

**INAIL**

*Una scuola  
senza Radon*

## **Pubblicazione realizzata da**

### **INAIL**

Settore Ricerca  
Dipartimento Igiene del Lavoro  
Direttore Dott. Sergio Iavicoli

### **COORDINAMENTO SCIENTIFICO**

Rosabianca Trevisi<sup>1</sup>

### **AUTORI**

Rosabianca Trevisi<sup>1</sup>, Anna Paola Caricato<sup>2</sup>, Giovanni De Filippis<sup>3</sup>, Antonio De Giorgi<sup>3</sup>

### **COLLABORAZIONE ALLA REDAZIONE**

Barbara Todini<sup>1</sup>, Francesco Romano

1 INAIL - Dipartimento Igiene del Lavoro

2 Dipartimento di Fisica, Università del Salento

3 ASL LE/1 Servizio di Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro - SPESAL

Edizione aggiornata al 2013

### **CONTATTI**

**INAIL** - Dipartimento Igiene del Lavoro

Via Fontana Candida, 1 - 00040 Monte Porzio Catone (Roma)

Tel. + 39 06 94181 310 / + 39 06 94181 311

Fax + 39 06 94181 419

r.dil@inail.it

**www.inail.it**

© 2013 INAIL

La pubblicazione viene distribuita gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo.

È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

ISBN 978-88-7484-267-4

Tipolitografia INAIL - Milano, febbraio 2013

*“Ciò che è dannoso per il mondo  
non sono gli uomini cattivi ma  
il silenzio di quelli buoni”*

Martin Luther King

## Introduzione

*L'opuscolo è una guida divulgativa rivolta a quanti operano nel mondo della scuola, intesa sia come "laboratorio formativo delle persone" sia come sede lavorativa del personale docente e non docente.*

*Lo scopo è di affrontare il tema degli effetti connessi all'esposizione al radon in modo semplice, chiaro ed efficace.*

*"Una scuola senza radon" descrive gli elementi conoscitivi di base inerenti il "tema radon", i principi fisici sui quali si fondano i metodi per la misurazione della sua concentrazione in aria, le informazioni generali circa le modalità di ingresso negli ambienti interni e le possibilità di intervenire per rimuoverlo.*

*Si forniscono, inoltre, indicazioni per gli operatori della scuola e i lavoratori in generale in relazione agli adempimenti previsti dalla normativa vigente.*

*Gli autori auspicano di essere di stimolo per i docenti nell'inserire la "tematica radon" nell'ambito dei propri programmi didattici, collaborando quindi alla diffusione delle conoscenze sull'argomento e alla promozione della cultura della salute e della sicurezza negli ambienti di vita e di lavoro tra le giovani generazioni.*

*La pubblicazione è stata progettata per consentirne una duplice modalità di lettura: il testo principale come veicolo delle informazioni "base", la rubrica "PER SAPERNE DI PIÙ" rivolta a quanti desiderino approfondimenti di tipo tecnico-scientifico.*

Il Direttore del Dipartimento  
Igiene del Lavoro  
Dott. SERGIO IAVICOLI

## Premessa

*Il gas radon è un importante agente di rischio per la salute umana: è stato classificato, infatti, come la seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo di tabacco e rappresenta la prima causa per i non fumatori. La normativa generale per la tutela della salute dei lavoratori dai rischi in ambito lavorativo (D.lgs. 81/08 e s.m.i.) prevede che il datore di lavoro metta in atto misure volte a garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori e, nel caso delle radiazioni ionizzanti, adempiendo a quanto previsto dalla normativa specifica. Punti fondamentali della legislazione inerente la tutela dall'esposizione al radon nei luoghi di lavoro (D.lgs. 230/95 e s.m.) sono:*

- *la misura della concentrazione ambientale del gas negli ambienti lavorativi e, nel caso di riscontro di valori tali da costituire un rischio,*
- *la messa in atto di interventi di bonifica dei locali.*

*È importante sottolineare che, una volta accertato il rischio da radon mediante opportune misurazioni, nella maggior parte dei casi le azioni di bonifica sono efficaci, non invasive e poco costose. La scuola, per sua natura e missione al limite tra ambiente di lavoro e spazio abitativo, rappresenta un luogo di particolare attenzione da tutelare dal "rischio da radon", data la presenza di bambini o ragazzi che vi trascorrono un gran numero di ore. È importante garantire che la scuola sia un ambiente sano per il fisico e la mente. Allo stato attuale questa garanzia ci è data dall'applicazione sia dei lavoratori, nel nostro caso il personale docente e non docente, sia delle persone del pubblico (popolazione scolastica).*

*"Una scuola senza radon" pertanto intende fornire gli elementi conoscitivi principali inerenti il "tema radon" agli operatori della scuola ed in particolare a quanti hanno l'onere di adempiere agli obblighi previsti dalla legge.*

*Un ulteriore obiettivo che gli autori sperano di raggiungere è di stimolare i docenti ad inserire la "tematica radon" nell'ambito dei propri programmi didattici per consentire maggiore diffusione delle conoscenze sull'argomento. In tale contesto l'opuscolo si inserisce in un più ampio progetto di promozione della cultura della salute e della sicurezza nella scuola promosso dall'Inail con l'obiettivo di raccogliere le indicazioni del D.lgs. 81/08 (art. 11, c. 4) che invita gli Istituti scolastici ad inserire in ogni attività scolastica percorsi formativi interdisciplinari alle diverse materie ai fini della promozione e divulgazione della cultura della salute e della sicurezza sul lavoro.*

*A tal proposito gli autori si dichiarano fin d'ora disponibili (nei limiti delle loro possibilità) a dare supporto a quanti intenderanno intraprendere iniziative su questo argomento. La versione pdf del volume è scaricabile dal sito [www.inail.it](http://www.inail.it) (sezione Ricerca – Focus dedicato alla Promozione della cultura della sicurezza nella scuola); inoltre i*

*docenti interessati possono richiedere la versione .ppt dei testi e delle illustrazioni per scopi didattici, inviando una email alla dott.ssa Caricato (Annapaola.Caricato@le.infn.it) o alla dott.ssa Trevisi (r.trevisi@inail.it).*

*La lettura di “Una scuola senza radon” si svolge su due piani: il testo principale fornisce le informazioni “base”, mentre la rubrica “Per saperne di più” si rivolge a quanti desiderino approfondimenti di tipo tecnico-scientifico.*

*Prima di augurare una “buona lettura” ci corre l’obbligo di ringraziare il prof. Armando Luches per la sua disponibilità e la sua costante supervisione. Un ringraziamento particolare anche all’arch. Stefano Greco perché le sue immagini hanno dato vita al nostro lavoro.*

*Ed ora ...  
Buona lettura!*

Gli autori

## Indice

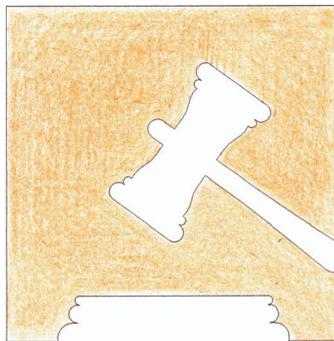
- **Perché la problematica del “Radon” nelle scuole** 1
- **Radioattività naturale e radiazioni ionizzanti** 2
- **Il Radon: un pericolo per la salute pubblica** 8
- **Come sapere se esiste un rischio da Radon nelle scuole** 9
- **Cosa prevede la normativa sul Radon nelle scuole** 11
- **Il ruolo delle ASL in materia di rischio da Radon** 14
- **Cosa fare se è presente Radon nelle scuole** 14
- **Costruire una scuola in un’area a rischio** 14



## Perché la problematica del Radon nelle scuole

La pericolosità del radon non è una novità: è possibile ritrovare una citazione già nel “De rerum natura” di Tito Lucrezio Caro (I sec. a.c.) e le prime osservazioni “scientifiche” risalgono al 1500 circa.

Ma allora perché affrontiamo questo tema solo oggi? Perché una legge che limiti l'esposizione a questo agente di rischio negli ambienti lavorativi è solo storia recente. Nell'agosto del 2000 è stato pubblicato il Dlgs. n. 241 del 26 maggio 2000 (Recepimento della Direttiva 96/29/EURATOM) che modifica ed integra il D.lgs. 230/95 in materia di protezione dei lavoratori dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. Tale decreto introduce la regolamentazione dell'esposizione al radon, inserendola nel contesto più generale della legislazione in materia di tutela dei lavoratori dai rischi in ambito lavorativo (D.lgs. 81/08 e s.m.i.). Il D. Lgs. 81/08, infatti, per la protezione dal rischio da radon, come per tutte le problematiche connesse alle radiazioni ionizzanti, fa riferimento alla normativa specifica, e quindi al D.lgs. 241/00, che si applica ad ogni tipologia di attività lavorativa, comprese quelle svolte in ambito scolastico. Poiché, infatti, il radon è un inquinante ubiquitariamente diffuso, la norma definisce gli obblighi dell' esercente sulla base dell'ubicazione degli ambienti e non sul tipo di attività che vi si svolge. Maggiori chiarimenti sul contenuto del D.lgs. 241/00 e sugli obblighi previsti, sono forniti nel paragrafo “Cosa prevede per le scuole la normativa sul Radon”.



### Per saperne di più

Nonostante la pericolosità delle radiazioni ionizzanti, la loro utilità è indiscutibile. Vastissime, infatti, sono le loro applicazioni:

- in medicina, sia in diagnostica (raggi X, TAC, RIA, scintigrafie...) che in terapia;
- nella produzione di energia elettrica da fissione nucleare;
- in campo industriale;

- nel campo della ricerca scientifica: ricerca di base in fisica nucleare e subnucleare, studi sul comportamento di tessuti, microrganismi sotto l'influenza di radiazioni ionizzanti...;
- in archeologia, geologia, studio e protezione dell'ambiente...

### **Che cosa sono i raggi X e $\gamma$**

Il termine radiazione viene abitualmente usato per descrivere fenomeni molto diversi tra loro, quali l'emissione di luce da una lampadina, di calore da una fiamma, di particelle elementari da una sorgente radioattiva, ecc. Caratteristica comune a tutti questi tipi di emissione è il trasporto di energia nello spazio. È proprio l'energia associata alla radiazione a determinare l'effetto sulla materia quando la radiazione è da essa assorbita. In base all'energia trasportata, le radiazioni vengono indicate con nomi diversi: raggi X, raggi  $\gamma$ , luce visibile, microonde, onde radio, ecc. I raggi X e  $\gamma$ , per la loro elevata energia, danno origine a interazione con la materia (ionizzazione ed eccitazione).

### **Radioattività naturale e radiazioni ionizzanti**

L'atomo è il costituente fondamentale dei diversi elementi chimici presenti in natura (idrogeno, elio, ossigeno, azoto, ...). Alcuni atomi hanno la caratteristica di non essere "stabili", tendono cioè a trasformarsi spontaneamente in atomi di altri elementi con l'emissione di particelle elementari (particelle  $\alpha$ ,  $\beta$  e neutroni) generalmente accompagnate da raggi X e  $\gamma$ . Tale processo viene chiamato decadimento radioattivo e costituisce il fenomeno della radioattività, mentre gli atomi radioattivi vengono detti radionuclidi o radioisotopi.

Il processo di decadimento è un fenomeno spontaneo ma può anche essere indotto artificialmente (radioattività artificiale). Le particelle elementari e le radiazioni emesse nel processo radioattivo sono molto energetiche e prendono il nome di radiazioni ionizzanti. Queste ultime, quando attraversano la materia, interagiscono con essa determinando la temporanea alterazione degli atomi e, nel caso si tratti di materia vivente, la conseguente modificazione delle cellule "irradiate". In quest'ultimo caso vengono danneggiati i costituenti cellulari in genere e tra essi il DNA (le prime evidenze di danni prodotti da raggi X risalgono al 1896).

Le radiazioni ionizzanti, sia dovute a fenomeni spontanei che indotti, fanno normalmente parte dell'ambiente in cui viviamo, e hanno accompagnato lo sviluppo dell'ecosistema terrestre e del genere umano.

In effetti tutti gli esseri viventi sono continuamente esposti alle radiazioni ionizzanti indipendentemente da dove vivano e da cosa facciano: l'ambiente esterno presenta diverse sorgenti radioattive naturali. Alcune sono di origine cosmica, altre invece consistono in elementi radioattivi presenti nelle acque, nelle rocce, nei terreni e nello stesso corpo umano.

Le modalità con le quali l'uomo entra in contatto con queste sorgenti di radiazioni sono diverse: ingestione attraverso il cibo e le bevande, inalazione (radon), esposizione esterna del corpo.

Da diversi anni è confermato che ciascun individuo riceve una maggiore dose di radiazioni dalle sorgenti "naturali" che da quelle "artificiali".

Tra le fonti naturali citate, da un punto di vista sanitario, la più rilevante è il radon, in quanto è responsabile del 50% della dose che la popolazione riceve da radiazioni naturali. Il contributo delle varie sorgenti di radiazioni ionizzanti è riportato in figura 1. Gran parte degli elementi radioattivi presenti nelle rocce, suolo, ecc. (radionuclidi primordiali) si originano gli uni dagli altri e vengono perciò raggruppati in "famiglie", denominate sulla base del radioisotopo "capostipite". L'Uranio-238 è uno dei capostipiti più importanti, anche perché dà origine al gas radon (Radon-222).

## Per saperne di più

### ***Che cosa si intende per radioattività artificiale***

La radioattività artificiale è il fenomeno in base al quale atomi stabili vengono "bombardati" con particelle molto energetiche. L'atomo colpito (in realtà il nucleo dell'atomo) assorbe la particella "lanciata" ed in genere ne emette un'altra o più di una con conseguente modificazione della struttura.

### ***Quali sono le sorgenti di radiazioni ionizzanti presenti in natura***

La radioattività è una componente fondamentale dell'ambiente in cui viviamo. Per radiazioni naturali intendiamo:

1. i raggi cosmici emessi dal sole e dai corpi stellari che raggiungono la Terra;
2. i radioisotopi originati dall'interazione dei raggi cosmici con l'atmosfera e la crosta terrestre;
3. i radionuclidi presenti nelle rocce della crosta terrestre fin dalla formazione del nostro pianeta (radionuclidi primordiali);
4. il radon;
5. i radionuclidi che vengono assunti con l'alimentazione.



## Cosa si intende per dose assorbita

La dose assorbita è l'energia media ceduta dalle radiazioni ionizzanti per unità di massa di materiale irraggiato.

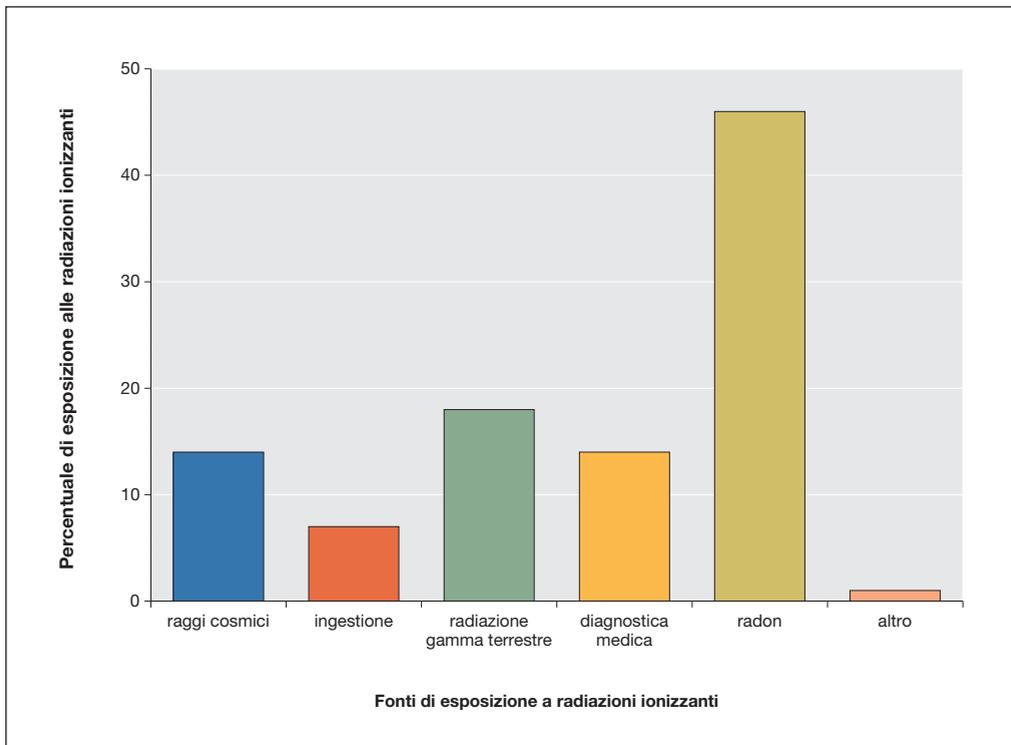


Figura n. 1 - Fonti di esposizione a radiazioni ionizzanti

## Cosa è il Radon

Il Radon è un elemento radioattivo con le seguenti caratteristiche:

- stato gassoso (a temperature e pressione ambiente);
- incolore;
- insapore;
- inodore;
- chimicamente inerte.

Il radon deriva dal decadimento radioattivo dell'Uranio, un elemento presente in tutte le rocce della crosta terrestre: per tale ragione è diffuso ovunque.

Attraverso un meccanismo di decadimento radioattivo, il radon si trasforma originando altri elementi radioattivi: sono proprio questi (i cosiddetti "figli del radon") a costituire il reale agente di rischio per la salute.

## Come si forma

Attraverso la catena di decadimento dell'Uranio-238:

## COSA E' IL RADON, DA DOVE VIENE?

Il radon deriva dal decadimento radioattivo dell'uranio, un elemento presente in tutte le rocce della crosta terrestre: per tale ragione il radon è ubiquitariamente diffuso.



Il radon è un elemento radioattivo con le seguenti caratteristiche:

- gas (a temperatura ambiente e pressione atmosferica);
- incolore;
- insapore;
- inodore;
- chimicamente non reagente.

Attraverso un meccanismo di decadimento radioattivo, il radon si trasforma, originando altri elementi radioattivi: sono proprio questi (i cosiddetti "figli del radon") a costituire il reale agente di rischio per la salute.



## Perché è dannoso il Radon

I figli del radon sono chimicamente ed elettricamente reattivi. In parte rimangono liberi in aria e in parte si attaccano al particolato (vapore acqueo, polveri sospese, fumo da sigarette...).

Sono proprio i figli del radon ad essere dannosi, infatti le particelle derivanti dai prodotti del decadimento del radon danneggiano i tessuti polmonari secondo il seguente meccanismo:

1. la respirazione introduce nei polmoni il radon ed i prodotti di decadimento
2. i prodotti di decadimento, in particolare il polonio 218 e 214, si fISSANO ai polmoni
3. le particelle emesse dal polonio 218 e 214, irradiano le cellule causando danni fisici e/o chimici al DNA

Questi danni possono essere riparati da meccanismi cellulari, ma se sono in eccesso possono innescare processi di modificazione cellulare fino alla trasformazione in cellule tumorali.

## PERCHE' E' DANNOSO IL RADON?

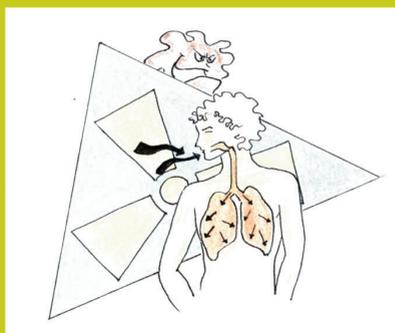
I figli del radon sono chimicamente ed elettricamente reattivi. In parte rimangono liberi in aria, e in parte si attaccano al particolato (vapore acqueo, polveri sospese e fumo da sigarette...).

Sono proprio i figli del Radon ad essere dannosi, infatti, le particelle  $\alpha$  derivanti dai prodotti del decadimento del Radon danneggiano i tessuti polmonari secondo il seguente meccanismo:

La respirazione introduce nei polmoni il Radon ed i prodotti del decadimento

I prodotti del decadimento, in particolare il polonio 218 e 214, si fISSANO ai polmoni

Le particelle  $\alpha$  emesse dal polonio 218 e 214, irradiano le cellule causando danni fisici e/o chimici al DNA



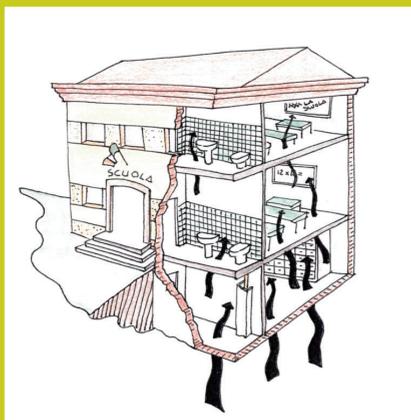
## Quali sono le sorgenti del Radon

### QUALI SONO LE FONTI DEL RADON?

Il radon eventualmente presente in un edificio scolastico può derivare da diverse sorgenti.

La principale fonte di radon è il **suolo** (85 - 90 %) su cui è costruita la scuola, in quanto alcuni tipi di rocce (tufi, graniti, pozzolane, ecc.) sono particolarmente ricche di uranio, progenitore del radon.

Una terza sorgente di radon è rappresentata dall'**acqua** (< 1%), in quanto il gas radioattivo è moderatamente solubile in essa. Questo fenomeno è comunque di bassa entità poiché di norma l'acqua fornita dalla rete pubblica, nei trattamenti di potabilizzazione e nel trasporto, subisce un rimescolamento tale da favorire l'allontanamento del radon per scambio con l'aria.



I **materiali da costruzione** (2 - 5 %), soprattutto tufi e lave, possono rappresentare un'altra fonte di radon: essi rivestono solitamente un ruolo di secondario rispetto al suolo, tuttavia, in alcuni casi, possono essere la causa principale, soprattutto qualora si trovino elevate concentrazioni di radon ai piani alti dell'edificio scolastico.

Si vuole dire che la principale fonte di radon ai piani più bassi di un edificio è determinata, nell'85 - 90 % dei casi, dalla natura geologica del terreno su cui è costruito. Alcuni tipi di rocce (tufi, graniti, pozzolane ecc.) sono infatti particolarmente ricchi di uranio, progenitore del radon.

I materiali da costruzione (2 - 5 %), soprattutto tufi e lave, possono rappresentare un'altra fonte di radon: essi rivestono solitamente un ruolo secondario rispetto al suolo, tuttavia, in alcuni casi, possono essere la causa principale, soprattutto qualora si trovino elevate concentrazioni di radon ai piani alti dell'edificio scolastico.

Una terza sorgente di radon è rappresentata dall'acqua (< 1%) in quanto il gas radioattivo è moderatamente solubile in essa. Questo fenomeno è comunque di bassa entità poiché di norma l'acqua fornita dalla rete pubblica, nei trattamenti di potabilizzazione e nel trasporto, subisce un rimescolamento tale da favorire l'allontanamento del radon dall'acqua stessa.

## Il Radon: un pericolo per la salute pubblica

Gli atomi di Uranio-238 - contenuti nei granuli di roccia o di suolo - subiscono nel tempo una serie di trasformazioni a catena (decadimenti radioattivi) tali da generare il radon. Questo, diversamente dai suoi precursori - tutti elementi solidi - è un gas. Quando gli atomi del gas radon si formano, tendono ad allontanarsi e a salire in superficie, trasportati dai fluidi o dai gas del sottosuolo. Nell'aria il radon si diluisce rapidamente e la sua concentrazione all'esterno è generalmente irrilevante.

Nel caso di una roccia o di un suolo sottostanti una costruzione, attraverso crepe, fessure o aperture in genere, il radon è in grado di penetrare nell'edificio e accumularsi nell'aria interna fino a raggiungere concentrazioni dannose per la salute. Una volta inalato, può dare origine ad una serie di processi responsabili del danneggiamento fisico-chimico delle cellule polmonari.

Nel 1988 l'Agencia Internazionale di Ricerca sul Cancro dell'Organizzazione Mondiale della Sanità ha classificato il radon come cancerogeno del gruppo 1, ossia come sostanza per la quale è accertata la cancerogenità anche negli esseri umani, collocandolo al secondo posto come causa di tumori polmonari, dopo il fumo di tabacco. Nel seguente grafico sono messi a confronto i principali responsabili del tumore al polmone.

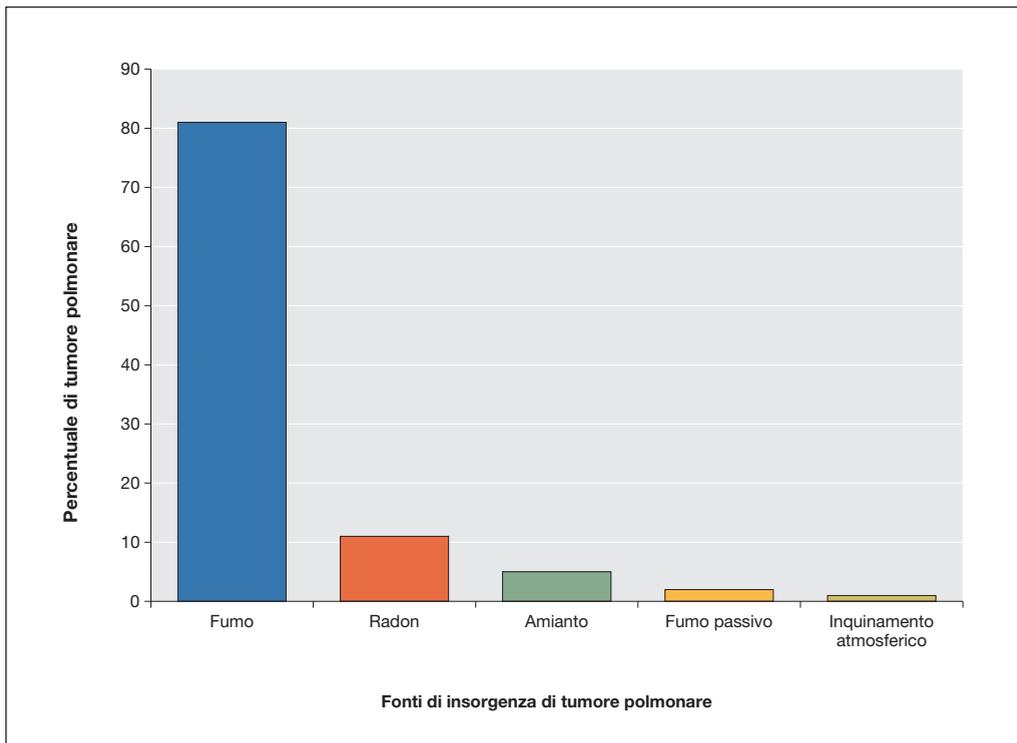


Figura n. 2 - Grafico di confronto di diversi inquinanti

Il radon è molto più pericoloso di altri "inquinanti" quali l'amianto e il benzene, e la sua pericolosità aumenta notevolmente per i fumatori a causa degli effetti combinati radon-fumo di tabacco. Poiché il radon è più o meno presente in tutti gli edifici, rappresenta un problema di salute pubblica: per quanto concerne l'Italia, l'Istituto Superiore di Sanità ha stimato che ogni anno su 35.000 decessi totali per cancro polmonare, una quota - da 1.500 a 5.500 casi - è attribuibile all'inalazione di radon.

## Per saperne di più

### **Che cos'è il Becquerel (Bq)**

Il Becquerel è un'unità di misura che esprime il numero di trasformazioni (decadimenti) di una sostanza radioattiva in un secondo. La concentrazione di una sostanza radioattiva in un volume, nel nostro caso la concentrazione di radon o dei suoi prodotti di decadimento in aria, si misura in Bq/m<sup>3</sup>.

### **Come il radon penetra negli edifici**

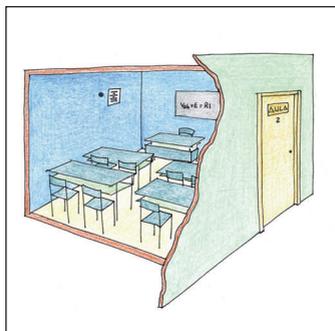
Il radon penetra all'interno degli edifici risalendo dal suolo, secondo un meccanismo determinato dalla differenza di pressione esistente tra la temperatura interna dell'edificio, di solito più elevata, e quella dell'ambiente circostante. Tale differenza determina, anche in funzione dell'altezza dell'edificio, il cosiddetto "effetto camino", per il quale l'aria interna, più calda e meno densa, tende a risalire verso l'alto facilitando l'ingresso dal sottosuolo di aria e, con essa, di radon, attraverso tutte le aperture (giunture, cavità ed anche piccole crepe o fessure difficili da individuare).



## Come sapere se esiste un rischio da Radon nelle scuole

Il rischio da radon aumenta al crescere della concentrazione del gas radioattivo nell'aria dei locali e del tempo di permanenza. Il radon è un inquinante "subdolo" in quanto nessuno dei nostri sensi è in grado di avvertirne la presenza: il radon è infatti incolore, inodore e insapore. Per sapere se e quanto radon sia presente in un edificio scolastico oppure in un particolare ambiente, è necessario misurare la sua concentrazione in aria (espressa in Bq/m<sup>3</sup>) mediante opportuna strumentazione. Sulla base della quantità di radon presente è possibile valutare la necessità di eventuali azioni di rimedio. All'interno di un ambiente i livelli di radon variano continuamente: la concentrazione del gas cambia infatti sia nel tempo (tra giorno e notte, tra la stagione estiva e quella invernale) che nello spazio (tra i diversi locali, tra un piano e l'altro) e dipende dalle caratteristiche del terreno di fondazione, del-

l'edificio scolastico e delle condizioni climatiche. Un'accurata valutazione del rischio, pertanto, richiede una misura protratta nel tempo per tempi lunghi (da alcuni mesi fino in genere ad un anno solare). In questi casi, la strumentazione più idonea è rappresentata da dispositivi di tipo "passivo", detti dosimetri, che forniscono un valore medio della concentrazione di radon in aria nel periodo di esposizione. I dosimetri passivi sono dispositivi di piccole dimensioni, che non necessitano di alimentazione elettrica; sono generalmente composti da un contenitore di materiale plastico (camera a diffusione), all'interno del quale è presente un elemento sensibile al radon (rivelatore). Questi strumenti non emettono alcuna sostanza o radiazione. I dosimetri possono essere collocati in un locale (appesi al muro, appoggiati su un mobile oppure su una mensola ecc..) anche da personale



non specializzato; al termine del periodo di campionamento, vengono restituiti al laboratorio per l'analisi. Nel caso in cui si voglia avere una indicazione di massima della presenza del radon si possono fare delle misure di breve durata o di screening (da qualche ora sino a uno o due giorni).

Nel caso in cui occorra analizzare l'andamento della concentrazione di radon in funzione del tempo (monitoraggi in continuo), è necessario impiegare una strumentazione di tipo "attivo". Tale strumentazione necessita di alimentazione elettrica e generalmente richiede il campionamento forzato del radon mediante una pompa. Il suo utilizzo richiede la presenza di personale specializzato.

## Per saperne di più

### **Quali fattori climatici influenzano la presenza del radon**

- La temperatura: la presenza di impianti di riscaldamento nel periodo invernale aumenta la differenza di temperatura tra interno dell'edificio e sottosuolo, accrescendo l'effetto "camino";
- l'umidità e la polverosità: entrambi agiscono aumentando la percentuale di figli del radon legati al pulviscolo nell'aria;
- la pressione atmosferica: una sua diminuzione favorisce l'ingresso del gas radon;
- la velocità del vento: la differente velocità dell'aria tra esterno ed interno crea una leggera depressione interna che favorisce l'ingresso del radon dal suolo nell'edificio (il cosiddetto "effetto vento").

### **Quali sono i materiali da costruzione più pericolosi dal punto di vista del rischio da radon**

I materiali da costruzione rappresentano una fonte di radon di secondaria importanza rispetto al suolo. Tuttavia in alcune situazioni, in Italia soprattutto, possono fornire

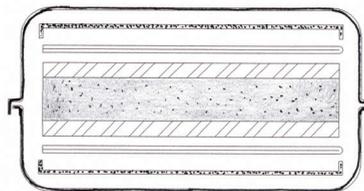
un contributo tutt'altro che trascurabile: in particolare giocano un ruolo importante quando alti livelli di radon sono presenti ai piani superiori di un edificio.

In generale sono di interesse i materiali da costruzione di origine vulcanica (ricchi di uranio-238) quali i tufi, le pozzolane, i peperini, ma anche i basalti, alcuni graniti, gneiss ecc.

### **Cosa sono i dispositivi passivi (o dosimetri) per il radon**

Esistono diversi tipi di dosimetri passivi per il radon. Consistono in contenitori di materiale plastico di piccole dimensioni e di varia forma. Il radon vi penetra per diffusione naturale: in breve tempo la sua concentrazione all'interno è in equilibrio con quella dell'ambiente oggetto della misura. Nel contenitore è presente un elemento sensibile al radon, che di solito dopo un trattamento chimico (sviluppo) consente di valutare il valore medio della concentrazione di radon nell'intervallo di tempo del campionamento. Questo elemento sensibile (o rivelatore) è in genere un polimero plastico di varia natura. In particolare possiamo distinguere:

- dosimetri a tracce nucleari: in questi dosimetri il rivelatore plastico subisce dei danni permanenti da parte delle particelle  $\alpha$  emesse dal radon e dai suoi figli. Questi danni sulla superficie del rivelatore sono simili a graffi e dopo lo sviluppo diventano tracce visibili al microscopio ottico. Il numero di tracce per superficie è direttamente proporzionale alla concentrazione media di radon nell'ambiente;
- dosimetri ad elettrete: sono costituiti da una camera di plastica dotata di un foro ed un filtro per l'ingresso del radon. All'interno della camera è collocato un disco di teflon caricato elettrostaticamente. La diminuzione del potenziale elettrostatico conseguente alla ionizzazione prodotta dal radon, consente di valutare la concentrazione in aria nel punto di misura.



**Figura n. 3 - Interno di un dosimetro a tracce**

### **Cosa prevede la normativa sul Radon nelle scuole**

La norma di riferimento è il D.lgs. 241 del 26 maggio 2000. Il decreto prima di tutto identifica le situazioni lavorative nelle quali si può verificare il rischio da radon. Ai fini del rischio da radon si prendono in considerazione:

- le attività lavorative svolte in luoghi di lavoro in sotterraneo (attività a);

- le attività svolte in luoghi di lavoro in superficie, posti in zone ben identificate - aree a rischio radon - (attività b) . Naturalmente nel documento di valutazione del rischio, previsto dal D.lgs. 81/08 e s.m.i., è necessario prevedere, tra i rischi fisici, anche il rischio da radon nel caso si rientri in una delle due tipologie di attività. In entrambi i casi la norma prevede che l'esercente - figura nella quale si identifica il datore di lavoro, nel nostro caso il Dirigente Scolastico - faccia misurare la concentrazione di radon in aria negli ambienti lavorativi avendo come riferimento il valore di 500 Bq/m<sup>3</sup>, detto "livello di azione", inteso come concentrazione media annua. Il rilevamento consente una valutazione del rischio da radon: qualora si osservi il superamento del livello di azione occorre prevedere misure di prevenzione (azioni di bonifica degli ambienti) e/o misure di protezione dei lavoratori (qualora il risanamento non sia possibile oppure si sia dimostrato poco efficace). In particolare, nel caso in cui:
  - la concentrazione di radon nei locali sia inferiore a 400 Bq/m<sup>3</sup> (80% del livello di azione) il Dirigente Scolastico non ha alcun obbligo;
  - la concentrazione di radon sia risultata tra 400 e 500 Bq/m<sup>3</sup> (superiore all'80% del livello di azione) occorre ripetere la misura entro un anno;
  - la concentrazione di radon superi i 500 Bq/m<sup>3</sup>, il Dirigente Scolastico ha l'obbligo, prima di tutto, di provvedere al risanamento degli ambienti e alla protezione dei lavoratori, avvalendosi di un Esperto Qualificato. Per il rilevamento nei locali - valutazione del rischio da radon - l'esercente di attività lavorative in locali sotterranei (attività a) ha 24 mesi di tempo a partire dal 1 marzo 2002 o dall'inizio dell'attività, mentre nel caso di attività lavorative in superficie (attività b) i termini decorrono dalla identificazione delle aree o dall'inizio dell'attività. Il compito di identificare le zone a rischio da radon è affidato alle Regioni, le quali avevano tempo fino al 31 agosto 2005.

Le misurazioni devono essere eseguite da organismi riconosciuti o "idoneamente attrezzati" e devono coprire un periodo lungo - fino ad un anno solare - dato il livello di azione espresso come valore medio annuo e data la variabilità di concentrazione del radon indoor.

Qualora i valori di radon riscontrati nei locali interrati superino il livello di azione, sono necessari interventi di bonifica. Sono previste però alcune deroghe all'obbligo di bonifica: questo è il caso dei locali poco frequentati (magazzini, archivi ecc.) nei quali se l'Esperto Qualificato dimostra che nessun lavoratore è particolarmente esposto (riceve una dose da radiazioni superiore a 3 mSv/anno), il Dirigente Scolastico è esonerato dalle azioni di rimedio. Tuttavia se i locali sotterranei appartengono ad un asilo-nido, scuola materna o comunque scuola dell'obbligo, questa deroga non è applicabile e la bonifica è sempre obbligatoria.

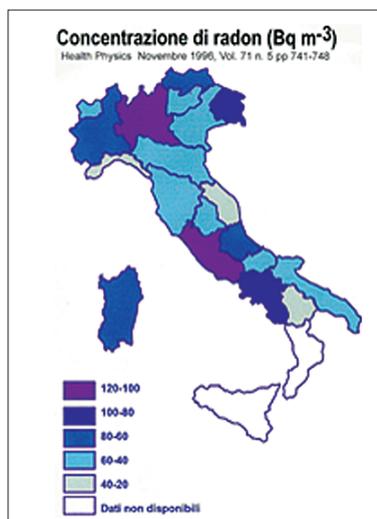
## Per saperne di più

### **Se la concentrazione è superiore a 500 Bq/m<sup>3</sup> quali sono gli obblighi del Dirigente Scolastico**

- Entro tre anni deve far bonificare i locali avvalendosi di un Esperto Qualificato e, in seguito, deve far eseguire nuove misure per verificarne l'efficacia;
  - se, dopo le azioni di rimedio, le nuove misurazioni fornissero concentrazioni di radon ancora superiori al livello di azione, è tenuto ad adottare le misure di protezione dei lavoratori;
  - entro un mese dalla data della relazione tecnica inerente la misurazione dei locali, deve inviare una comunicazione a ARPA o SSN competente per territorio (presso i Dipartimenti della Prevenzione) e Direzione Provinciale del Lavoro.
- In assenza delle linee guida previste dal Decreto 241/00 in relazione ai requisiti tecnici per le misure di radon, nel febbraio 2003 sono state emanate le "Linee guida per le misure di concentrazione di radon nei luoghi di lavoro in sotterraneo", un documento tecnico approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e Province autonome di Trento e Bolzano". Questo documento definisce
- "luogo di lavoro sotterraneo" un locale ad uso lavorativo, che ha almeno tre pareti interamente sotto il piano di campagna;
  - i dispositivi passivi quale strumentazione idonea ad una misura valida ai fini legali;
  - i requisiti minimi di un organismo di misura.

### **La situazione in Italia**

In Italia il problema del radon è rilevante a causa della natura geologica del territorio e del tradizionale impiego di materiali da costruzione di provenienza locale (come tufo, e pozzolana, ecc.). Un'indagine nazionale condotta nelle abitazioni alla fine degli anni '80, ha rilevato una concentrazione media di radon approssimativamente doppia rispetto a quella media mondiale (77 Bq/m<sup>3</sup> contro i 40 Bq/m<sup>3</sup>). Inoltre è stato evidenziato che alcune regioni italiane sono più a rischio di altre; è opportuno precisare, tuttavia, che laddove i valori medi regionali sono inferiori alla media nazionale si possono trovare zone o edifici con alti livelli di radon. È per questa peculiarità che si parla in genere di "aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon". In ogni caso l'esperienza maturata negli anni ha evidenziato come non sia possibile a priori fare valutazioni sui livelli di radon di un edificio e che solo la misura in campo consente di valutare la salubrità dell'edificio.



## Il ruolo delle ASL in materia di rischio da Radon

Il rischio da radon rientra tra gli agenti di rischio fisici. La protezione dei lavoratori da questi fattori è uno degli obiettivi perseguiti dai Servizi di Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro delle ASL. Nel caso di attività a) o b), l'attività di vigilanza e controllo delle ASL è diretta a valutare gli adempimenti messi in atto dal datore di lavoro, nel nostro caso il Dirigente Scolastico. In particolare verifica:

- che nel documento di valutazione del rischio sia stato inserito il radon tra i fattori fisici;
- che tale rischio sia stato quantificato nei modi e nei tempi previsti dal D.lgs. 241/00;
- che siano state messe in atto azioni di rimedio entro 3 anni dalla data della relazione tecnica ecc.;
- che, in caso di superamento del livello di azione (anche solo in alcuni locali), la relazione tecnica sia stata inviata alle ASL.

## Cosa fare se è presente Radon nelle scuole

Nel caso si trovino alcuni locali con concentrazioni di radon "elevate" non ci si deve allarmare: il problema può essere risolto mediante opportuni interventi, solitamente efficaci e poco onerosi.

Le azioni per ridurre la presenza del radon in un edificio quale la scuola sono principalmente orientate a limitare l'ingresso del gas radioattivo dal suolo o la sua fuoriuscita dai materiali da costruzione: in particolare le soluzioni tecniche più praticate si basano sulla deviazione del radon prima che entri nell'edificio, sull'uso di barriere tra la sorgente e l'ambiente interno, sulla ventilazione ecc. Ovviamente, la strategia migliore va individuata caso per caso sulla base della sorgente di radon prevalente, della tipologia dell'edificio, della gravità del problema e dalle modalità di penetrazione del gas al suo interno.

## Costruire una scuola in un'area a rischio

Certamente sì!

Qualora si intenda costruire un nuovo edificio scolastico in una zona in cui è probabile trovare elevate concentrazioni di radon negli ambienti interni, è necessario intervenire già in fase di progettazione ossia adottare idonei criteri progettuali - quale ad esempio un particolare isolamento a livello del contatto suolo-edificio - allo scopo di evitare la necessità di ulteriori interventi di bonifica.

## Riferimenti normativi

Raccomandazione della Commissione del 21 febbraio 1990 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon negli ambienti chiusi (90/143/Euratom). G.U.C.E. - L. 80 del 27 marzo 1990.

Raccomandazione della Commissione del 20 dicembre 2001 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in acqua potabile (2001/928/Euratom). G.U.C.E. - L. 344 del 28 dicembre 2001.

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. G.U.R.I. n. 74 del 13 giugno 1995.

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. Supplemento ordinario alla G.U.R.I. n. 203 del 31.8.2000 Serie generale.

D.lgs. 9 maggio 2001, n. 257: Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 241, recante attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Suppl. ord. G.U.R.I. n. 153 del 4.7.2001 Serie generale.

## Siti web delle Istituzioni nazionali e internazionali

<http://www.inail.it>

<http://www.isprambiente.gov.it>

<http://www.iss.it>

<http://www.who.int>

<http://www.unscear.org>

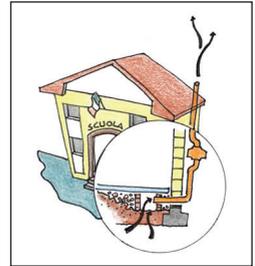
<http://www.epa.gov>

<http://www.iaea.org>

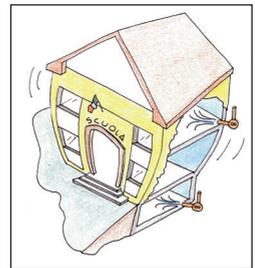
### **Rimedi per una scuola senza Radon**

Le principali azioni di rimedio per ridurre la concentrazione del radon in un edificio, di seguito elencate, sono generalmente volte ad impedire l'ingresso del gas dal sottosuolo nell'edificio.

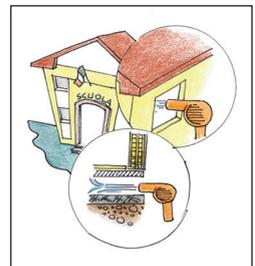
- Depressurizzazione del suolo mediante sistemi di aspirazione del gas da locali interrati o da pozzetti realizzati al di sotto dell'abitazione.



- Pressurizzazione di locali interni o del vespaio per aumentare la pressione interna ed ostacolare l'ingresso del gas.



- Ventilazione del vespaio o dei locali interessati per diluire il gas e quindi la sua concentrazione all'interno di un edificio.



- Sigillatura delle vie di ingresso con materiali non permeabili al radon (tipo sigillanti acrilici o malta polimerica).

