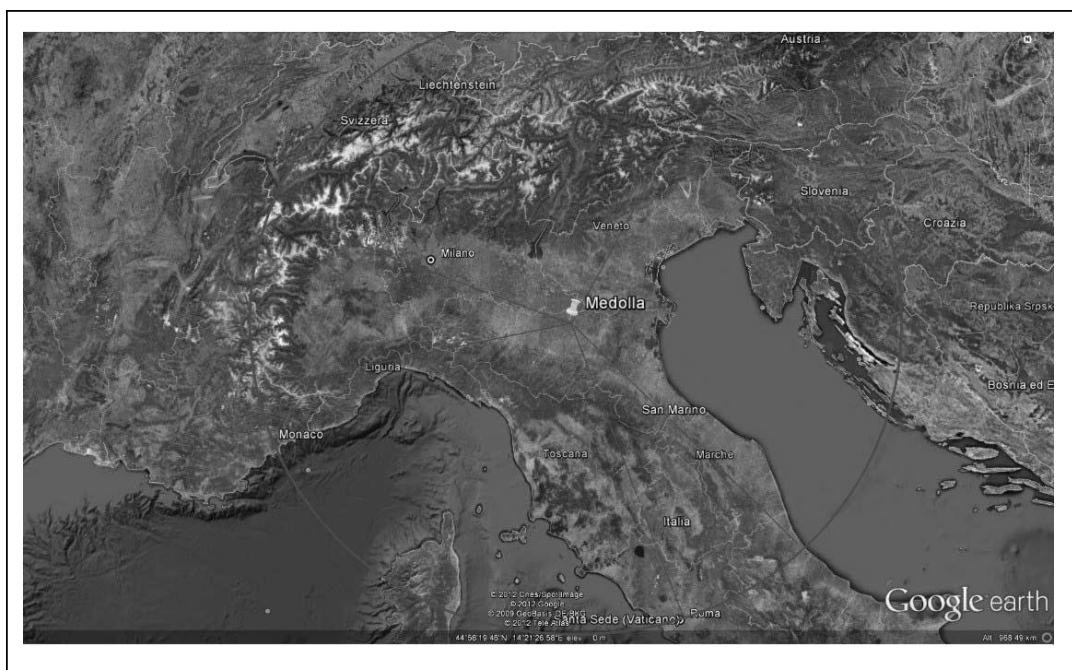
(7) Misure di radon in Friuli e confronto con la sismicità. NGTGS - Atti del XVIII Convegno Nazionale.

(8) Hauksson and Goddard, 1981.

(9) Martinelli 1993.

(10) IAEA - TECDOC - 1472, 2005; Saghatelian et al., 2010.

Figura 1 - Area interessata dalle variazioni di radon in seguito al terremoto in Emilia del 20 maggio 2012



20 maggio 2012-5 giugno 2012 (circa 344 km) entro la quale non è possibile escludere che si siano verificati dei picchi anomali di concentrazione di radon.

### Conclusioni

Numerosi studi riportati in letteratura riportano la possibile formazione di elevati picchi di radon prima del verificarsi di eventi sismici, anche ad elevate distanze dall'epicentro. Infatti, i terremoti possono modificare lo stato di fratturazione di alcune porzioni di crosta e creare nuovi assetti tra la porzione solida e quella fluida aprendo nuove vie di fuga per i gas profondi; si possono quindi generare modificazioni durature della concentrazione di radon in luoghi di lavoro.

Pur non esistendo allo stato attuale studi che permettano di ottenere un correlazione certa tra la magnitudo dell'evento sismico, la distanza dall'epicentro e la nuova concentrazione di radon dopo l'evento, si presume che nelle aree soggette a picchi anomali di radon pre-sisma possano avvenire modificazioni permanenti nel sottosuolo, comportanti modificazioni durature delle concentrazioni di radon indoor.

Si ritiene quindi che in tal caso vi siano i presupposti per l'applicazione delle disposizioni dell'art. 10-quinquies, comma 8 del D.Lgs. n. 241/2000, che prevede la ripetizione delle misurazioni in caso di variazioni significative del quadro radiologico.

Nel caso specifico del terremoto in Emilia del 20 maggio 2012, l'area interessata dalla ripetizione

delle misurazioni ha un raggio di 344 km dall'epicentro.

### Riferimenti

- D.Lgs. 17 marzo 1995, n. 230 «Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti». Gazzetta Ufficiale n. 136 del 13 giugno 1995, Supplemento Ordinario.
- D.Lgs. 26 maggio 2000, n. 241 «Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti». Gazzetta Ufficiale n. 203 del 31 agosto 2000, Supplemento Ordinario.
- D.Lgs. 26 marzo 2001, n. 151 «Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell'articolo 15 della legge 8 marzo 2000, n. 53». Gazzetta Ufficiale n. 96 del 26 aprile 2001, Supplemento Ordinario n. 93.
- Circolare ABI, Serie Lavoro, 10 febbraio 2003, n. 20.
- Circolare ABI, Serie Lavoro, 11 luglio 2006 n. 97.
- Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano (2003). Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei. Roma.
- <http://www.protezionecivile.gov.it/>
- Martinelli G. (1993): Radon geochemistry and geophysics in deep fluids in Italy. Proceedings of the Second Workshop on radon monitoring in radioprotection, environmental and/or

Earth Sciences. International Centre for theoretical Physics, Trieste, Nov, 25-Dec. 6, 1991. World Scientific, Singapore.

– Riggio A., Sancin S., Gentile G.F., Zennaro P., Belletti R. (2006): Misure di radon in Friuli e confronto con la sismicità. GNTS - Atti 18° Convegno Nazionale 01.06.

– Saghatelyan E. et al. (2005): The effect of earthquake-induced radon release on the population in the seismic active regions of Armenia. In IAEA - TECDOC - 1472.

– Saghatelyan E. et al. (2010): A seismic factor of radon danger on a case study of Armenia. Iranian Journal of Earth Sciences 133-142.

ISL - Igiene e Sicurezza del Lavoro n. 10/2012

VDR in pratica

43

