



# ANPEQ

Protezione dalle radiazioni ionizzanti

ASSOCIAZIONE NAZIONALE PROFESSIONALE ESPERTI QUALIFICATI  
NATIONAL PROFESSIONAL ASSOCIATION OF ITALIAN QUALIFIED EXPERTS IN RADIOLOGICAL PROTECTION

## **Rischio radon: cosa è, come si previene, come si misura, come si interviene**

*13 quesiti sul problema Radon*

**2003**



## Indice

1. **Cosa è il Radon?** pag. 3
2. **Quali sono i possibili effetti del Radon?** pag. 5
3. **Perché il problema Radon si pone per i luoghi chiusi?** pag. 7
4. **Perché il problema Radon si pone per gli stabilimenti termali?** pag. 8
5. **Perché è necessario misurare la concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi chiusi?** pag. 10
6. **Quando effettuare la misura della concentrazione del Radon nell'aria?** pag. 12
7. **Con quale strumentazione possono essere effettuate le misurazioni del Radon nell'aria?** pag. 13
8. **È possibile ridurre la concentrazione del Radon e dei discendenti nei luoghi chiusi?** pag. 16
9. **In quali luoghi è richiesto dalla legislazione italiana il controllo e il contenimento della concentrazione del Radon nell'aria?** pag. 17
10. **Quali sono i limiti di concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi di lavoro?** pag. 19
11. **Cosa bisogna fare quando i valori misurati di concentrazione del Radon sono prossimi o superiori a quelli limite o 'di azione'?** pag. 21
12. **Entro quali tempi e con quali modalità devono essere assolti gli adempimenti in ordine al rilievo della concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi di lavoro ed alle azioni consequenziali?** pag. 22
13. **E le civili abitazioni?** pag. 24

## 1. Cosa è il Radon?



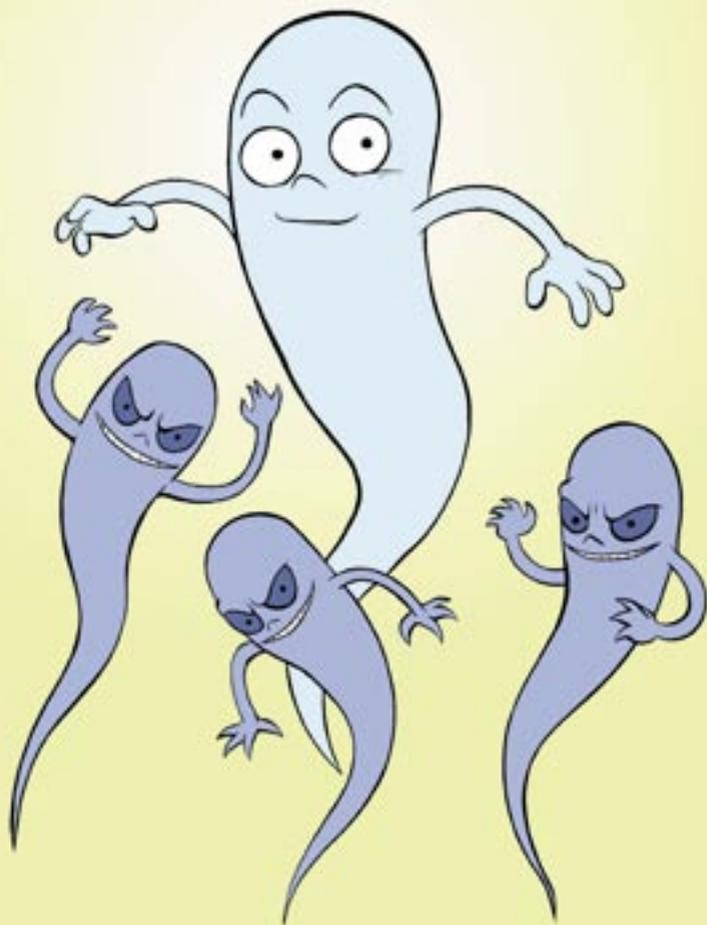
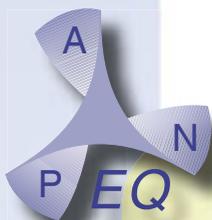
Il Radon è un gas naturale, proveniente dal decadimento del radioisotopo Ra-226 (radium) originato, per decadimenti successivi, dal 'capostipite' U-238 diffusamente presente nella crosta terrestre in concentrazione variabile in funzione della particolare conformazione geologica, stimata mediamente pari a circa 2.8 ppm nella crosta superiore continentale<sup>[1]</sup> ed a circa 1.8 ppm nel suolo<sup>[2]</sup>.

È radioattivo, con tempo di dimezzamento dell'attività pari a 3.82 giorni. Decade con emissione di radiazione  $\alpha$  producendo 'discendenti' radioattivi che emettono radiazione  $\alpha$  -  $\beta$  e  $\gamma$ .

Rimane per la parte prevalente intrappolato nella matrice solida nella quale avviene il decadimento del Ra-226 e solo una piccola frazione, quella emessa dal Ra-226 posto alla periferia dei singoli elementi solidi (superfici e zone di fratture delle rocce, grani di terreno o di sabbia, ....), emerge dal suolo o si discioglie nelle acque e diffonde nell'aria.

Il flusso del Radon dal suolo continentale è stato valutato mediamente pari a circa 1 Bq<sup>1</sup> per minuto e per m<sup>2</sup> di superficie, per circa il 20% emanato dall'acqua nel terreno.

<sup>1</sup> Il Bq è il numero di nuclei radioattivi che decade in 1 secondo.



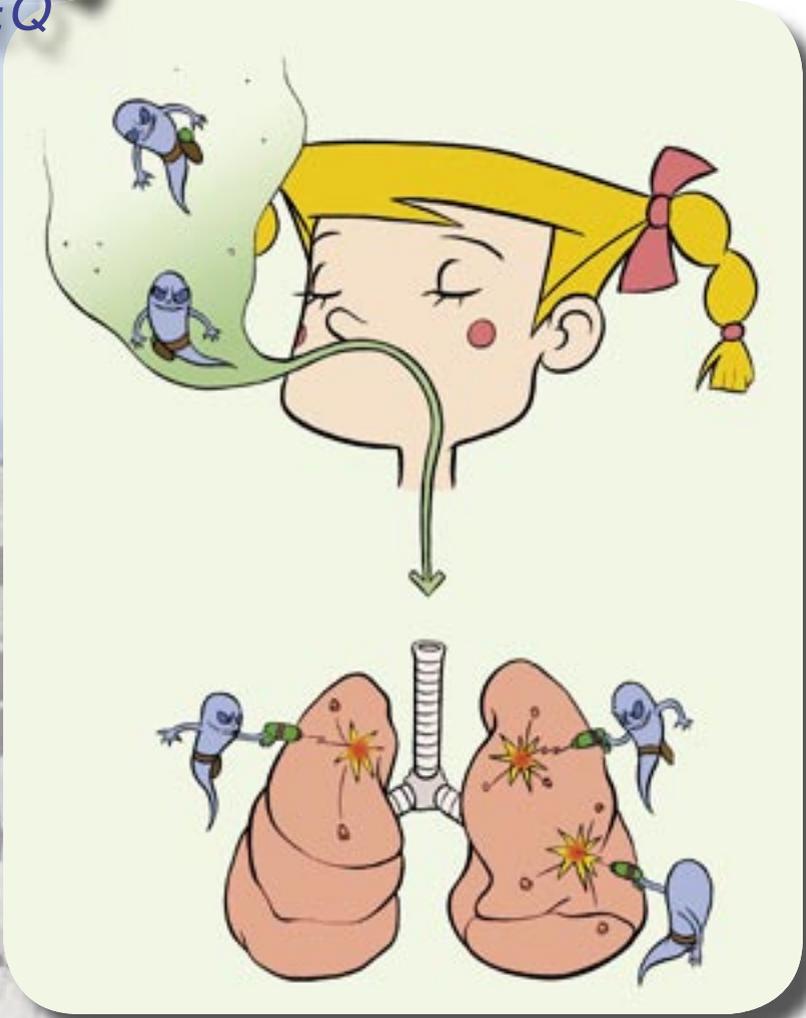
## 2. Quali sono i possibili effetti del Radon?



Il Radon è un gas nobile non reattivo che, inalato, non si deposita nei polmoni ma viene rapidamente espulso, con trascurabile contributo di dose ai polmoni. Gli effetti dannosi del Radon sono prodotti dai suoi 'discendenti' radioattivi  $\alpha$ -emittenti solidi Po-218 e Po-214 contestualmente presenti nell'aria legati al pulviscolo atmosferico che, inalati, si depositano nell'epitelio bronchiale rilasciandovi dosi significative di radiazione  $\alpha$  che possono produrre tumori polmonari<sup>2</sup>. La concentrazione nell'aria dei 'discendenti' assume il valore massimo dopo un tempo sufficientemente lungo in assenza totale di aerazione, allorquando vengono a realizzarsi condizioni di 'equilibrio radioattivo' tra i 'discendenti' suddetti, che hanno tutti (compresi i radioisotopi intermedi Pb-214 e Bi-214) breve tempo di dimezzamento, e il 'genitore' Radon.

La probabilità del danno conseguente all'esposizione ad una determinata concentrazione del Radon nell'aria risulta pertanto proporzionale al prodotto della concentrazione di attività del Radon, in Bq/m<sup>3</sup>, per le ore di esposizione e per il valore del 'fattore di equilibrio', dato dal rapporto tra la concentrazione di attività effettiva dei 'discendenti' e quella che si avrebbe se i 'discendenti' fossero in equilibrio con il Radon.

<sup>2</sup> Secondo l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC)<sup>[3]</sup> il Radon è inserito nelle categorie di cancerogenicità al Gruppo 1 ("evidenza sufficiente di cancerogenicità per l'uomo").





Sulla base dei danni osservati nei lavoratori delle miniere, la probabilità di insorgenza di tumori mortali per esposizione ai “discendenti” del Radon viene valutata<sup>[4]</sup> pari a  $4.4 \cdot 10^{-7}$  per ora di esposizione a concentrazione del Radon pari a  $1000 \text{ Bq/m}^3$  in equilibrio con i ‘discendenti’.

Scaturisce che, per una intera vita lavorativa (80000 ore) in ambiente con concentrazione del Radon pari a  $500 \text{ Bq/m}^3$  e valore del ‘fattore di equilibrio’ pari a 0.6, tipico di ambienti scarsamente aerati, la probabilità di insorgenza di tumori mortali nell’intera vita è pari a circa  $1 \cdot 10^{-2}$ .

### **3. Perché il problema Radon si pone per i luoghi chiusi?**

Il gas Radon emergente dal suolo o portato in superficie dalle acque terrestri si diffonde rapidamente nell’atmosfera, venendo a produrre concentrazioni molto basse nell’aria che respiriamo nei luoghi aperti, variabile da luogo a luogo e valutata mediamente pari a  $8 \text{ Bq/m}^3$  nelle aree continentali<sup>[5]</sup>, con valori massimi dell’ordine dei  $50 \text{ Bq/m}^3$ <sup>[6]</sup>.

Diversa è la situazione dei luoghi chiusi (edifici) o sotterranei (grotte, caverne, ...) penetrati dal gas Radon e nei quali il Radon trova ostacolo alla successiva diffusione nell’atmosfera, dove possono venire a formarsi concentrazioni anche molto elevate e, in particolare, dei locali interrati degli edifici che, da una parte costituiscono la più diretta via di penetrazione del Radon emergente dal suolo, dall’altra sono



generalmente anche i locali meno aerati.

Anche i materiali usati nelle costruzioni, che contengono percentuali variabili del 'genitore' Ra-226<sup>[7],[8]</sup> possono contribuire in modo significativo alla concentrazione di attività del Radon negli edifici.

Rilievi in 43000 case USA<sup>[9]</sup>, effettuate nel periodo invernale, hanno mostrato concentrazioni di Radon nelle cantine interrato mediamente pari a 185 Bq/m<sup>3</sup> e superiori a 370 Bq/m<sup>3</sup> nel 10.3% dei casi e, ai piani terra di case prive di cantina interrato, concentrazioni medie pari a 54 Bq/m<sup>3</sup> e superiori a 259 Bq/m<sup>3</sup> nel 10.6% dei casi, con valori massimi che superano in entrambi i casi i 10000 Bq/m<sup>3</sup>. Valori massimi pari a 10000 Bq/m<sup>3</sup> sono anche stati trovati in Inghilterra<sup>[10]</sup>. In una recente indagine sul territorio italiano<sup>[11]</sup> è stata rilevata concentrazione media di attività del Radon pari a 108 Bq/m<sup>3</sup> nelle cantine interrato, e maggiore di 200 Bq/m<sup>3</sup> nel 12% dei casi e, ai piani terra, concentrazione media di attività pari a 98 Bq/m<sup>3</sup> e maggiore di 200 Bq/m<sup>3</sup> nel 7% dei casi, con valori massimi intorno ai 1000 Bq/m<sup>3</sup>.

#### **4. Perché il problema Radon si pone per gli stabilimenti termali?**

Le acque 'terrestri', provenienti dal sottosuolo, presentano concentrazioni di Radon variabili a seconda del percorso e delle caratteristiche dei materiali attraversati. In un recente studio sulle diverse acque sorgive dell'Appennino





Reggiano-Parmense<sup>[12]</sup> le concentrazioni di Radon sono risultate variare da circa 1 Bq/litro a 28 Bq/litro.

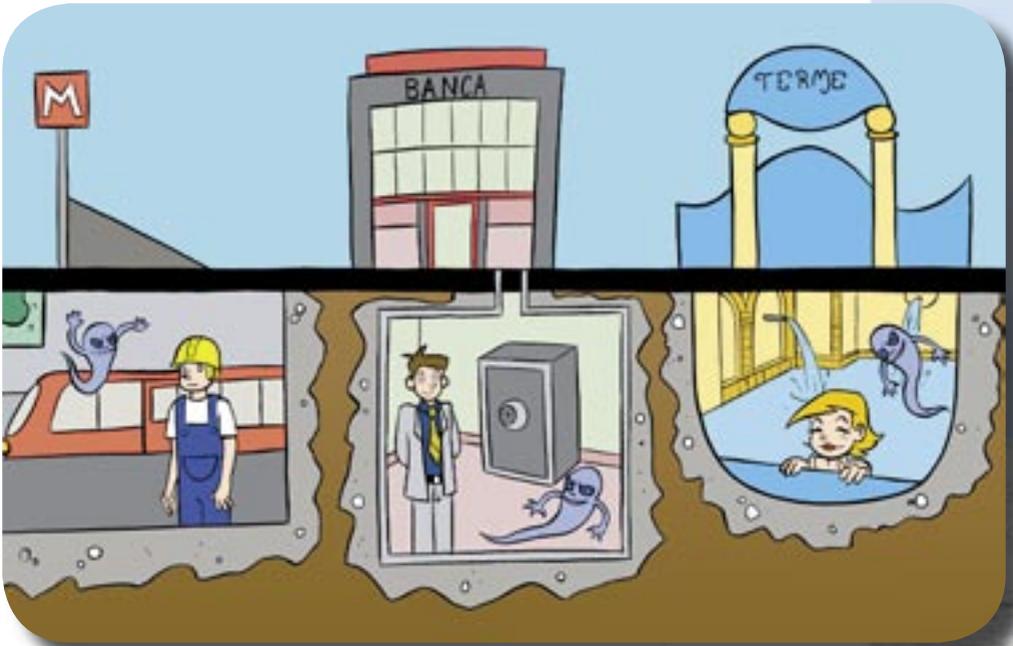
L'utilizzo delle acque 'terrestri' contribuisce limitatamente alla concentrazione di attività del Radon nell'aria, all'interno di edifici e di abitazioni.

Diversa è la situazione degli stabilimenti termali, dove vengono a stazionare in luoghi chiusi notevoli quantità di acque 'terrestri' per tempi lunghi e con la superficie a diretto contatto dell'aria nell'ambiente, nei quali sono stati rilevati valori della concentrazione di attività del Radon in cabine, bagni e locali accessori spesso superiori a 3000 Bq/m<sup>3</sup> e in qualche caso superiori a 6000 Bq/m<sup>3</sup> [13].

## **5. Perché è necessario misurare la concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi chiusi?**

Il valore della concentrazione del Radon nell'aria nei diversi luoghi chiusi assume valori non prevedibili a priori ed assai variabili da luogo a luogo, dipendendo da molteplici fattori:

- l'emissione del Radon dal suolo e, nel caso di grotte o caverne, anche dalle pareti e dalla copertura, variabile al variare della concentrazione locale del 'genitore' Ra-226 e della permeabilità dei materiali presenti al gas Radon;
- la diversa tipologia e struttura degli edifici e l'eventuale





presenza di aperture per passaggio cavi e condotti, come pure di possibili crepe o fessurazioni, che realizzano differenti vie di penetrazione all'interno del Radon emanato dal suolo sottostante o anche da quello a contatto con le pareti perimetrali nel caso di vani interrati;

- le caratteristiche di permeabilità al Radon dei rivestimenti alle pareti ed ai solai, che condizionano fortemente la diffusione del Radon negli ambienti, in particolare di quello proveniente dai materiali di costruzione<sup>[14]</sup>;
- la 'storia' delle acque terrestri, che raggiungono il luogo chiuso più o meno arricchite del 'genitore' Ra-226 disciolto, che, in particolare, determina l'entità del 'problema Radon' negli stabilimenti termali;
- il livello e le modalità di aerazione.

## **6. Quando effettuare la misura della concentrazione del Radon nell'aria?**

La concentrazione del Radon nei luoghi chiusi varia nel tempo in dipendenza di fattori climatici, o a questi collegati:

- la temperatura, che condiziona la probabilità di emissione del gas Radon dalle superfici dei materiali che inglobano il 'genitore' Ra-226, con aumento dell'emissione con la temperatura e, per alcuni materiali, raddoppio dell'emissione passando da 10 °C a 35 °C<sup>[7]</sup>;
- la pressione atmosferica, con aumento dell'emanazione

del gas Radon dal suolo sottostante al diminuire della pressione;

- il grado di umidità e polverosità, che determina la percentuale dei ‘figli’ del Radon legati al pulviscolo nell’aria;
- la presenza di riscaldamento artificiale nel periodo invernale, che aumenta la penetrazione del Radon all’interno degli edifici per ‘effetto camino’;
- le diverse modalità di utilizzo degli infissi esterni e/o degli eventuali impianti di aerazione nei diversi periodi dell’anno.

Le misure della concentrazione del Radon (e/o dei suoi ‘discendenti’) nell’aria vanno, pertanto, effettuate per lunghi tempi, non inferiori all’anno.

## **7. Con quale strumentazione possono essere effettuate le misurazioni del Radon nell’aria?**

La strumentazione per misure della concentrazione di attività del Radon nell’aria<sup>[15], [16]</sup> può essere di tipo attivo, basata su rivelatori che hanno bisogno di un’alimentazione durante la misura, o passivo, basata su rivelatori che non hanno bisogno di un’alimentazione.

I rivelatori attivi consentono misure per tempi lunghi e, attraverso la registrazione del segnale, anche la rilevazione dell’andamento nel tempo della concentrazione di attività del Radon, ma sono molto costosi e di non semplice utilizzo.





Di questi i più impiegati sono i seguenti:

- **celle di Lucas**, costituite da un contenitore internamente foderato con materiale scintillatore alfa-sensibile, tipo ZnS(Ag), all'interno del quale l'aria esterna accede attraverso un filtro assoluto o per risucchio se viene fatto inizialmente il vuoto, o mediante pompa o per diffusione spontanea. Il materiale scintillatore è accoppiato ad un fotomoltiplicatore e l'aria viene misurata mediante spettrometria;
- **rivelatori a stato solido**, costituiti da una camera nella quale è collocato un rivelatore a stato solido sensibile alle particelle, dove l'aria ambiente accede per diffusione spontanea attraverso un filtro;
- **camere a ionizzazione**, all'interno delle quali l'aria ambiente accede per diffusione spontanea attraverso un filtro.

I rivelatori passivi hanno basso costo. Di quelli più utilizzati, i canister a carboni attivi ed i film a tracce devono essere 'letti' in laboratori specializzati, mentre le camere ad elettretti possono essere 'lette' direttamente dall'Esperto Qualificato che effettua la misura.

- **Canister a carboni attivi**, costituiti da un contenitore riempito di carboni attivi che viene collocato aperto nel punto di misura, a consentire l'accesso diretto del Radon e la sua cattura dal carbone. Dopo il tempo desiderato viene richiuso ed inviato al conteggio. Sono utilizzabili solo per misure di breve durata, al massimo 7 giorni, (p. es. in rilievi di screening preliminare) in quanto il Radon

immagazzinato ha breve tempo di dimezzamento e nel risultato vengono a pesare soprattutto gli ultimi giorni.



- **Film a tracce**, costituiti da pellicole che, una volta sviluppate, consentono di osservare al microscopio le tracce prodotte dalle particelle alfa e di contarne la densità, dalla quale si risale alla concentrazione del Radon. Sono necessari lunghi tempi di esposizione per collezionare un numero significativo di tracce e, pertanto, i film sono indicati per misure di durata non inferiore al mese.
- **Camere ad elettreti**, costituite da una camera di plastica conduttrice all'interno della quale è collocato, isolato dalle pareti, un disco di teflon caricato ad un dato potenziale, elettrete, che viene posta aperta nel punto di misura a consentire l'accesso del Radon attraverso un filtro. Dopo il tempo desiderato la camera viene richiusa e portata in laboratorio dove si estrae l'elettrete e si misura la diminuzione del potenziale conseguente alla ionizzazione prodotta dal Radon nella camera risalendo, in tal modo, a valutarne la concentrazione nell'aria nel punto di misura.

Anche i vetri negli edifici possono essere utilizzati come rivelatori passivi, attraverso la misurazione dell'attività del 'figlio' Pb-210 che si infigge nel vetro per effetto del rinculo, se prodotto in decadimenti in prossimità del vetro, e vi permane avendo lungo tempo di dimezzamento (22 anni).



## 8. È possibile ridurre la concentrazione del Radon e dei discendenti nei luoghi chiusi?

Sono possibili diversi tipi di intervento per ridurre la concentrazione nell'aria del Radon e dei discendenti<sup>[17]</sup>, quali:

- realizzazione di sigillatura dei pavimenti e delle pareti interrate con materiali non permeabili o poco permeabili al gas Radon;
- messa in sovrappressione dell'interno dei locali interessati rispetto all'ambiente esterno;
- realizzazione di ventilazione forzata nei locali interessati, con un numero adeguato di ricambi/ora a tutta aria esterna;
- realizzazione di ventilazione dell'interno dei muri cavi e dei mattoni cavi sui quali è poggiato il pavimento;
- realizzazione di intercapedini aerate al di sotto del pavimento e tra le pareti interrate ed il terrapieno circostante;
- messa in opera di sistemi di aspirazione che risucchino i gas provenienti dal suolo sottostante, limitandone la parte che raggiunge il pavimento e le pareti interrate.

La scelta del tipo di intervento, o della combinazione di più tipi di intervento, in ogni particolare situazione deve essere effettuata sulla base di specifico studio preliminare.

È sempre necessario che un Esperto Qualificato effettui la

verifica del risultato conseguito mediante accurate misurazioni, in quanto spesso l'attuazione degli interventi scelti non ha dato i risultati prefissati.



## **9. In quali luoghi è richiesto dalla legislazione italiana il controllo e il contenimento della concentrazione del Radon nell'aria?**

Il D. Lgs. 241/2000<sup>[18]</sup>, che recepisce la Direttiva 96/29/Euratom<sup>[19]</sup>, richiede il controllo ed il contenimento della concentrazione di attività del Radon nell'aria nei luoghi nei quali si svolgono attività lavorative che possono esporre i lavoratori o le persone del pubblico a sorgenti naturali, quali il Radon, e comprendono:

- A) tunnel, sottovie, catacombe, grotte, locali sotterranei o interrati;
- B) ogni altro ambiente di lavoro situato in zone individuate dalle regioni e province autonome come esposte ad alta attività di Radon;
- C) stabilimenti termali, con riferimento per questi ai soli lavoratori addetti.

L'ANPEQ (Associazione Nazionale Professionale degli Esperti Qualificati) ha realizzato numerosi Corsi e Convegni sul tema 'Radon', riportati nella "Rassegna iniziative ANPEQ sul Radon" unitamente ai nominativi dei Relatori ANPEQ ai quali possono essere richiesti eventuali ulteriori chiarimenti sull'argomento.



## 10. Quali sono i limiti di concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi di lavoro?



I limiti di concentrazione di attività del Radon nell'aria nei luoghi specificati alle lettere A e B sono costituiti<sup>[18]</sup> da:

- 500 Bq/m<sup>3</sup> medi in un anno,
- ovvero, nel caso di luoghi solo parzialmente occupati e non costituenti asili nido o scuole materne e dell'obbligo, valori tali che la somma dei prodotti delle concentrazioni per le ore di occupazione dia luogo a valutazione della dose efficace da Radon<sup>3</sup> contenuta entro 3 mSv/anno, corrispondente a  $1.0 \cdot 10^6$  Bq\*h\*m<sup>-3</sup> totale in un anno<sup>4</sup>.

Per i luoghi C (stabilimenti termali) il limite è posto direttamente in 1 mSv/anno di dose efficace, corrispondente al valore della somma dei prodotti delle concentrazioni di attività del Radon nell'aria per le ore di occupazione pari a  $3.33 \cdot 10^5$  Bq\*h\*m<sup>-3</sup> totale in un anno.

I limiti suddetti costituiscono 'livelli di azione' per eventuali successivi interventi e provvedimenti.

<sup>3</sup> A consentire il confronto e, ove del caso, la effettuazione della sommazione degli effetti della esposizione al Radon con quelli determinati dalle esposizioni alle "altre sorgenti di radiazioni" sono stati introdotti "fattori convenzionali di conversione"<sup>[4]</sup> tra le grandezze Bq\*h\*m<sup>-3</sup> e dose efficace, pari per i lavoratori a  $3 \cdot 10^{-9}$  Sv per 1 Bq\*h\*m<sup>-3</sup> come anche riportato nell'Allegato 1bis al D.Lgs 241/2000<sup>[18]</sup>.

<sup>4</sup> Per il rilievo individuale di questa condizione è stato anche realizzato e presentato<sup>[20]</sup> un dosimetro personale della esposizione al Radon.



## 11. Cosa bisogna fare quando i valori misurati di concentrazione del Radon sono prossimi o superiori a quelli limite o 'di azione'?



Nei luoghi suddetti,

- se i valori misurati di concentrazione di attività del Radon nell'aria risultano superiori all'80% del valore del pertinente 'livello di azione', il luogo deve essere tenuto in osservazione con l'effettuazione di nuove misurazioni nel corso dell'anno successivo;
- se i valori misurati sono superiori al valore del 'livello di azione', l'esercente del luogo, avvalendosi dell'Esperto qualificato, deve porre in essere, entro 3 anni, azioni di rimedio e procedere a nuove misurazioni per verificarne l'efficacia;
- se le nuove misurazioni, dopo l'adozione delle azioni di rimedio, forniscono valori della concentrazione di attività del Radon ancora superiori al valore del 'livello di azione', l'esercente è tenuto ad adottare le misure di protezione sanitaria dei lavoratori, con sorveglianza fisica e medica, analogamente a quanto previsto per le esposizioni alle radiazioni ionizzanti normalmente utilizzate in talune attività lavorative (raggi X, radisotopi, ...).



## **12. Entro quali tempi e con quali modalità devono essere assolti gli adempimenti in ordine al rilievo della concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi di lavoro ed alle azioni consequenziali?**

Per i luoghi A le misurazioni devono essere effettuate per mezzo di organismi 'riconosciuti', entro 24 mesi dall'inizio dell'attività secondo linee guida emanate, entro un anno dal suo insediamento, dalla 'Sezione speciale per le esposizioni a sorgenti naturali', istituita presso la 'Commissione tecnica per la sicurezza e protezione' dell'APAT, mentre per le attività già esistenti al 31 agosto 2000, avrebbero dovuto essere effettuate a partire dal 1° marzo 2002.

In carenza di quanto sopra e degli appositi organismi 'riconosciuti', la Conferenza dei Presidenti delle regioni e delle province autonome ha emesso delle linee guida per le misure delle concentrazioni di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei<sup>[21]</sup>.

Queste linee guida asseriscono che se l'organismo che effettua le misure è costituito da una sola persona fisica, questa deve avere formazione professionale adeguata ed esperienza documentata in materia.

Queste caratteristiche sono riscontrabili negli Esperti Qualificati di 2° e 3° grado.

Per i luoghi B le regioni e le province autonome devono individuare entro il 31 agosto 2005 le zone esposte ad alta attività di Radon, dopo di che le misurazioni devono essere

effettuate entro 24 mesi dalla data della detta individuazione e, successivamente, entro 24 mesi dall'inizio dell'attività.

Per gli stabilimenti termali le misurazioni devono essere effettuate dall'Esperto Qualificato dello stabilimento entro 24 mesi dall'inizio dell'attività e, per gli stabilimenti già in esercizio al 31 agosto 2000, a partire dal 1° settembre 2003.



### 13. E le civili abitazioni?



L'attuale legislazione italiana non contempla le esposizioni al Radon nelle abitazioni.

La Direttiva CE 1990<sup>[22]</sup>, mai recepita a livello legislativo in Italia e ormai superata nei presupposti scientifici, raccomandava valori di riferimento per la concentrazione di attività del Radon pari a  $400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$  negli edifici già esistenti ed a  $200 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$  in quelli nuovi. Per i materiali da costruzione il D.P.R. 1993<sup>[23]</sup>, a recepimento della Direttiva CEE 1989<sup>[24]</sup>, richiede che i materiali da costruzione non debbano emettere sostanze pericolose, tra le quali è anche compreso il Radon, senza l'indicazione di limiti numerici e risulta, di fatto, inapplicabile<sup>[25]</sup>.

La ICRP Publication 65<sup>[4]</sup> propone l'adozione per le esposizioni al Radon nelle abitazioni, livelli di intervento compresi tra  $200$  e  $600 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ , con riferimento a 7000 ore/anno di presenza nell'abitazione e nell'assunzione di valore del fattore di equilibrio del Radon con i suoi 'discendenti' pari a 0.4, ed auspica l'individuazione delle "radon-prone areas", aree nelle quali circa l'1% delle dimore presenta concentrazioni di Radon più che 10 volte superiore ai valori medi nazionali.

Anche nell'assenza di limiti vincolanti per legge, è buona norma richiedere ad un Esperto Qualificato il monitoraggio della concentrazione di attività del Radon e/o dei suoi 'discendenti' nei luoghi particolarmente a rischio, quali i vani interrati e le cantine spesso utilizzati come 'tavernette' o per attività ricreative, come pure nelle intere abitazioni se

collocate in zone individuate come esposte ad elevate attività di Radon.

È anche opportuno, per i nuovi edifici, procedere alla valutazione preventiva della possibile sussistenza del 'problema Radon', come già attuato in Alto Adige<sup>[26]</sup>, a consentire l'adozione e realizzazione di appropriati interventi contestualmente alla costruzione.





## BIBLIOGRAFIA CITATA

- 1) Taylor S. R., McLennan S. M.: The Continental Crust: its Composition and Evolution. Oxford, Blackwell, 1985.
- 2) Lowder W. M., Condon W. J., Beck H. L.: Field spectrometric investigations of environmental radiation in U.S.A. in 'The Natural Radion Environment', Adams J. A. S. and Lowder W. M. Eds., University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 1964.
- 3) WHO-IARC 1988: IARC Monograph on the evaluation of carcinogenic risks to humans: man-made minerals and radon. IARC Monograph, vol. 43, Lyon, France, 1998.
- 4) ICRP Publication 65: Protection against Radon-222 at Home and at Work. Pergamon Press, 1994.
- 5) Harley J. H.: Environmental Radon. In 'The Noble Gases', Moghissi A. A. and Stanley R. E. Eds., U. S. Government Printing Office Washintgon, D. C., 1975.
- 6) NCRP Report n. 94: Exposure of the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation. 1987.
- 7) Tso M. W., Ng C., Leung J. K. C.: Radon release from building mate rials in Hong Kong. Healt Phys. 67: 378-384; 1994.
- 8) Lehmann R., Misch W.: Experience and existing regulations in the field of radioactivity of building materials and radon in homes in Germany. ANPEQ - Serie Documentazione Professionale n. 5, 2000.



9) White S. B., Bergsten J. W., Alexander B. V., Rodman N. F., Phillips J. L.: Indoor  $^{222}\text{Rn}$  Concentrations in a probability sample of 43000 houses across 30 States. *Health Phys.* 62: 41-50; 1992.

10) Kendal G.: Control of exposures to radon in homes in the UK. ANPEQ - Serie Documentazione Professionale n. 5, 2000.

11) Bochicchio F., Campos Venuti G., Piermattei S., Torri G., Nuccetelli C., Risica S., Tommasino L.: Results of the national survey on radon indoors in all the 21 Italian Regions. *Atti del Convegno su 'Radon in the Living Environment'*, Athens, Greece 9-23 April 1999.

12) Vaccari S., Toscani L., Ortalli I., Dalledonne C., Martinelli G., Venturelli G.: Misure di Radon in sorgenti e pozzi dell'Appennino Reggiano-Parmense. *Notiziario ANPEQ*, n.ro 57-58: 68-74, 2001.

13) Sciocchetti G.: Sorgenti radioattive ed esposizione alle radiazioni in ambiente termale. *Atti del Convegno su 'Aspetti di radioprotezione nelle stazioni termali'*, Merano 1986.

14) Stranden E., Berteig L.: Radon in dwelling and influencing factors. *Health Phys.* 39: 275-284; 1980.

15) NCRP Report n. 97: Measurement of radon and radon daughters in air. Pergamon Press. 1988.

16) Mostacci D.: Strumentazione e modalità di misura nel settore della radioattività naturale. *Notiziario ANPEQ*, n.ro 61-62: 48-53, 2002.



17) NCRP Report n. 103: Control of radon in houses. Pergamon Press, 1989.

18) Decreto Legislativo 26 maggio 2000 n. 241. G. U. - serie generale - n. 303 del 31 agosto 2000.

19) Direttiva 96/29/Euratom del 13 maggio 1996. G.U.C.E. n. L 159 del 29 giugno 1996.

20) Orlando C., Orlando P., Patrizi L., Tommasino L., Tonnarini S., Trevisi R., Viola P.: Monitoraggio dell'esposizione dei lavoratori al radon. Notiziario ANPEQ, n.ro 59: 51-61, 2001.

21) Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome: Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei. Notiziario ANPEQ, n.ro 64-65: 65-73, 2003.

22) Direttiva CE 1990 del 21 febbraio 1990. G.U.C.E. n. L 80/26 del 27 marzo 1990.

23) Decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246. G.U. 22 luglio 1993.

24) Direttiva CEE del 21 dicembre 1988. G.U.C.E. n. L 40/121 del 1° febbraio 1989.

25) Risica S.: Legislazione relativa al radon nelle abitazioni e alla radioattività naturale nei materiali da costruzione. ANPEQ - Serie Documentazione Professionale n. 5, 2000.

26) Minach L.: La prevenzione radon, un nuovo compito per il settore edilizio. Notiziario ANPEQ, n.ro 64-65: 40-44, 2003.

## RASSEGNA INIZIATIVE ANPEQ SUL RADON



Convegno Nazionale ANPEQ su “I nuovi decreti di radioprotezione sulla protezione del paziente e sulla radioattività naturale”. Lido di Camaiore (LU), 22-23 giugno 2000.

Cazzoli S.: La nuova normativa sul radon negli ambienti di lavoro: le attribuzioni dell’esperto qualificato.

Scuola Superiore di Radioprotezione “Carlo Polvani” - 35° Corso: “La Radioattività naturale nel nuovo assetto normativo”. Villa Olmo (CO), 13-16 novembre 2000.

Malgieri F.: Introduzione alla radioattività naturale.

Cucchi G.: Normative e raccomandazioni internazionali.

Calenda E.: Adempimenti richiesti e documentazione.

Convegno Nazionale ANPEQ su “Guida all’applicazione tecnica e amministrativa dei nuovi decreti di radioprotezione”. Firenze, 18 dicembre 2000.

Cucchi G.: La figura, le attribuzioni e le competenze dell’Esperto qualificato nei due decreti..

Cazzoli S.: I nuovi obblighi per datore di lavoro, dirigenti, preposti e le nuove attribuzioni dell’Esperto Qualificato nel settore della radioattività naturale.

FORUM di Sorveglianza fisica di Radioprotezione - VI Corso, Ortisei (BZ) 25-31 marzo 2001.

Cucchi G.: Attribuzioni e competenze dell’Esperto qualificato nel D. Lgs. 241/2000.

Cucchi G.: La radioattività naturale nel nuovo decreto legi-



slativo: ambiti di competenza dell'EQ e procedure amministrative.

Cazzoli S.: Il radon negli ambienti chiusi in Italia.

Cazzoli S.: Il radon nelle stazioni termali e nelle miniere.

Convegno Nazionale ANPEQ su "Evoluzione della professione dell'Esperto qualificato in radioprotezione". Firenze, 23-24 ottobre 2001.

Cazzoli S., Biazzì L., Moroder E., Ascione B., Risica S.: Modalità di stesura della relazione di valutazione rischi nei settori interessati alla radioattività naturale.

Convegno Nazionale ANPEQ su "Procedure operative di applicazione dei decreti sulla protezione dalle radiazioni ionizzanti". Napoli 27-28 novembre 2002.

Biazzì L., Fantinato D., Finazzi G. B., Giroletti E., Liverani C., Mignani P. L., Salvatori L. "Misure di radon: procedure operative per l'Esperto qualificato".

FORUM di Sorveglianza fisica di Radioprotezione - VII Corso, Ortisei (BZ) 31 marzo - 5 aprile 2003.

Biazzì L., Fantinato D., Finazzi P., Salvatori L.: Misure di radon in luoghi sotterranei: procedure operative per l'Esperto Qualificato in caso di superamento dei livelli di azione.

Cucchi G.: Attività lavorative in presenza di radioattività naturale: analisi delle fonti di rischio.



# ANPEQ

Protezione dalle radiazioni ionizzanti

ASSOCIAZIONE NAZIONALE PROFESSIONALE ESPERTI QUALIFICATI  
NATIONAL PROFESSIONAL ASSOCIATION OF ITALIAN QUALIFIED EXPERTS IN RADIOLOGICAL PROTECTION

Indirizzo operativo: Prof. Ing. Giorgio Cucchi, Segretario Generale ANPEQ  
40136 BOLOGNA, via dei Colli, 16 - Tel. 051-6440432  
<http://www.anpeq.it> - e-mail: [info@anpeq.it](mailto:info@anpeq.it)

*Segretario Generale e legale rappresentante*

Giorgio Cucchi

*Presidente*

Silvano Cazzoli

*Vice Presidente*

Luisa Biazzì

*Consiglieri:*

Carlo Bergamini

Edoardo Calenda

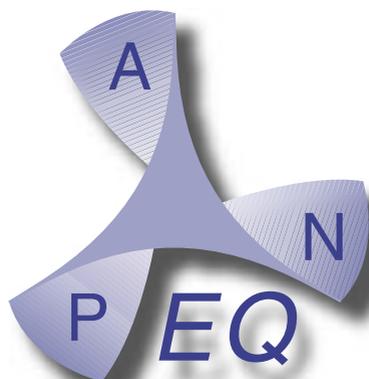
Antonio Campagni

Francesco Malgieri

*Testo:* Ufficio Relazioni Esterne ANPEQ - Coordinamento: F. Malgieri, con il contributo di E. Calenda, A. Campagni e S. Cazzoli

*Disegni:* Valentina Campagni

*Layout:* Michele Campagni



[www.anpeq.it](http://www.anpeq.it)