



Quaderni per la Salute e la Sicurezza

Il radon in Italia: guida per il cittadino

Ricerca

Edizione 2014

Pubblicazione realizzata da

INAIL

Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale

COORDINAMENTO SCIENTIFICO dei Quaderni per la Salute e la Sicurezza

Sergio Iavicoli, Marta Petyx

CURATORI Seconda Edizione

Carlo Grandi, Rosabianca Trevisi

COLLABORAZIONE EDITORIALE

Alessandra Luciani, Laura Medei

PER INFORMAZIONI

INAIL

Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale

Via Fontana Candida, 1 - 00040

Monte Porzio Catone (RM)

r.dml@inail.it

www.inail.it

Progetto grafico e illustrazioni

Graphicon Sas - Roma

© 2014 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.

Seconda Edizione

Tratta da: Agnesod G, Bianchi AR, Bochicchio F, Denaro L, Erba P, Grandi C, Minach L, Trevisi R, Trotti F. Il radon in Italia: guida per il cittadino. Quaderni per la Salute e la Sicurezza. Roma: ISPESL; 2007.

ISBN 978-88-7484-352-7

Stampato dalla Tipolitografia INAIL - Milano, ottobre 2014

Presentazione

Il gas radon costituisce la seconda causa di cancro al polmone dopo il fumo di tabacco. L'esposizione a questo importante inquinante ha luogo negli ambienti confinati, principalmente nelle abitazioni, e varia in funzione di numerosi fattori quali la natura del suolo, l'area geografica, la tipologia di edificio, l'assetto impiantistico ecc. Dal radon è possibile difendersi attraverso la messa in atto di azioni di risanamento e prevenzione, a livello degli edifici, che non possono prescindere dalla mappatura del territorio, dall'esecuzione di un adeguato monitoraggio ambientale e da una corretta informazione al cittadino sulla natura del rischio e sulle azioni di tutela.

Nonostante il varo di campagne di monitoraggio del radon negli ambienti confinati a livello nazionale e locale, l'adozione di iniziative da parte di singole Regioni e la predisposizione di un Piano Nazionale Radon, fino a tempi piuttosto recenti la percezione di questo importante fattore di rischio per la salute da parte del pubblico è stata generalmente molto ridotta, inferiore ad esempio a quella riguardante inquinanti noti come il benzene o fattori di rischio solo ipotizzati quali i campi elettromagnetici a 50 Hz.

Il documento: "Il radon in Italia: guida per il cittadino" rappresenta il tentativo di informare in modo semplice, completo e obiettivo il grande pubblico sul problema rappresentato dal radon nelle abitazioni, fornendo al contempo indicazioni di intervento e riferimenti istituzionali.

Il documento è stato predisposto nell'anno 2007 dal gruppo di lavoro "Ambienti di vita: prevenzione del rischio radon negli ambienti domestici" istituito nell'ambito dell'Osservatorio Nazionale Epidemiologico sulle condizioni di Salute e Sicurezza negli ambienti di vita, che aveva sede presso il Dipartimento di Medicina del Lavoro dell'ISPEL (oggi INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale). L'opera, della quale il presente documento costituisce una versione aggiornata ed opportunamente modificata, si inserisce nella collana "Quaderni per la Salute e Sicurezza" nata nel 2002 con l'obiettivo di affrontare tematiche rilevanti in tema di salute pubblica e farne strumenti di informazione, comunicazione e diffusione della cultura della sicurezza negli ambienti di vita.

In Italia una normativa specifica sul radon esiste solo per gli ambienti di lavoro, a differenza di quanto accade in altri Paesi europei.

È auspicabile che la pubblicazione di questa guida informativa possa contribuire a stimolare il Legislatore ad adottare, anche in conformità a quanto previsto dal Piano Nazionale Radon, specifiche iniziative di regolamentazione. L'intervento normativo dovrebbe avere tra le proprie finalità quella di codificare le soluzioni tecnico-impiantistiche oggi disponibili per la realizzazione di edifici a "tenuta di radon", inserendo la prevenzio-

ne di questo rischio tra i normali requisiti di abitabilità, sicurezza ed igiene degli edifici e aggiungendo così un importante tassello alla piena certificabilità delle strutture abitative.

Dott. Sergio Iavicoli
Direttore del Dipartimento di Medicina, Epidemiologia,
Igiene del Lavoro ed Ambientale
INAIL

Indice

Introduzione	7
Cos'è il radon	9
Radioattività e radiazioni	11
Origine del radon	13
Perché è un rischio per la salute	16
Come e perché l'esposizione al radon aumenta il rischio di tumore polmonare	16
Cosa dicono gli studi epidemiologici	16
Quanto aumenta il rischio di tumore polmonare a causa dell'esposizione al radon	18
Quant'è il rischio dovuto al radon per i fumatori e per i non fumatori e cosa si può fare per ridurlo	18
Le fonti di radon nelle nostre case	21
Riguardo al luogo e al tipo di costruzione	23
In relazione a specifiche soluzioni tecniche e impiantistiche	24
Per quanto concerne il risparmio energetico	24
Cosa fare per proteggersi dal radon (strategie di difesa e mitigazione)	26
Il risanamento del radon in edifici esistenti	27
La prevenzione dal radon in edifici di nuova costituzione	36
Cosa si conosce delle concentrazioni di radon in Italia	40
Come misurare il radon	43
Perché misurare il radon	43
Per quanto tempo	43
Dove effettuare la misura	43
Come effettuare le misure	45
Quanto costa la misura	48
A chi rivolgersi per la misura	48

Cosa dicono le norme	49
A chi rivolgersi per informazioni, consigli, misure	51
Glossario	56

Introduzione

Il radon è un gas radioattivo immesso nell'aria ambiente e proveniente dal decadimento dell'uranio presente nelle rocce, nel suolo e nei materiali da costruzione.

Tende ad accumularsi negli ambienti confinati (ambienti indoor), dove in alcuni casi può raggiungere concentrazioni tali da rappresentare un rischio significativo per la salute della popolazione esposta. È considerato la seconda causa di cancro al polmone dopo il fumo di tabacco e ad esso sono attribuiti dal 5 al 20% di tutti i casi (da 1.500 a 5.500 stimati per la sola Italia all'anno).

Gli edifici maggiormente a rischio sono quelli costruiti su suoli di origine vulcanica o fortemente permeabili e che impiegano materiali da costruzione quali tufo, pozzolane, graniti. L'Italia rappresenta pertanto un Paese a rischio, per quanto la situazione si presenti a macchia di leopardo non solo tra aree diverse ma anche nell'ambito di un medesimo comprensorio territoriale. Il livello di radon raggiunto negli edifici dipende da numerosi fattori, tra i quali la tipologia di edificio e il numero di ricambi d'aria, che a sua volta dipende dal grado di ventilazione naturale o artificiale.

Nonostante l'emanazione di numerose linee guida a livello internazionale e del Decreto Legislativo n. 241/2000, che tutela dall'esposizione al radon nei luoghi di lavoro (recepimento della Direttiva 96/29/Euratom), in Italia la popolazione non è ancora tutelata sul piano normativo. In altri Paesi Europei la legge fissa o raccomanda invece determinati livelli di concentrazione di radon da non superare, oppure al di sopra dei quali effettuare azioni di risanamento nelle abitazioni oltre che in ambienti di lavoro.

Analogamente a quanto avvenuto in altri Paesi l'Italia si è però dotata di un Piano Nazionale Radon (PNR), cioè di un piano coordinato di azioni volte alla riduzione del rischio di tumore polmonare connesso all'esposizione al radon ed ai suoi prodotti di decadimento. Il PNR è stato preparato nel 2002 da un apposito gruppo di lavoro, composto da esperti di diversa provenienza e competenza, nell'ambito di una commissione del Ministero della Salute, e successivamente è stato valutato positivamente dal Consiglio Superiore di Sanità, approvato dal Ministro della Salute, ed infine discusso ed emendato nell'ambito della Conferenza Stato-Regioni.

Nel 2006 il "Centro per la prevenzione ed il controllo delle malattie" (CCM), presso il Ministero della Salute, ha stanziato un primo finanziamento per avviare la realizzazione del PNR, affidandone il coordinamento all'Istituto Superiore di Sanità, coadiuvato da un Sottocomitato Scientifico di cui fanno parte esperti di vari Enti, Ministeri, Regioni. Il PNR prevede azioni, da sviluppare e realizzare pienamente nei prossimi anni, su: valutazione del rischio, mappatura della concentrazione di radon ed individuazione degli edifici a maggiore presenza di radon, iden-

tificazione di sistemi per prevenire o ridurre l'ingresso del radon negli edifici, informazione della popolazione e di gruppi specifici, formazione degli addetti, normative per le abitazioni ed i luoghi di lavoro.

Le azioni di tutela dal rischio radon passano attraverso un'adeguata informazione alla popolazione e possono consistere in interventi di bonifica a livello degli edifici esistenti o in soluzioni progettuali per quanto riguarda i nuovi edifici.

Il tipo di azioni da porre in atto dipende dal livello di radon nell'edificio (è sempre necessaria la misura preliminare di questo gas nell'ambiente secondo norme di buona tecnica, anche ai fini della mappatura del territorio e del patrimonio edilizio), dalla tipologia e dall'età dell'edificio, dalla compatibilità con regolamenti e vincoli edilizi e con norme di sicurezza. I costi sono molto variabili in funzione dell'intervento, ma in generale sostenibili per quanto riguarda le singole unità abitative. Dal radon è quindi possibile proteggersi nella maggior parte dei casi, molto spesso attuando azioni semplici e a basso costo.

La presente guida è il risultato dell'attività di un gruppo di lavoro ad hoc (gruppo di lavoro "Ambienti di vita: prevenzione del rischio radon negli ambienti domestici") costituito presso l'Osservatorio Nazionale Epidemiologico sulle condizioni di Salute e Sicurezza negli Ambienti di Vita, con sede presso il Dipartimento di Medicina del Lavoro dell'ISPESL (oggi INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale) e fa parte di una collana informativa per la popolazione pubblicata a cura dell'Osservatorio Epidemiologico (I quaderni per la salute e la sicurezza) dedicata alla conoscenza e alla gestione di singoli fattori di rischio che si riscontrano in ambiente domestico e in generale negli ambienti di vita. La guida, pubblicata originariamente nel 2007 e della quale la presente costituisce una versione aggiornata ed opportunamente modificata, è rivolta alla popolazione nel suo insieme e intende offrire al cittadino un'informativa sul problema radon, comprendente una sintetica descrizione di questo fattore di rischio, l'illustrazione della situazione in Italia, il quadro normativo di riferimento e le principali iniziative già attuate o in corso, la descrizione delle principali azioni di tutela, i riferimenti nazionali e locali dei soggetti che a vario titolo si occupano del problema radon.

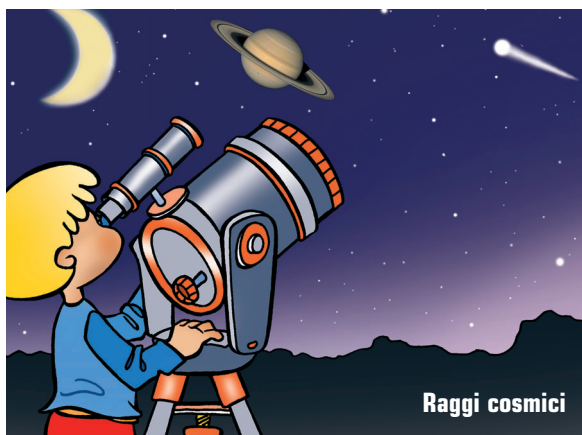
Ciò allo scopo di favorire una corretta percezione del rischio, orientare la valutazione del medesimo a livello della specifica situazione abitativa, essere da supporto al cittadino nella scelta di cosa fare per proteggersi e a chi rivolgersi.

L'opera è caratterizzata da un linguaggio facilmente accessibile ed è corredata da una iconografia di immediata comprensione. È inoltre integrata da un glossario essenziale alla comprensione delle informazioni di tipo tecnico.

Cos'è il radon

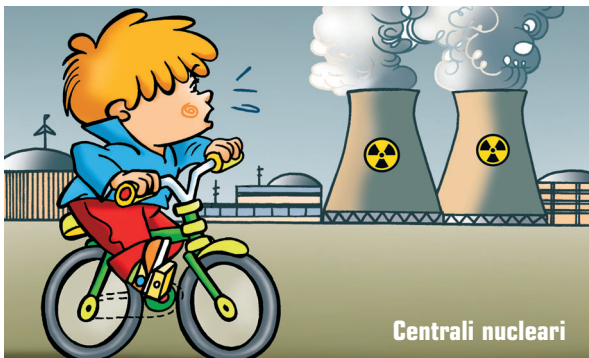
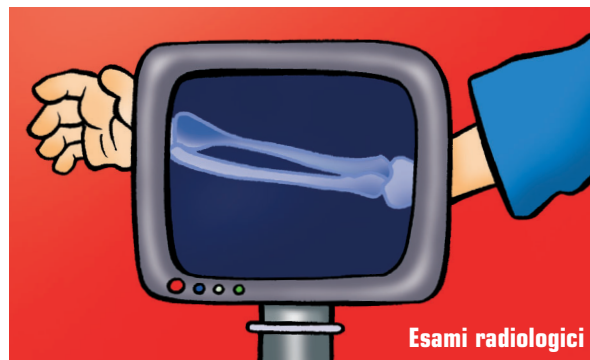
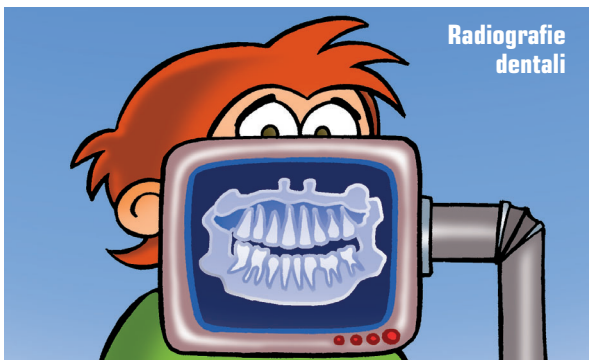
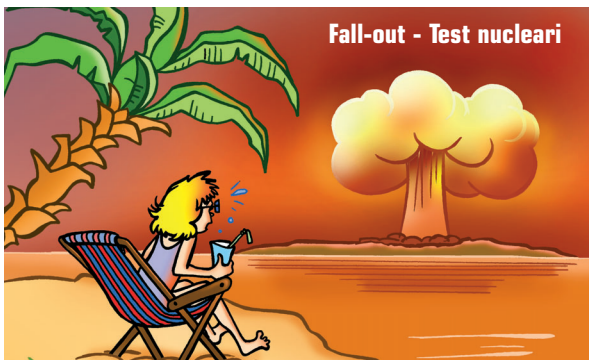
L'uomo è stato esposto da sempre a una **radioattività di origine naturale**, dovuta sia ai raggi cosmici sia alle emissioni radioattive dal suolo sia ad altre fonti (figura 1.1).

Figura 1.1. Esposizioni a sorgenti naturali



Nella nostra epoca, alla radioattività naturale cui la popolazione è esposta quotidianamente si somma l'esposizione a **sorgenti artificiali di radiazioni**, utilizzate in ambito medico, industriale, nella ricerca scientifica o legate all'impiego pacifico dell'energia nucleare o alla conduzione in passato di test nucleari in atmosfera (figura 1.2).

Figura 1.2. Esposizioni a sorgenti artificiali



Si è anche assistito ad un aumento delle esposizioni a fonti naturali come conseguenza del progresso tecnologico: ad esempio una maggiore esposizione a radiazioni di origine cosmica si registra durante i voli in aereo alla quota di crociera.

Per quanto riguarda la radioattività naturale, la quota di gran lunga più rilevante è quella derivata dall'esposizione a radon presente nell'aria degli ambienti confinati (ambienti indoor).

Radioattività e radiazioni

Con il termine di **radiazione** si intendono tutti quei processi dove vi è trasporto di energia. È possibile suddividere le radiazioni in ionizzanti e non ionizzanti. Le prime, a differenza delle seconde, hanno sufficiente energia per produrre ioni quando attraversano la materia, compresa la materia vivente.

Per **radioattività** invece si intende la capacità che hanno alcuni elementi chimici di emettere radiazioni ionizzanti in seguito alla trasformazione strutturale dei loro nuclei atomici (nuclei radioattivi). La radioattività può essere distinta in naturale o indotta, a seconda se è una proprietà spontanea dei nuclei atomici o se è stata provocata per mezzo di reazioni nucleari. Per **isotopi** si intendono forme diverse di uno stesso elemento chimico. Tra tutti gli isotopi (o **nuclidi**) alcuni sono stabili mentre altri sono instabili, tendono cioè a perdere uno o più costituenti del nucleo dell'atomo. Durante il processo sono emesse radiazioni ionizzanti e per questo motivo sono definiti isotopi radioattivi.

Un nucleo radioattivo nel momento stesso in cui manifesta la sua radioattività si trasforma in un diverso nucleo. Ciò comporta la trasformazione di un elemento chimico in un altro: il fenomeno è noto con il nome di **decadimento**. Dato che i processi di trasformazione del nucleo comportano l'emissione di energia sotto forma di radiazioni ionizzanti, si parla più propriamente di **decadimento radioattivo**. Il tempo impiegato affinché il numero di isotopi inizialmente presente si riduca alla metà è detto **tempo di decadimento** o **emivita**.

Il numero di decadimenti radioattivi che si verificano nell'unità di tempo (un secondo) viene detto **attività del nucleide** e misurato in **becquerel (Bq)**: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ decadimento radioattivo al secondo}$. Se il radionuclide è allo stato gassoso, come ad esempio il radon, si indica l'attività per unità di volume, esprimendola in Bq per metro cubo (Bq/m^3). Nel caso il radionuclide sia incluso in una matrice liquida (es. radon disciolto in acqua) l'attività viene espressa in Bq per litro (Bq/l).

Il decadimento radioattivo comporta un'emissione: a seconda del tipo di isotopo interessato è possibile avere tre tipi di emissioni diverse: particella alfa (α), particella beta (β) e radiazione gamma (γ) (figura 1.3).



Segnale di pericolo che indica la presenza di una sorgente radioattiva



Simbolo con il quale viene indicato il radon nelle illustrazioni del quaderno



Rappresentazione con la quale si indica la diffusione del radon nelle abitazioni illustrate nel quaderno

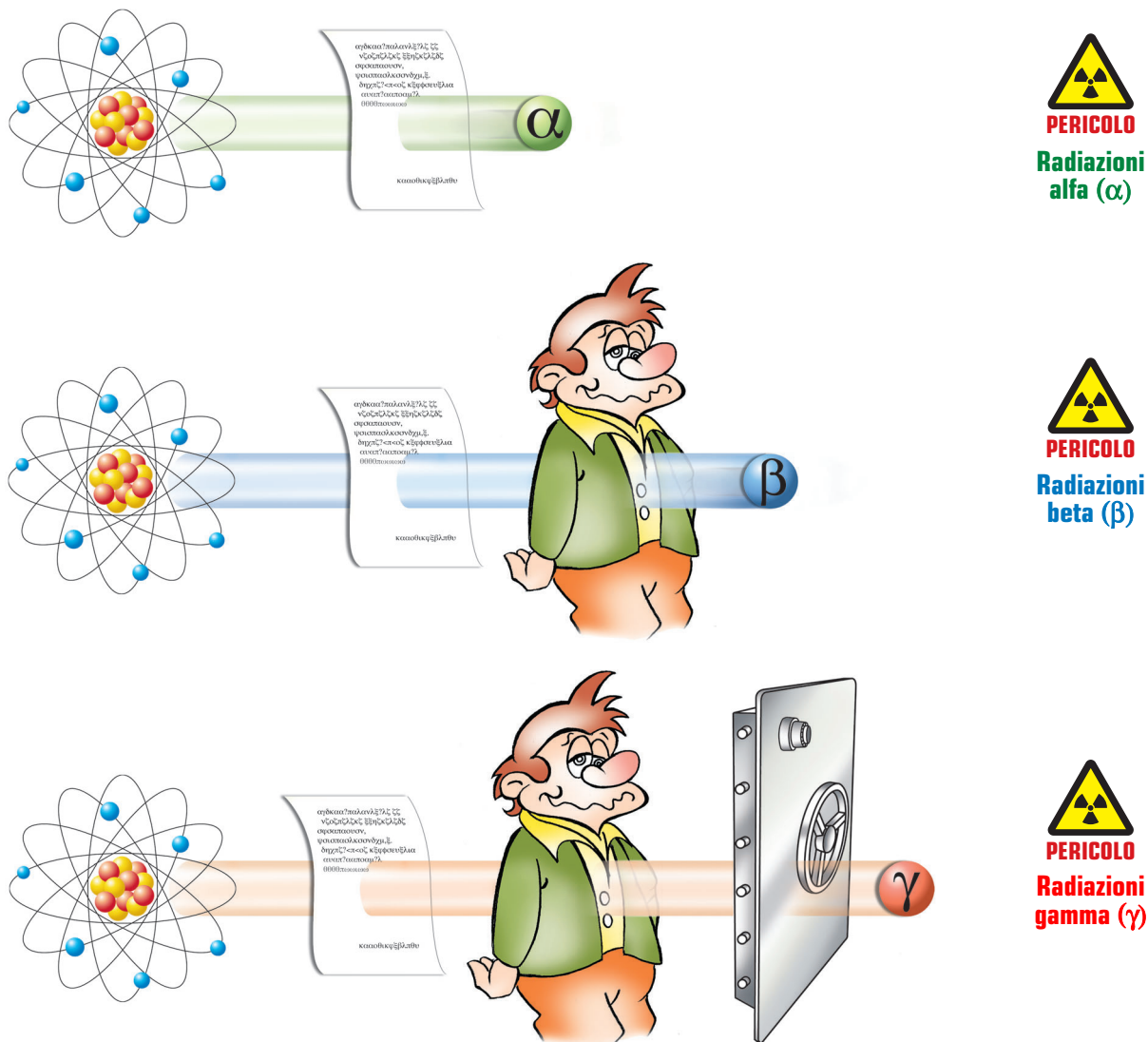


Figura 1.3. Nuclei di elementi radioattivi diversi possono decadere secondo tre possibili modalità, emettendo cioè radiazioni alfa, beta o gamma. Ciascun tipo di radiazione ha capacità differente di attraversare la materia, compresi i tessuti del corpo.

Le **particelle α** sono costituite da nuclei di elio. Penetrano in misura molto scarsa nella materia perché sono tra le particelle più pesanti emesse dai nuclei. Questa caratteristica permette loro di superare solo gli strati più esterni della cute; comportano quindi rischi contenuti per quanto concerne l'irraggiamento esterno, ma configurano rischi molto maggiori in caso di irraggiamento interno (penetrazione attraverso lesioni della cute, ingestione accidentale di cibi contaminati, inalazione di gas radon). Il decadimento α è proprio di elementi chimici pesanti, quali uranio, torio, lo stesso radon e i suoi "figli".

Le **particelle β** sono costituite da elettroni (β^-) o positroni (β^+), a seconda del tipo di isotopo radioattivo che decade. La maggior parte dei decadimenti β è di tipo β^- e interessa soprattutto isotopi radioattivi di elementi leggeri. Gli elettroni hanno massa molto inferiore rispetto alle particelle α e di conseguenza sono dotati di un potere di penetrazione maggiore nei tessuti del corpo.

A differenza delle particelle α e β le **radiazioni γ** sono costituite da fotoni, sono cioè vere e proprie radiazioni elettromagnetiche. Hanno la stessa natura della luce e si muovono alla stessa velocità, ma possiedono frequenza, e quindi energia, molto più elevata. Costituiscono il tipo di radiazione ionizzante più penetrante.

Origine del radon

Il radon è un gas nobile radioattivo incolore ed inodore, generato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre (principalmente lave, tufi, graniti, pozzolane) in seguito al decadimento del radio 226 (^{226}Ra), che a sua volta è generato dall'Uranio 238 (^{238}U). Il radon si trasforma spontaneamente in altre sostanze radioattive dette "figli". La catena di decadimenti ha termine con un elemento stabile rappresentato dal piombo 206 (^{206}Pb).

Dagli elementi radioattivi presenti nelle rocce e nel terreno derivano infatti tre importanti catene radioattive:

- la prima ha origine dall'uranio 238 (^{238}U) e arriva fino al piombo 206 (^{206}Pb); costituisce la serie dell'uranio;
- la seconda ha origine dall'uranio 235 (^{235}U) e termina con il piombo 207 (^{207}Pb); è detta serie dell'attinio;
- la terza ha origine dal torio 232 (^{232}Th) e termina con il piombo 208 (^{208}Pb); viene definita serie del torio.

Da queste tre serie si originano 3 isotopi del radon, che hanno diverso tempo di decadimento, come illustrato nella tabella 1.1.

Gli isotopi del radon decadendo emettono **particelle α** e si trasformano in elementi "figli", quali polonio 218 (^{218}Po), polonio 214 (^{214}Po), piombo 214 (^{214}Pb) e bismuto 214 (^{214}Bi), anch'essi radioattivi. Polonio 218 (^{218}Po)

TABELLA 1.1. ISOTOPI DEL RADON E LORO TEMPO DI DECADIMENTO		
Isotopo di partenza	Isotopo del radon prodotto	Tempo di decadimento dell'isotopo del radon prodotto
^{235}U	^{219}Rn (detto actinon)	3,96 secondi
^{238}U	^{222}Rn (detto radon)	3,8 giorni
^{232}Th	^{220}Rn (detto thoron)	55 secondi

e polonio 214 (^{214}Po) decadono a loro volta emettendo particelle α . L'uranio 238 è il nuclide responsabile della produzione del radon 222 (^{222}Rn), che rappresenta l'isotopo del radon di maggiore rilevanza ai fini del rischio per la salute dell'uomo. Il radon pertanto deriva principalmente dal terreno, dove sono contenuti i suoi precursori, e frequentemente è presente nelle falde acquifere come gas disciolto. Il suolo è responsabile dell'80% del radon presente nell'atmosfera, l'acqua del 19% e le altre fonti solo dell'1% (figura 1.4). È circa 8 volte più pesante dell'aria, e per questa sua caratteristica tende ad accumularsi negli ambienti confinati e quindi anche nelle abitazioni.

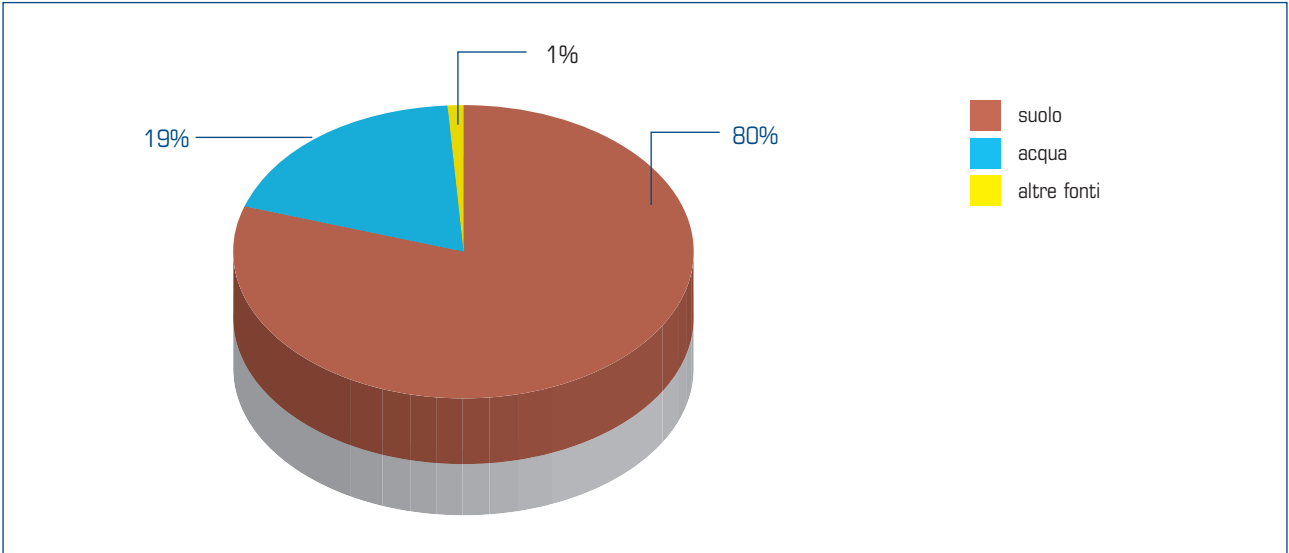


Figura 1.4. Origine del radon.

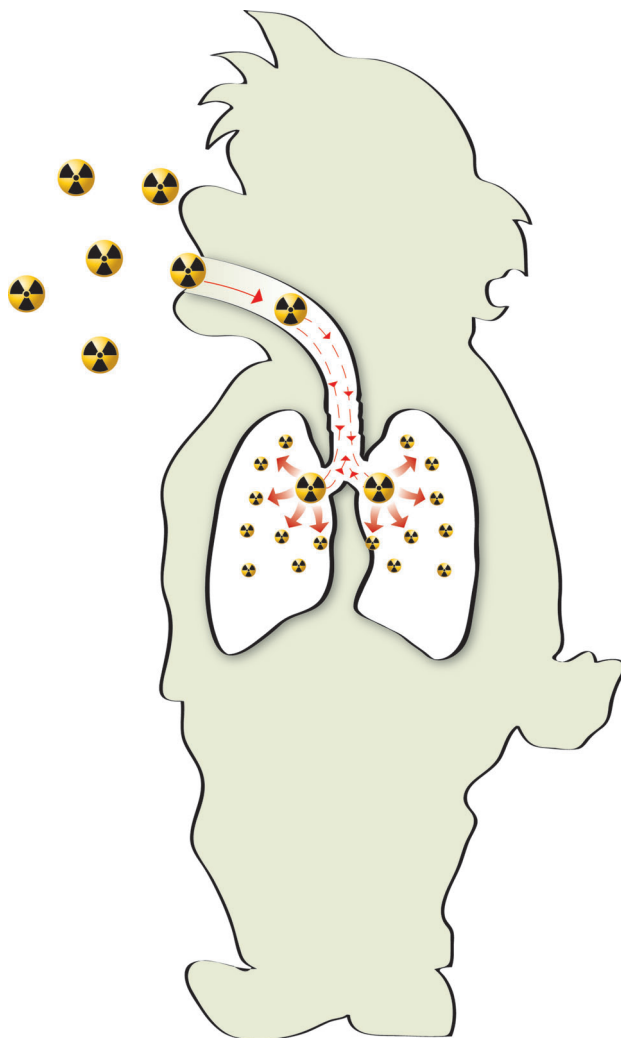


Figura 1.5. Una volta inalato, il radon, a seguito del processo di decadimento radioattivo, produce elementi detti “figli”, anch’essi radioattivi, di natura non gassosa. I “figli” del radon possono pertanto depositarsi sulla superficie delle vie respiratorie e, decadendo a loro volta, irradiarle. In alternativa i “figli” possono formarsi nell’area ambiente per decadimento del radon ed essere poi inalati assieme a particolato, fumi ecc.

Il radon in quanto tale è, da un punto di vista chimico, poco reattivo. Inoltre, essendo un gas, oltre che inalabile è facilmente eliminabile per via respiratoria. Non altrettanto si può dire dei suoi “figli” (figura 1.5), che sono da un punto di vista sia chimico che elettrico molto più reattivi e una volta formati vengono veicolati all’interno del corpo umano grazie a particelle di fumo, vapore acqueo, polveri ecc.

I figli del radon una volta giunti a livello polmonare si fissano ai tessuti e continuano ad emettere particelle α , in grado di danneggiare le cellule dell’apparato polmonare in modo irreversibile.

Sulla base di numerosi studi epidemiologici il radon è stato classificato dall’Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), che è parte dell’Organizzazione Mondiale della Sanità, come **cancerogeno per l’uomo**.

Oggi il radon è considerato la principale causa di morte per tumore ai polmoni dopo il fumo di tabacco.

Perché è un rischio per la salute

Come e perché l'esposizione al radon aumenta il rischio di tumore polmonare

L'aria che respiriamo contiene diverse sostanze, tra le quali vi è il radon, un gas radioattivo inodore ed insapore che viene continuamente generato dall'uranio presente nella crosta terrestre, in quantità diverse da luogo a luogo, sin dalla formazione della Terra. Quindi molti suoli e molti materiali da costruzione emanano in continuazione una certa quantità di radon, che all'aperto si disperde in atmosfera (cioè si diluisce in un grandissimo volume d'aria, dove quindi ha una bassissima concentrazione), mentre se penetra nelle case si concentra nell'aria interna ad esse. Il radon "decade" in altri elementi anch'essi radioattivi (detti "prodotti di decadimento del radon" o "figli del radon"), per cui nell'aria che inaliamo si trovano sia radon che prodotti di decadimento.

Come detto in precedenza il radon è un gas nobile; esso non si deposita sulle pareti dell'apparato bronco-polmonare e viene in gran parte riesalato senza avere avuto il tempo di decadere emettendo radiazioni. Invece **i suoi prodotti di decadimento si depositano facilmente sulle pareti dei bronchi e dei polmoni ed entro circa mezz'ora decadono emettendo radiazioni ionizzanti (soprattutto le radiazioni α) che possono colpire e danneggiare il DNA delle cellule.**

La maggior parte dei danni al DNA viene riparata da appositi meccanismi cellulari, ma alcuni di essi possono persistere e con il tempo svilupparsi in un tumore polmonare. Maggiore è la quantità di radon e dei suoi prodotti di decadimento inalata e maggiore è la probabilità che qualche danno non venga riparato, o venga riparato male, e possa quindi svilupparsi successivamente in un tumore, soprattutto se le cellule sono sottoposte ad altre sostanze cancerogene, in particolare a quelle contenute nel fumo di sigaretta.

Cosa dicono gli studi epidemiologici

Gli effetti dell'esposizione al radon sono stati evidenziati prima di tutto tra i **minatori** di miniere sotterranee di uranio, nelle



quali la concentrazione di radon arrivava a valori estremamente elevati. Tali studi hanno mostrato un evidente e forte aumento di rischio di tumore polmonare tra i minatori esposti ad alte concentrazioni di radon. Di conseguenza il radon è stato classificato tra i cancerogeni per i quali vi è la massima evidenza di cancerogenicità. Successivamente sono stati effettuati **studi epidemiologici anche sulla popolazione esposta al radon nelle abitazioni**. I principali risultati di questi studi sono i seguenti:

- il rischio di tumore polmonare **aumenta proporzionalmente all'aumentare della concentrazione di radon**, cioè più alta è la concentrazione di radon e maggiore è il rischio di tumore polmonare;
- il rischio di tumore polmonare **aumenta proporzionalmente alla durata dell'esposizione**, cioè più lunga è la durata dell'esposizione al radon e maggiore è il rischio di tumore polmonare;

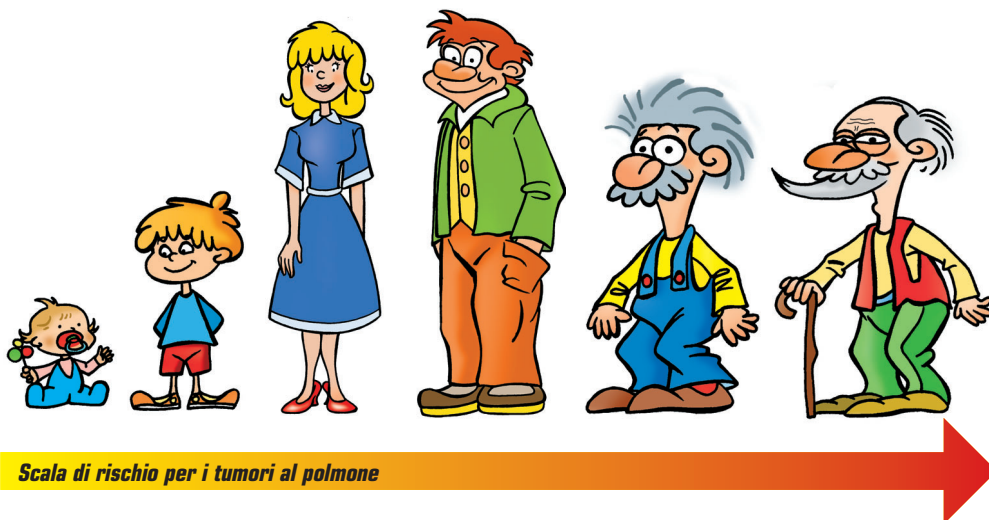


Figura 2.1. Il rischio di cancro al polmone aumenta proporzionalmente all'età. Tale andamento è mantenuto anche nel caso dell'aumento del rischio dovuto a esposizione al radon indoor.

- l'aumento del rischio di cancro avviene proporzionalmente rispetto alla "normale" frequenza dei tumori polmonari, **mantenendone quindi la distribuzione per età** (figura. 2.1): i tumori polmonari sono rari fino all'età di 45 anni, poi la frequenza cresce e raggiunge i valori massimi dai 65 anni in avanti;

- a parità di concentrazione di radon e durata dell'esposizione, **il rischio di tumore polmonare è molto più alto (circa 25 volte) per i fumatori rispetto ai non fumatori.**

Sulla base dell'evidenza scientifica oggi disponibile si può pertanto concludere che il **radon è un rischio per la salute, soprattutto per i fumatori.**

Quanto aumenta il rischio di tumore polmonare a causa dell'esposizione al radon

Il rischio aumenta proporzionalmente alla concentrazione di radon e alla durata dell'esposizione. Per persone esposte al radon per circa 30 anni, l'analisi degli studi epidemiologici effettuati in 11 Paesi europei, tra cui l'Italia, ha evidenziato un **aumento di rischio di circa il 16% ogni 100 Bq/m³ di concentrazione di radon. Quindi il rischio raddoppia per un'esposizione di circa 30 anni ad una concentrazione di circa 600 Bq/m³.** A 200 Bq/m³ e 400 Bq/m³ il rischio aumenta rispettivamente del 32% e del 64%. La gran parte della popolazione italiana è esposta ad una concentrazione media di radon inferiore a 100 Bq/m³, circa il 4% della popolazione è esposta a concentrazioni medie superiori a 200 Bq/m³ e circa l'1% a concentrazioni medie superiori a 400 Bq/m³.

L'Istituto Superiore di Sanità ha stimato che in **Italia il numero di casi di tumore polmonare attribuibili all'esposizione al radon è compreso tra 1.500 e 5.500 ogni anno** (su un totale annuale di circa 31.000 tumori polmonari), la maggior parte dei quali tra i fumatori, a causa dell'effetto sinergico tra radon e fumo di sigaretta.

Quant'è il rischio dovuto al radon per i fumatori e per i non fumatori e cosa si può fare per ridurlo

Dato che il radon agisce in modo sinergico con il fumo di sigaretta, **per un fumatore l'aumento di rischio di cancro al polmone dovuto all'esposizione al radon è molto maggiore che per un non fumatore**, anche se entrambi sono esposti alla stessa quantità di radon (ad es. se abitano da sempre nella stessa casa). Ma quanto è più alto tale rischio? Se si assume come riferimento un non fumatore esposto a una concentrazione bassissima di radon, molto vicina a 0 Bq/m³, e poniamo quindi il suo rischio di tumore polmonare uguale a 1, il rischio di un fumatore che fuma abitualmente un pacchetto di sigarette, anch'esso esposto ad una concentrazione di radon prossima a 0 Bq/m³, è 25 volte più alto.

Per un'esposizione prolungata a 600 Bq/m³ di radon il rischio raddoppia sia per il non fumatore che per il fumatore. Il rischio per un non fumatore pertanto passa da 1 a 2, mentre il rischio per un fumatore passa da 25 a 50. Come si vede l'aumento di rischio è molto maggiore per il fumatore. Quanto appena riferito è schematizzato in figura 2.2.

Cosa si può fare per ridurre tali rischi? **Per un fumatore l'azione più efficace è smettere di fumare**, dato che in tal caso si riducono non solo i rischi di tumore polmonare dovuti al radon e alla sua sinergia col fumo di sigaretta.

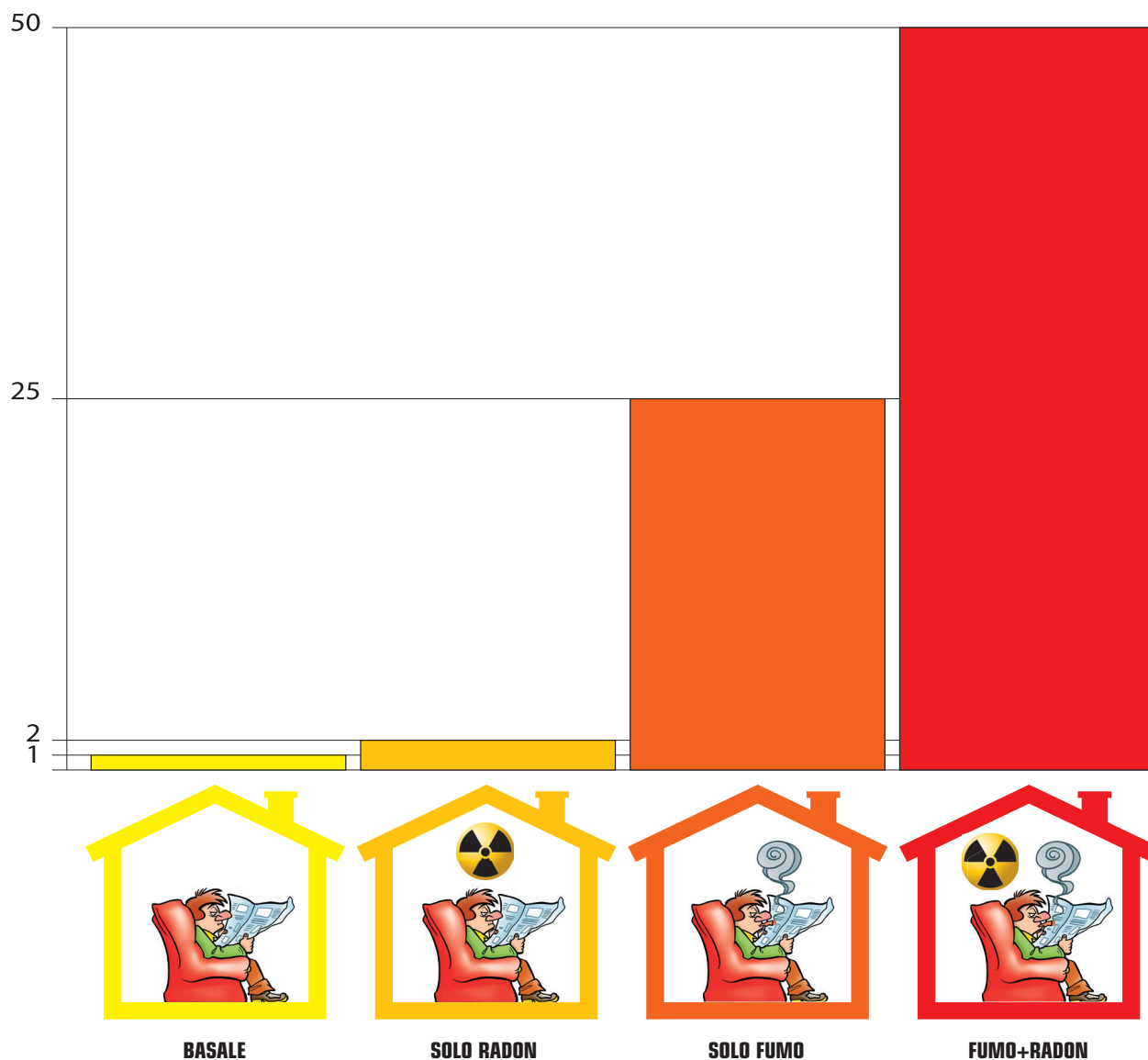


Figura 2.2. Rischio di cancro al polmone in riferimento al fumo e al radon e a confronto con quello basale.

retta, ma anche tutti gli altri numerosi rischi connessi al fumo di tabacco (molti altri tipi di tumore, effetti gravi a livello dell'apparato cardio-circolatorio, ecc.).

Un fumatore esposto ad una concentrazione di 600 Bq/m³ di radon potrebbe, in alternativa, decidere di continuare a fumare ma di ridurre la quantità di radon presente in casa. È necessario tener presente che con le attuali tecniche difficilmente si può scendere sotto i 100 Bq/m³. In tal modo il rischio diminuirebbe da 50 a 29, mentre smettendo di fumare e senza ridurre la concentrazione di radon il rischio si ridurrebbe da 50 a 2. Infine, smettendo di fumare e riducendo la concentrazione di radon a 100 Bq/m³ il rischio scenderebbe da 50 a poco più di 1 (1,2). Questi dati sono riportati nella tabella 2.1.

TABELLA 2.1. RISCHIO DI TUMORE POLMONARE DOVUTO ALL'ESPOSIZIONE AL RADON		
Concentrazione media di radon (Bq/m ³)	Rischio per non fumatori	Rischio per fumatori (1 pacchetto al giorno)
0	1	25
600	2	50

Le fonti di radon nelle nostre case



Figura 3.1. Vie di ingresso e di uscita del radon in una abitazione.

Normalmente la **principale fonte di radon è il suolo** (figura 3.1). In dipendenza dei meccanismi di diffusione del radon dal suolo, i locali degli edifici collocati nei seminterrati o al pianterreno sono in genere quelli particolarmente interessati dal fenomeno. In certi casi anche l'utilizzo di determinate lave, tufi, pozzolane e di alcuni graniti nella costruzione o nei rivestimenti interni, così come la presenza di acque sorgive ad alto contenuto di radon, può contribuire ad incrementare la concentrazione di radon indoor. In questo caso le concentrazioni medio-alte di radon non si presenteranno necessariamente al piano più basso, ma potrebbero riguardare gli ambienti nei quali sono stati utilizzati tali materiali o è usata l'acqua.

Una delle cause principali per la quale aria ricca di radon affluisce dal suolo verso l'interno degli edifici è la depressione che si viene a creare tra i locali ed il suolo, in conseguenza della differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno dell'edificio. Più pronunciata è questa differenza, maggiore sarà la depressione all'in-

terno della casa (figura 3.2). Si parla di **effetto camino**. Anche altri fattori, come la presenza di aperture in un edificio o il vento, possono incrementare o ridurre la depressione dovuta alla semplice differenza di temperatura. L'**effetto del vento** varia in funzione della tenuta degli infissi o della posizione di questi ultimi rispetto alla direzione prevalente del vento e alla sua forza.

La concentrazione di radon può subire sensibili variazioni giornaliere e stagionali. **In genere i valori più elevati si osservano nelle prime ore del mattino**, quando la differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno è maggiore. Per lo stesso motivo **d'inverno le concentrazioni**

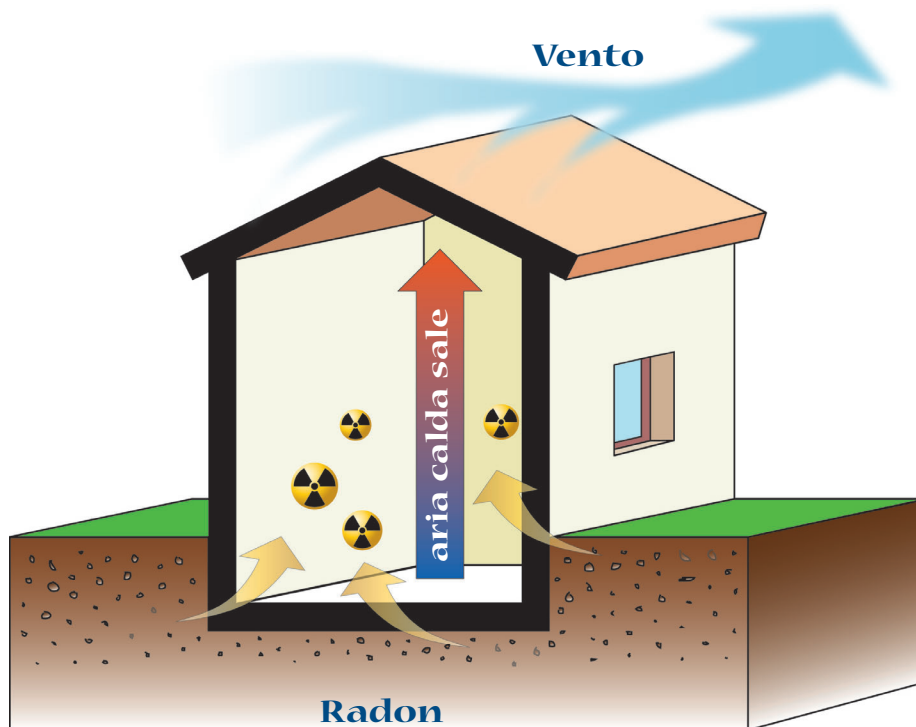


Figura 3.2. Meccanismi che possono favorire l'ingresso del radon in una abitazione.

sono mediamente maggiori di quelle estive, ma la variabilità è molto alta. Al nord (Alto Adige) si è osservato che la concentrazione di radon in casa aumenta quando il terreno ghiaccia. Verosimilmente il gelo ostacola la fuoriuscita del radon dal terreno, favorendone la fuga laddove il terreno non è gelato (nelle cantine o sotto il pavimento delle case).

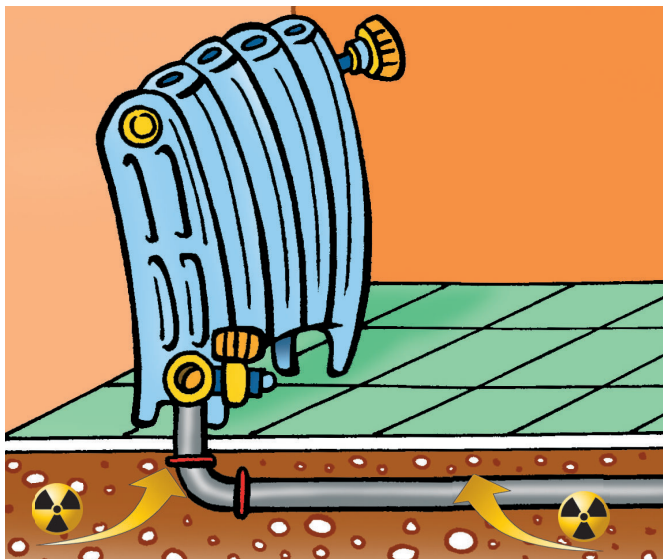
Nel caso dei pendii i fenomeni in gioco sono particolarmente complessi: in dipendenza della stagione e/o dell'insolazione possono formarsi moti convettivi nel terreno che trasportano il radon nelle case site sul pendio o alla base di questo; di conseguenza questi edifici risultano essere spesso particolarmente interessati al problema del radon.

Oltre ai fattori descritti la concentrazione di radon indoor dipende in maniera decisiva da **come è costruita la casa**. Pertanto ogni edificio è un caso a parte. Perfino case vicine e costruite nello stesso modo possono presentare concentrazioni di radon totalmente diverse. Per ottenere informazioni certe riguardo alla propria abitazione è necessario eseguire una **misura** del gas radon. In base all'esperienza è però possibile individuare alcuni elementi comuni e peculiari delle abitazioni con maggiori concentrazioni di radon. Questi sono di seguito riportati.

Riguardo al luogo e al tipo di costruzione

- La casa si trova in una zona con terreni cristallini (graniti, gneiss, ecc.) molto permeabili;
- la pavimentazione è poco isolata o le pareti dell'edificio sono a diretto contatto con il terreno o con una cantina poco ventilata con pavimento naturale;
- si tratta di un vecchio edificio storico con mura di pietrisco molto spesse, attraverso le quali il radon può diffondersi ai piani alti.





In relazione a specifiche soluzioni tecniche e impiantistiche

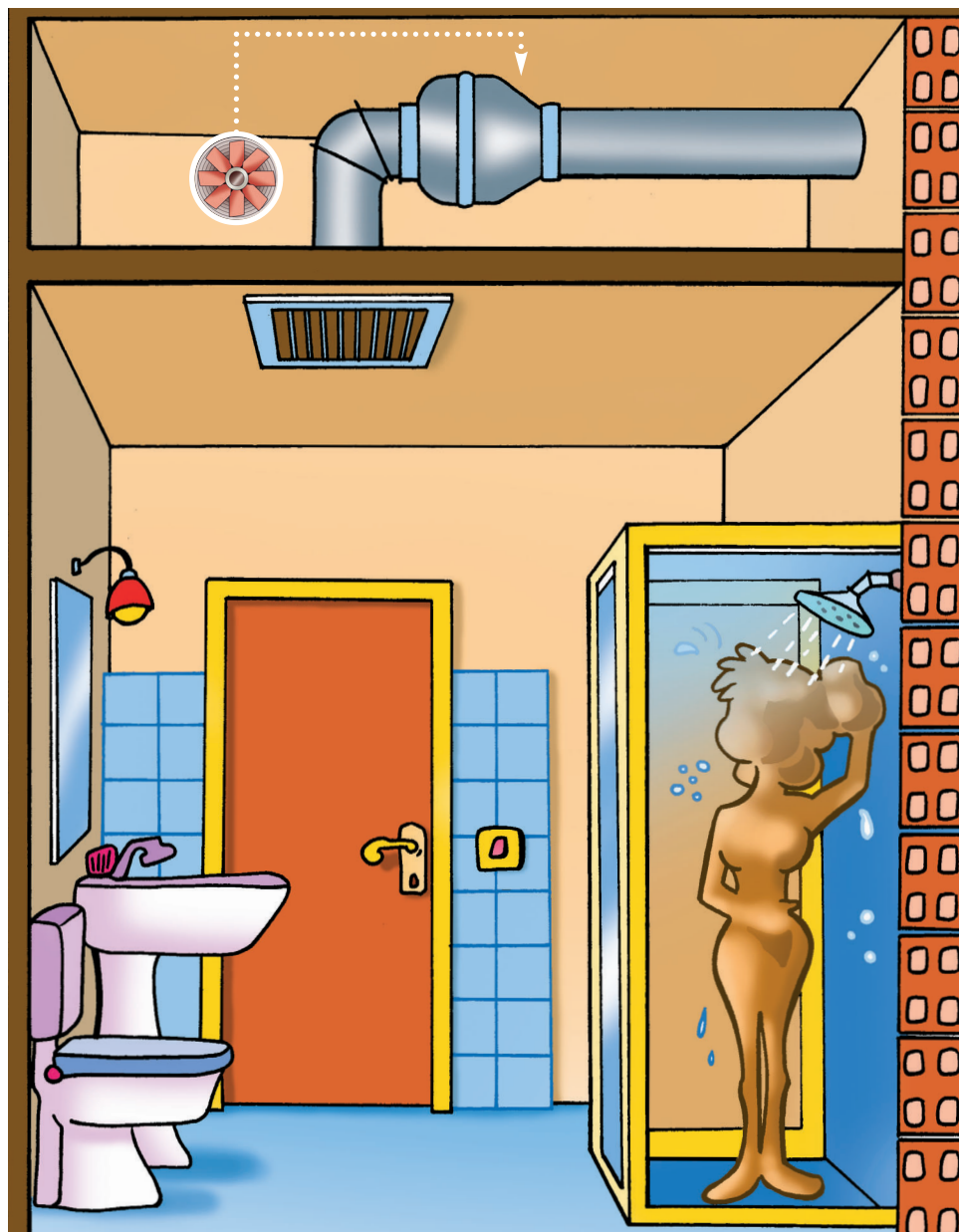
- Il sistema di ventilazione preleva aria fredda da cantine, grotte o crepe nel terreno;
- l'impianto di ventilazione dell'edificio lavora in depressione;
- l'impianto di ventilazione aspira l'aria esterna attraverso tubi interrati (preriscaldamento dell'aria) e le giunzioni dei tubi non sono a tenuta radon;
- l'impianto di riscaldamento a pavimento è a diretto contatto con il terreno;
- la casa ha un impianto di riscaldamento geotermico ed il radon entra attraverso l'isolamento delle tubazioni dell'acqua.

Per quanto concerne il risparmio energetico

In molti paesi sta aumentando l'interesse verso il risparmio energetico, in relazione sia alla progettazione di edifici nuovi sia alla ristrutturazione di edifici esistenti. L'importanza di tale concetto è fuori discussione, ma in presenza di elevate concentrazioni di radon nel terreno è indispensabile tenere conto anche della prevenzione dall'esposizione a questo gas, altrimenti si rischia di risolvere un problema creandone un altro ancora maggiore.

Un esempio tipico al riguardo sono i rivestimenti termici delle mura esterne delle case (costituiti da pannelli di fibre minerali, plastiche espanse, sughero, ecc.) a protezione dalle escursioni di temperatura. Si tratta di un accorgimento validissimo e vantaggioso, ma in alcune situazioni si è notato, in zone quali l'Alto Adige, che proprio attraverso l'isolamento esterno possono verificarsi infiltrazioni di gas radon dal terreno fino ai piani alti. In questo caso il radon che affluisce dal terreno deve essere adeguatamente convogliato all'esterno.

Si ricorda che qualsiasi modifica della casa nella parte a contatto con il terreno, una diversa ventilazione, o anche solo variazioni della tenuta degli infissi possono influire sulla concentrazione del radon indoor. Di conseguenza, alla base di ogni progettazione di interventi a scopo estetico, energetico o per altre finalità deve esserci una misura del radon indoor, i risultati della quale devono essere tenuti in considerazione nelle fasi successive.

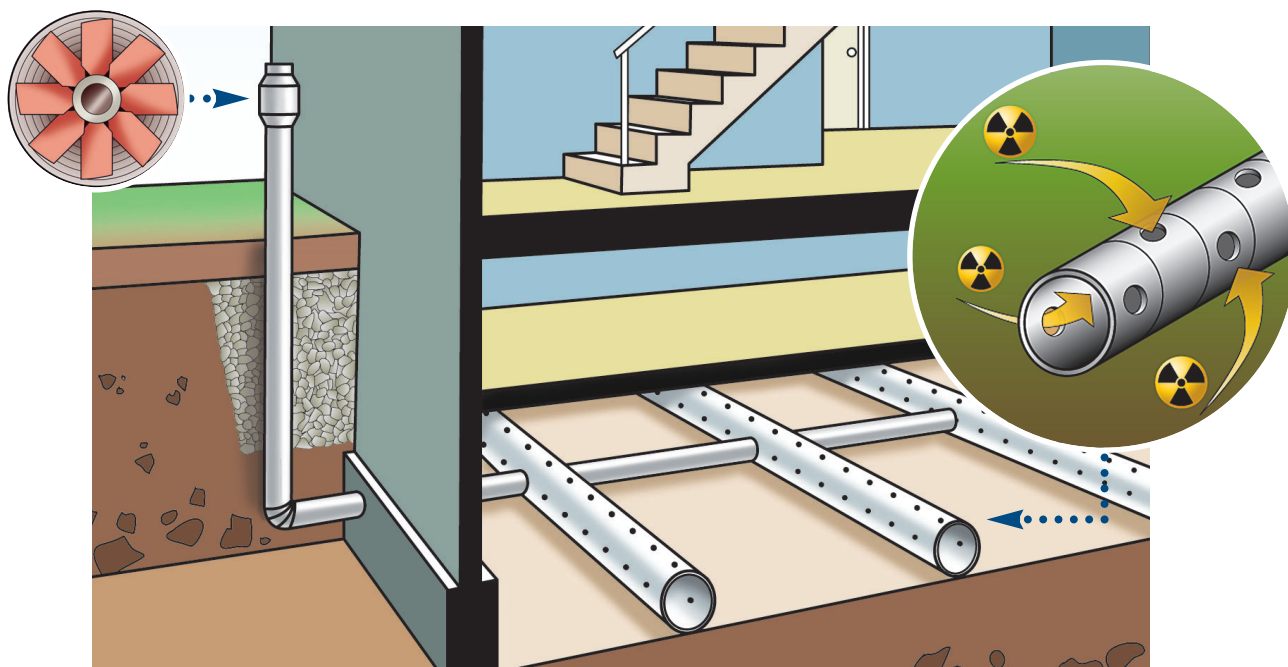


Lo scopo è quello di **abbinare i concetti di risparmio energetico e di prevenzione dal radon** in modo da pianificare per l'edificio in oggetto soluzioni che soddisfino entrambi i requisiti. Gli esempi riportati mostrano che già a livello di progettazione si possono fare molte scelte per incrementare o diminuire il rischio dell'esposizione al radon.

Cosa fare per proteggersi dal radon (strategie di difesa e mitigazione)

In generale si può distinguere tra il **risanamento del radon** in una casa esistente e la **prevenzione dal radon** in un edificio nuovo, ancora in fase di progetto. In entrambi i casi si cerca d'impedire o limitare l'ingresso del radon dal suolo. In termini operativi vi è però una sostanziale differenza.

Nel caso del risanamento le contromisure vanno adeguate ad una struttura esistente, con molti possibili punti d'infiltrazione; di conseguenza i risultati non sempre saranno soddisfacenti. Le azioni preventive possono invece essere pianificate in base alle reali esigenze, ed integrate in modo mirato ed ottimale nella nuova struttura dell'edificio; pertanto gli interventi sono più semplici da realizzare e vi sono maggiori garanzie di successo.



Il risanamento del radon in edifici esistenti

Le strategie di difesa mirano principalmente ad impedire l'ingresso del radon dal terreno. Queste tecniche sono bene documentate ed i risultati sono in genere soddisfacenti. Riguardo all'emanazione di radon dai materiali da costruzione non esistono ancora al momento dati conclusivi; pertanto tale aspetto non è considerato in questa sede.

Relativamente alla scelta della contromisura da adottare è bene precisare che di norma **non è possibile garantire a priori il successo di un determinato metodo**.

La scelta è quasi sempre un compromesso tra la complessità di realizzazione, il costo ed il beneficio stimato. Spesso si inizia con un metodo ritenuto promettente ma poco invasivo e poco costoso, per passare poi, in caso d'insuccesso, ad un metodo più complesso. In teoria non esiste un edificio che non possa essere risanato: l'unico limite sono i **costi** oppure **vincoli architettonici** che non permettono di adottare certe tecniche. In ogni caso è indispensabile che i lavori siano eseguiti attenendosi scrupolosamente alla metodologia prevista. Già piccoli errori d'esecuzione possono pregiudicare totalmente l'efficacia del metodo.

A lavoro ultimato è indispensabile verificare con una misura l'efficacia dell'intervento. Le azioni di abbattimento del radon più diffuse sono le seguenti.

Aerare di più gli ambienti confinati interessati dal problema radon

Ventilando si ottiene subito un certo miglioramento. Oltre **1.000 Bq/m³** le probabilità di successo sono però modeste. Ventilare comporta una notevole perdita di calore, per cui tale misura può essere considerata unicamente come un accorgimento provvisorio.

Sigillare le vie d'ingresso

Apparentemente rappresenta il metodo più semplice e più indicato per combattere il radon. In realtà, soprattutto in caso di valori di radon elevati (oltre **1.000 Bq/m³**), i risultati della sigillatura sono spesso incerti e da soli insufficienti a risolvere il problema. Le tecniche di isolamento devono essere abbinate alle cosiddette tecniche d'abbattimento attive (che prevedono l'**ausilio di un ventilatore**), descritte di seguito.

Aerare di più la cantina o il vespaio o creare una sovrappressione negli ambienti di vita

Nei casi in cui le infiltrazioni di radon ai piani superiori provengano dalla cantina (o da altre stanze sottostanti) può essere sufficiente **aumentare il ricambio d'aria** in cantina con metodi passivi (finestra socchiusa) o attivi (ventilatore).

Se ciò non dovesse bastare si può rafforzare l'effetto espellendo all'esterno l'aria dalla cantina chiusa

(creando una depressione) o immettendovi aria esterna (creando una sovrappressione) con un **ventilatore** (figura 4.1).

Nel primo caso la concentrazione di radon all'interno della cantina aumenta, ma la depressione impedirà al gas di fluire verso le stanze superiori.

Nel secondo caso la sovrappressione crea un flusso opposto a quello d'ingresso del radon. Lo stesso accorgimento può essere applicato, con ancora maggiore efficacia, ad un **vespaio** presente sotto le stanze con valori elevati di radon. Il metodo è indicato per grandi sale o singole stanze, ma non è idoneo se applicato all'intero edificio, in quanto la sovrappressione può causare condensazioni d'acqua in prossimità di punti non a tenuta del tetto, con conseguenti danni alla struttura del tetto stesso.

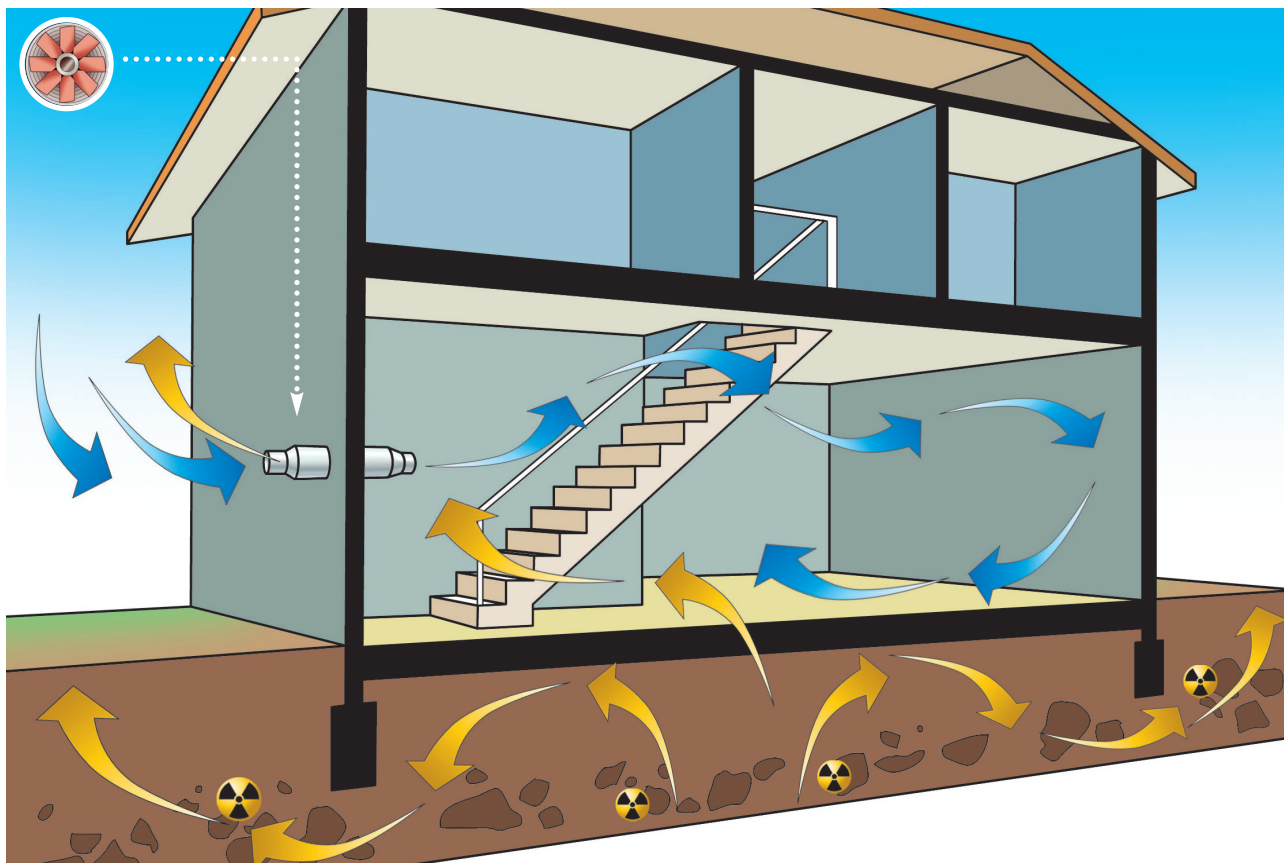


Figura 4.1a. Abbattimento attivo del radon in un'abitazione. Il ventilatore si limita a favorire il ricambio d'aria.

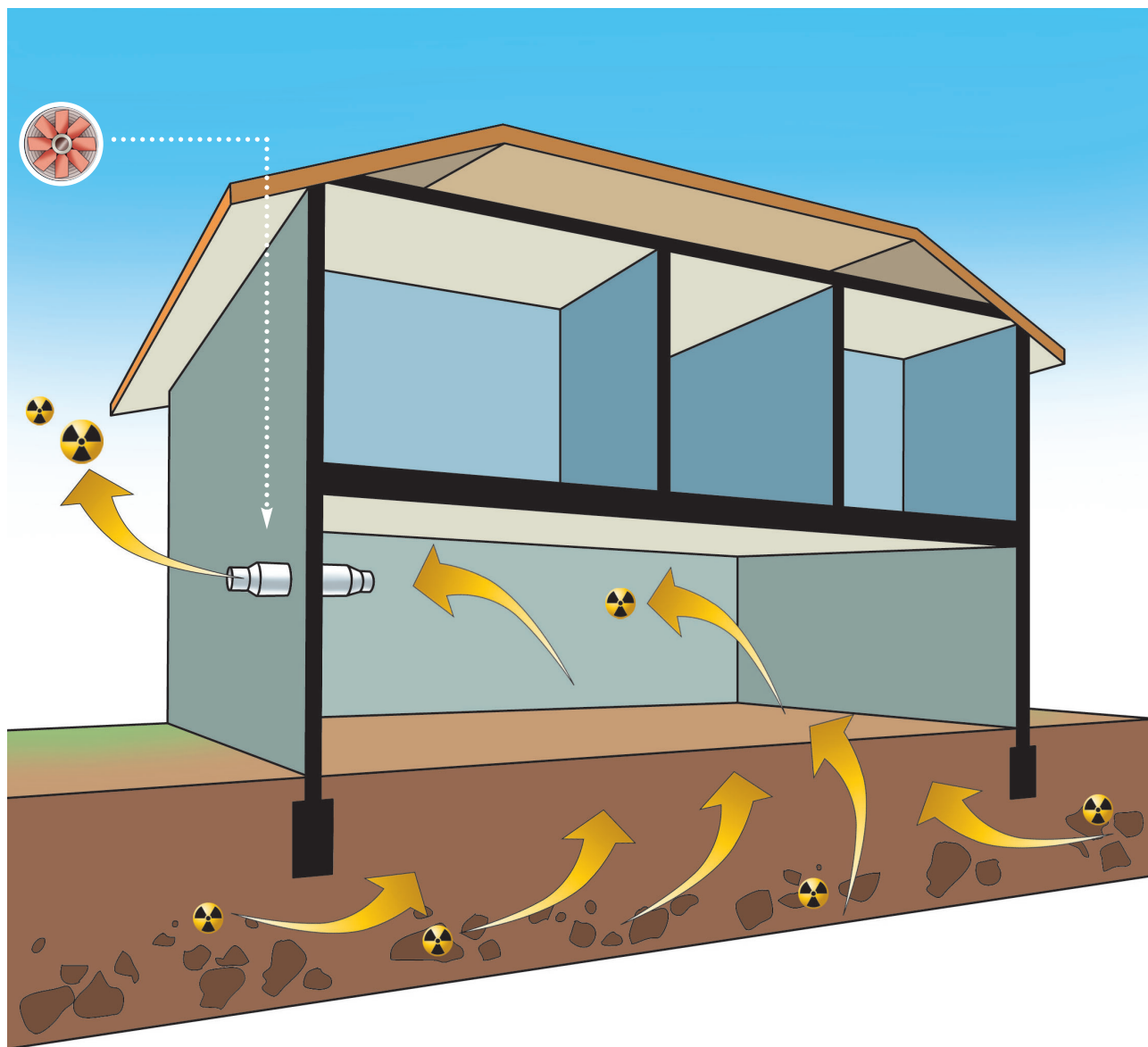


Figura 4.1b. Abbattimento attivo del radon in un'abitazione. Il ventilatore instaura una depressione nel locale favorendo il richiamo di aria ricca di radon e la sua concomitante espulsione.

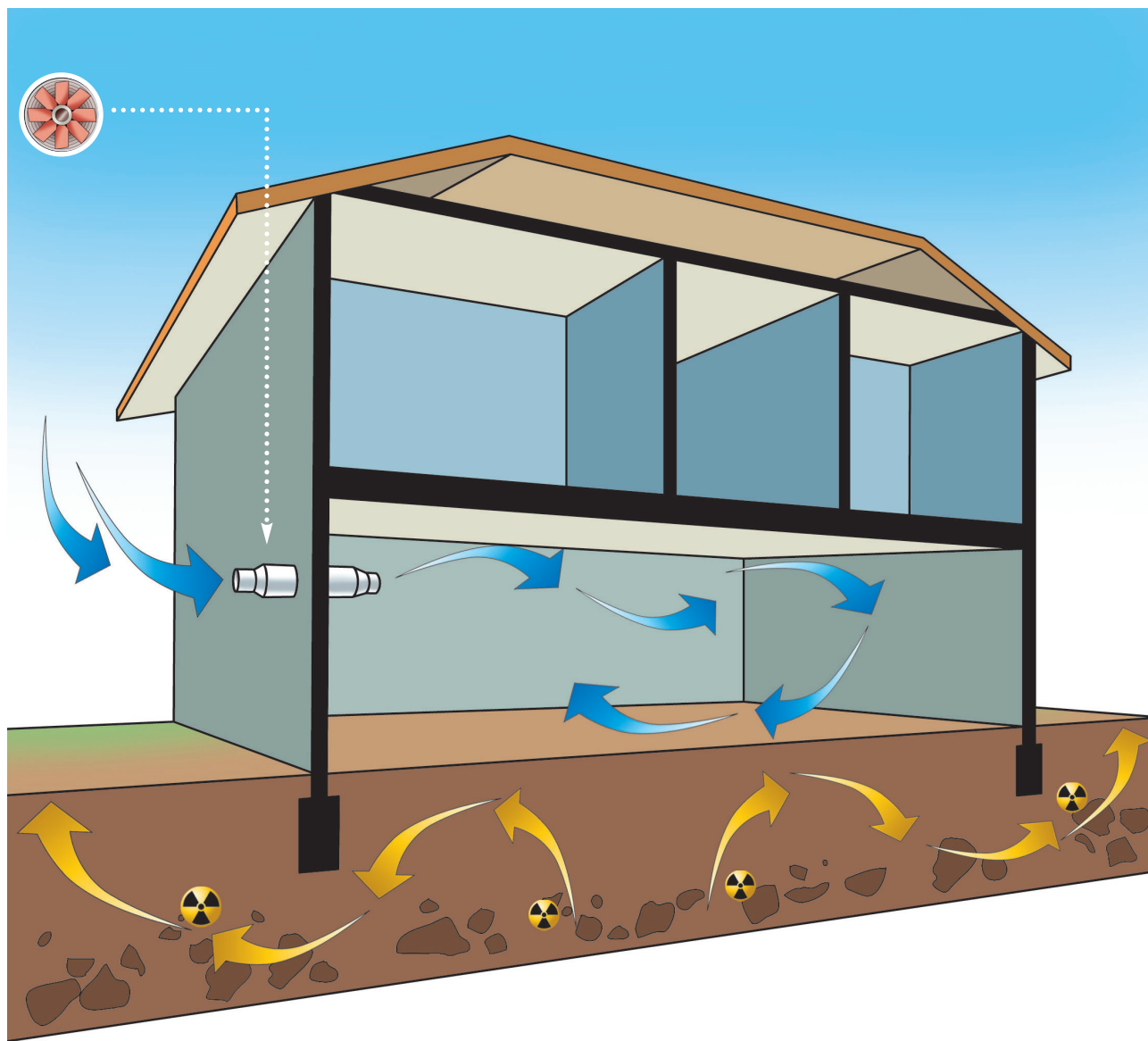


Figura 4.1c. Abbattimento attivo del radon in un'abitazione. Il ventilatore instaura nel locale una sovrappressione che si oppone all'ingresso dell'aria ricca di radon.

Aspirare l'aria da pavimenti con intercapedine o da apposite canaline

A volte può risultare conveniente realizzare un nuovo pavimento con un'**intercapedine** ed aspirare l'aria da lì. Una variante meno costosa dell'intercapedine ventilata può essere l'aspirazione da apposite **canaline di raccolta**, applicate alla linea di congiunzione tra le pareti ed il pavimento della stanza.

L'intercapedine o la canalina sono collegate ad un ventilatore che aspira l'aria ricca di radon e la veicola all'esterno (figura 4.2). Si sottolinea l'importanza di una sigillatura ermetica della pavimentazione e delle pareti.

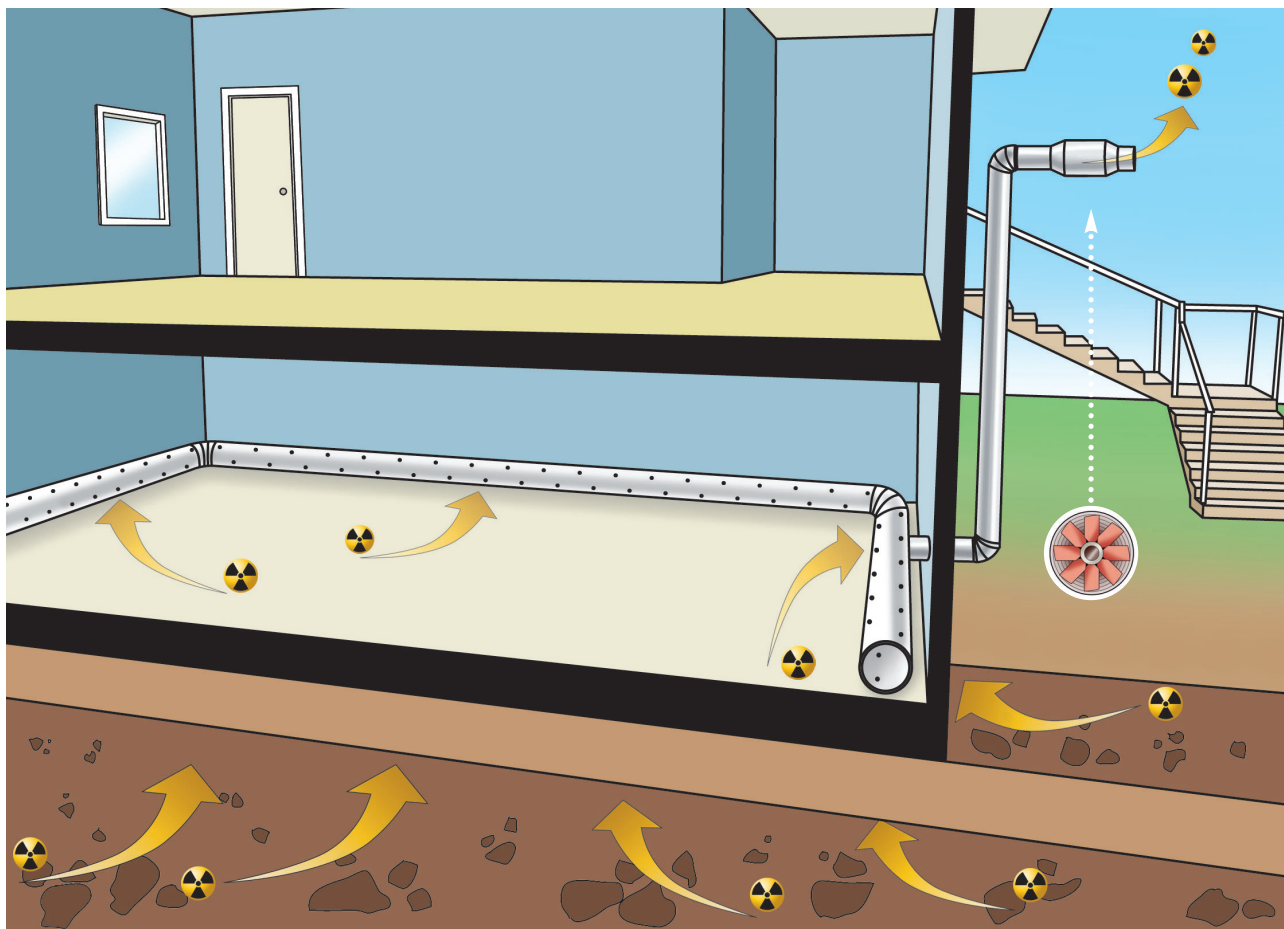


Figura 4.2a. Aspirazione dell'aria ricca di radon da intercapedine.

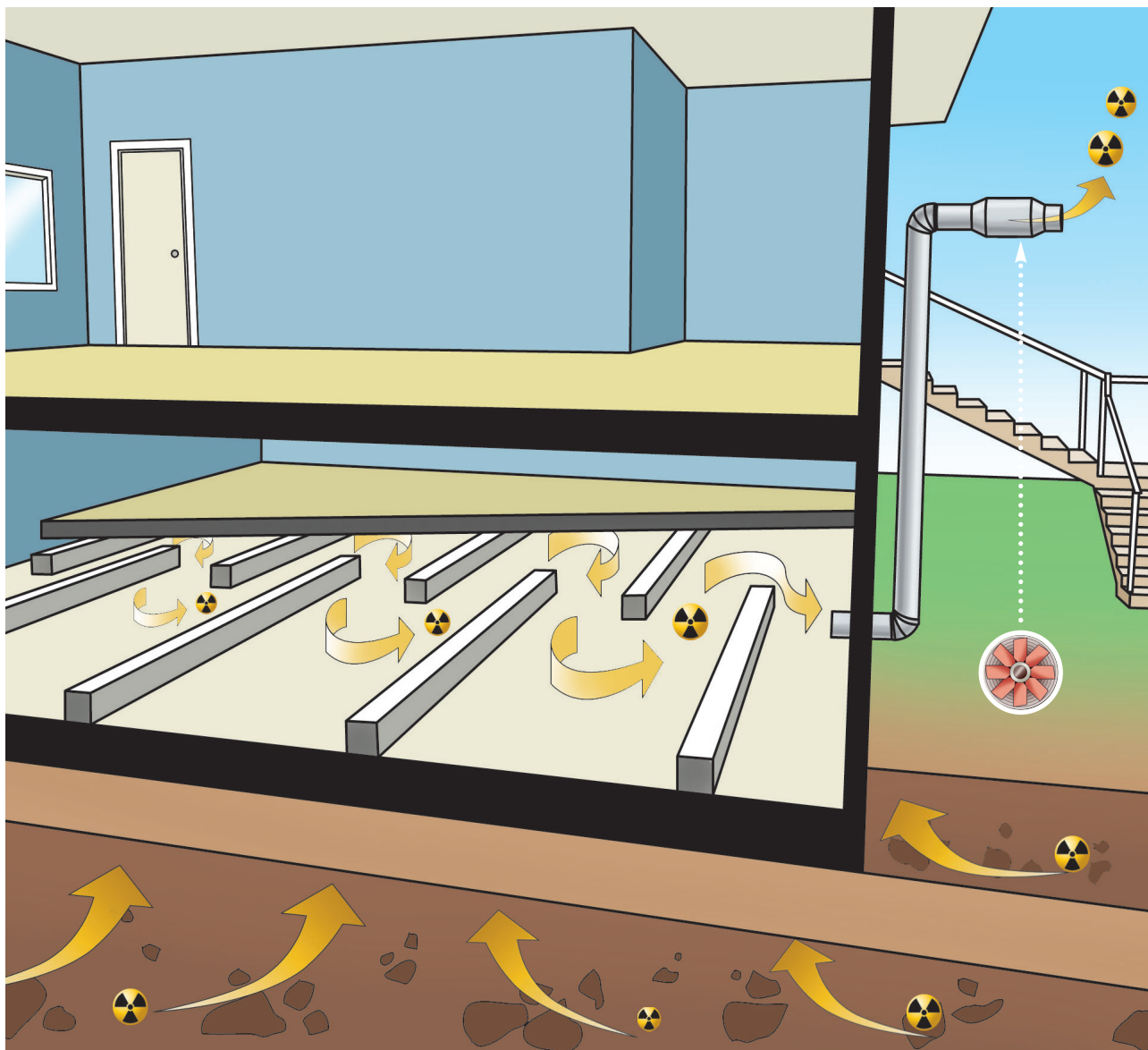


Figura 4.2b. Aspirazione dell'aria ricca di radon da canalina di raccolta e successiva espulsione.

Aspirazione dell'aria dal sottosuolo con un pozzetto o con tubi di drenaggio

Il metodo consiste nello scavare un **pozzetto** (vano vuoto profondo 1,5 - 2 m e largo 0,5 - 1 m) nel terreno sottostante la casa, dal quale per mezzo di un'adeguata tubazione e di un ventilatore si estrae l'aria ricca di radon prima che possa entrare nell'abitazione (figura 4.3). Sopra il pozzetto va rifatta la pavimentazione. Il ciclo di funzionamento del ventilatore va stabilito in un secondo tempo in base alle riduzioni ottenute.



Figura 4.3a. Aspirazione e successiva espulsione dell'aria ricca di radon dopo raccolta tramite pozzetto interrato realizzato centralmente.

Per una maggiore efficienza il pozzetto va realizzato possibilmente in un punto centrale della casa. In casi più complessi possono essere necessari più pozzetti posti in diverse stanze e collegati tra loro con un tubo collettore; talvolta può essere opportuno realizzare sotto l'intera superficie della pavimentazione un sistema con **tubi di drenaggio posati nel ghiaio**.

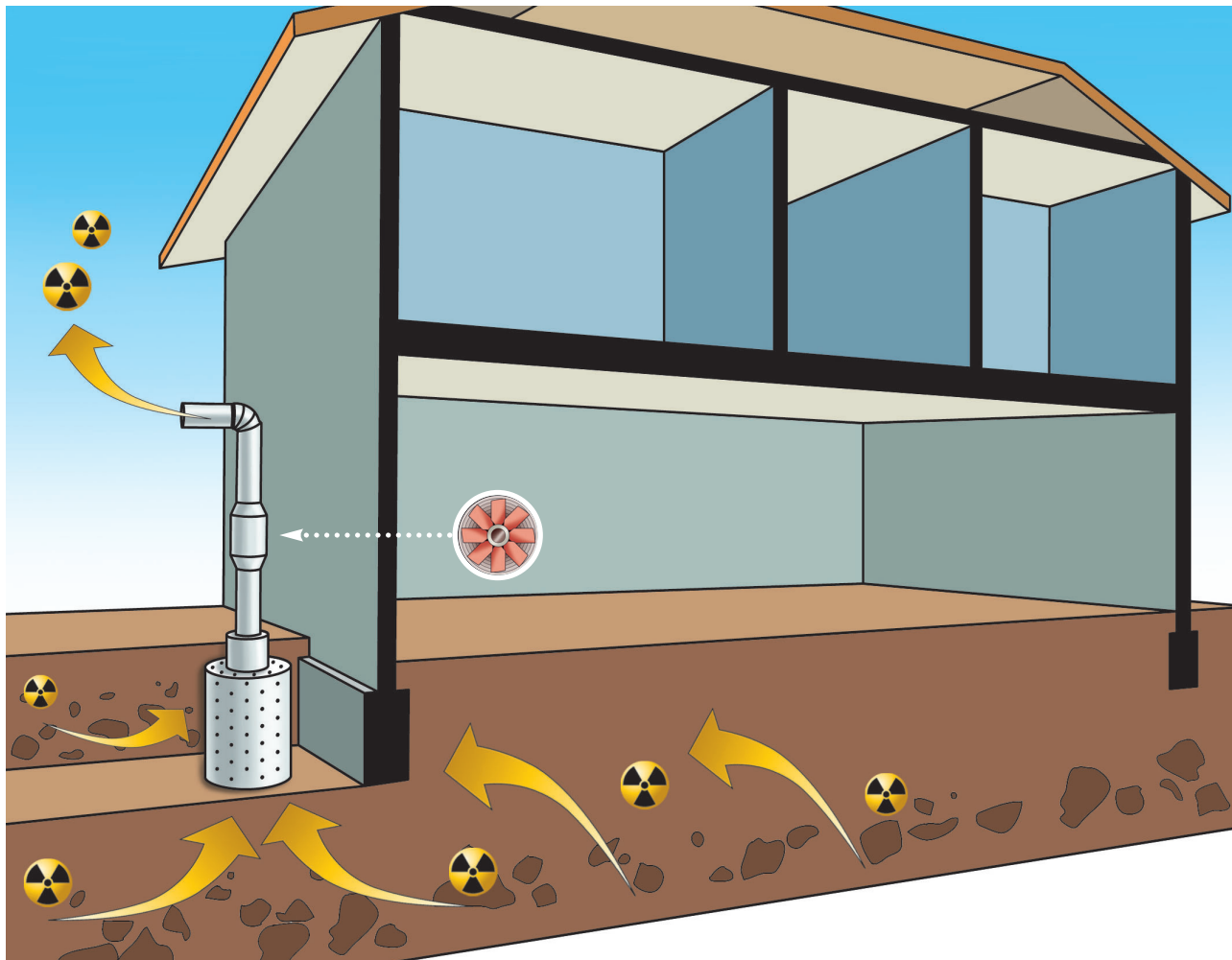


Figura 4.3b. Aspirazione e successiva espulsione dell'aria ricca di radon dopo raccolta tramite pozzetto interrato realizzato in prossimità dell'abitazione

Nella maggiore parte dei casi questo metodo è semplice da adottare e molto efficace; è pertanto particolarmente indicato per elevate concentrazioni di radon. La variabilità è tuttavia molto elevata e vi sono anche casi in cui il sistema non funziona affatto. Il pozzetto radon non è indicato nel caso di terreni molto permeabili o con crepe, in presenza di acqua nel sottosuolo e nel caso di edifici storici, dove il radon si diffonde attraverso le pareti ai piani superiori.

Attenzione: l'aspirazione d'aria dall'intercapedine, dalle canaline o dal pozzetto radon può provocare una pericolosa emissione di monossido di carbonio (gas tossico) da una stufa o fornello a legna con fiamma aperta presente nelle stanze sopra o adiacenti a queste installazioni.

Le azioni di bonifica vanno in ogni caso pianificate e seguite da persone esperte nel settore.

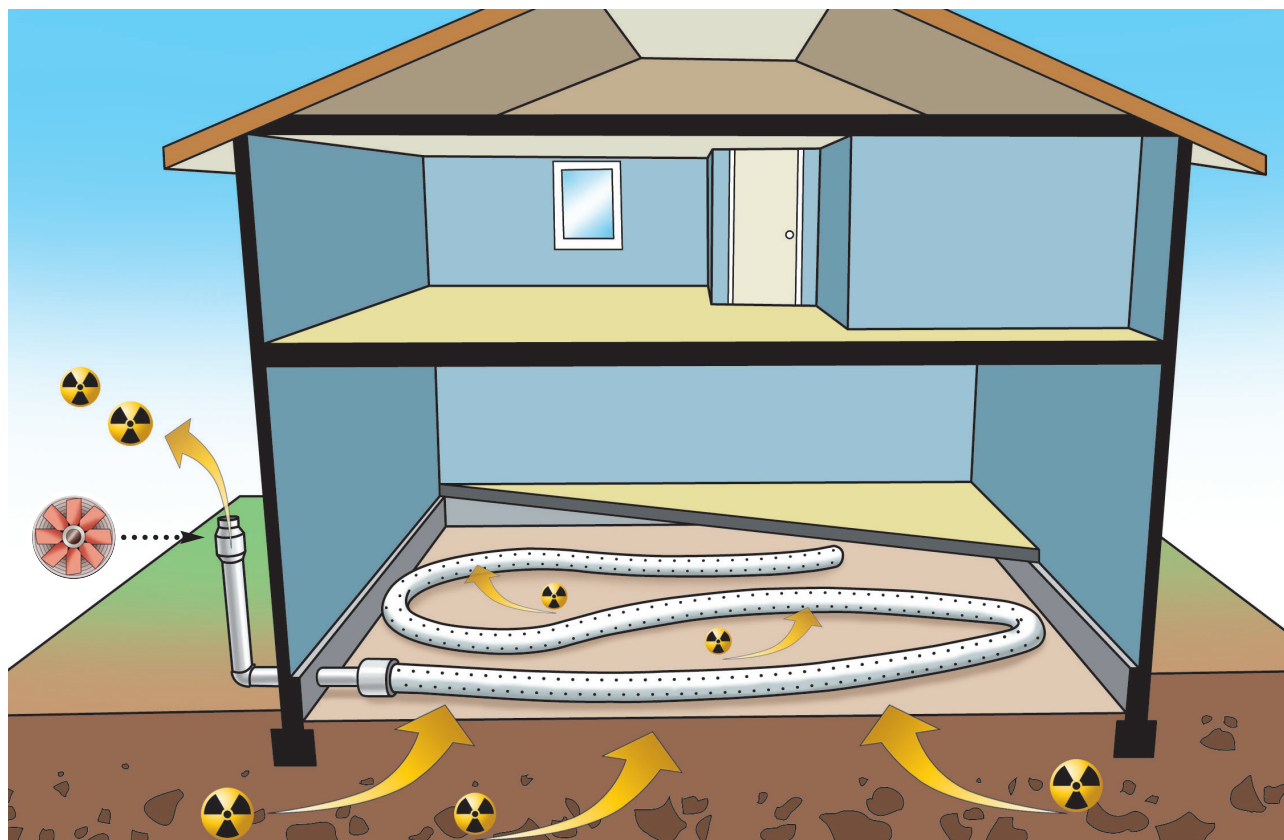


Figura 4.3c. Aspirazione e successiva espulsione dell'aria ricca di radon dopo raccolta tramite pozzetto interrato realizzato mediante sistema di tubi di drenaggio

La prevenzione dal radon in edifici di nuova costruzione

La prevenzione dal radon inizia dalla progettazione dell'edificio, con particolare attenzione riguardo alla posizione e alla destinazione dei locali (vespaio, garage ventilato al piano più basso, stanze da letto poste non al piano terra), alla scelta di materiali da costruzione impermeabili al radon, alla pianificazione dei passaggi di condotte dal terreno, all'isolamento termico, al sistema d'aerazione (non prelevare aria direttamente dal terreno; evitare la formazione di depressioni; gli impianti di ventilazione interrati o al piano terra dovrebbero funzionare con una leggera sovrappressione; i sistemi di ventilazione di bagni e cucine devono prevedere aperture per garantire un sufficiente flusso d'aria esterna), agli impianti di riscaldamento e alle stufe a legna (che devono avere una propria condotta per l'alimentazione con aria esterna) alla porta della cantina (che dovrebbe chiudere ermeticamente) ecc. In generale si può affermare che da una parte è fondamentale impermeabilizzare l'edificio al radon, dall'altra è importante favorire la ventilazione naturale del suolo. Allo scopo si consiglia la costruzione dell'edificio su **fondazioni a piattaforma** (a **platea**) o, nel caso di edifici con **fondazioni a strisce**, la ventilazione delle stesse.



Edificio fondato su piattaforma in cemento (fondazione a platea)

Attualmente un “fondamento a platea” in cemento speciale (proteetto da membrane di plastica a tenuta radon), che ricopre tutta la superficie orizzontale dello scavo per la nuova costruzione, è la migliore protezione nei confronti del radon (figura 4.4). Nel ghiaio sotto la platea conviene posare alcuni tubi di drenaggio: in caso di necessità tale accorgimento permette di aspirare l'aria dal suolo. È importante che la platea rimanga intatta; le perforazioni per la fognatura, le tubazioni dell'acqua, i cavi elettrici ecc. vanno realizzati lateralmente e trattati con materiali isolanti o flange elastiche. Tutte le pareti esterne sotto terra devono essere realizzate in cemento, isolate con materiali impermeabili al radon e protette da uno strato di ghiaia ventilato.

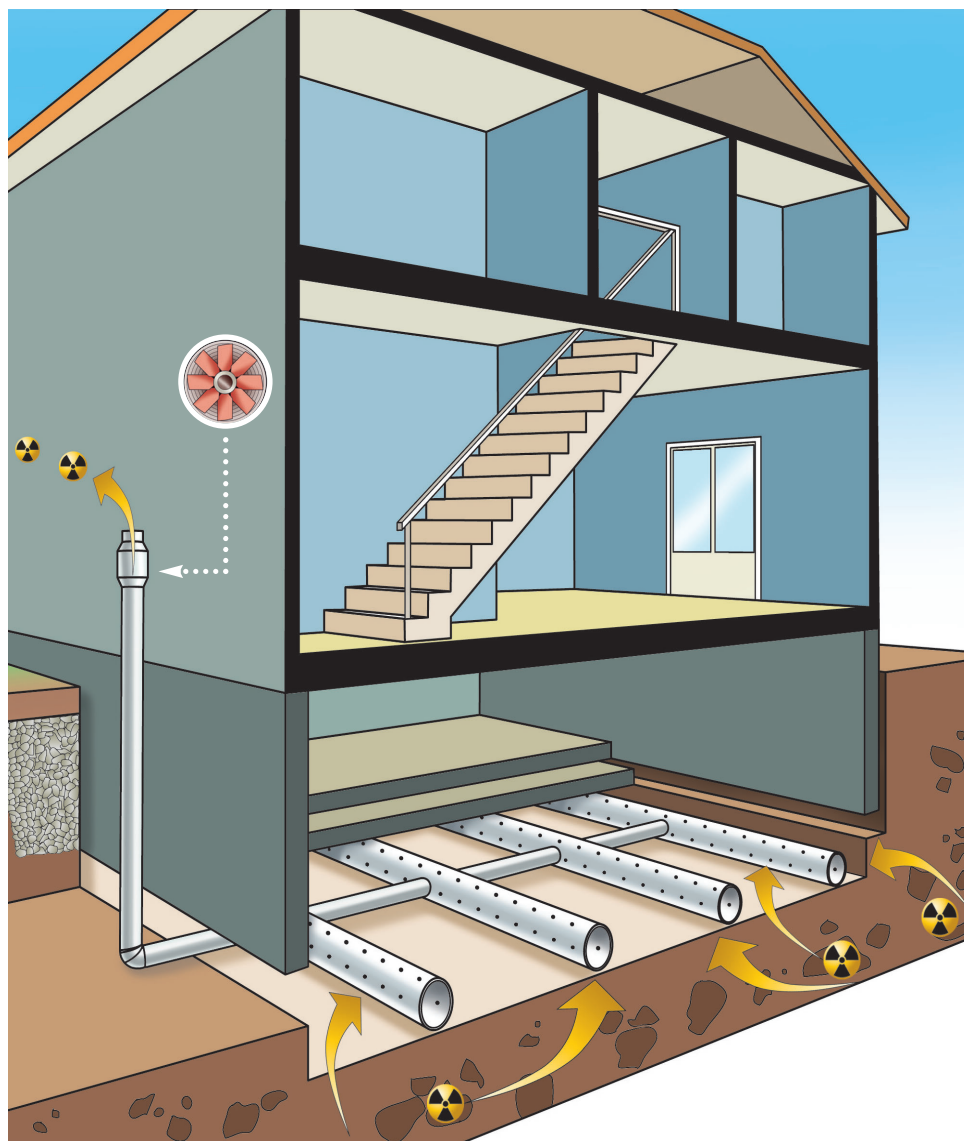


Figura 4.4. Casa con fondazione a platea impermeabilizzata all'ingresso del radon. Nell'esempio riportato all'impermeabilizzazione è stato abbinato un sistema di drenaggio (collettori posti sotto lo strato di materiale impermeabile).

Fondazione ventilata per edifici con fondazioni a strisce

Ove non si realizzi una fondazione a platea, si raccomanda la posa in opera di una **pavimentazione ventilata**. Le possibili soluzioni sono il classico **vespaio** o un sistema con **tubi di drenaggio** collocati in uno strato di ghiaia (figura 4.5). In ogni caso si raccomanda di prevedere la massima sigillatura della pavimentazione.

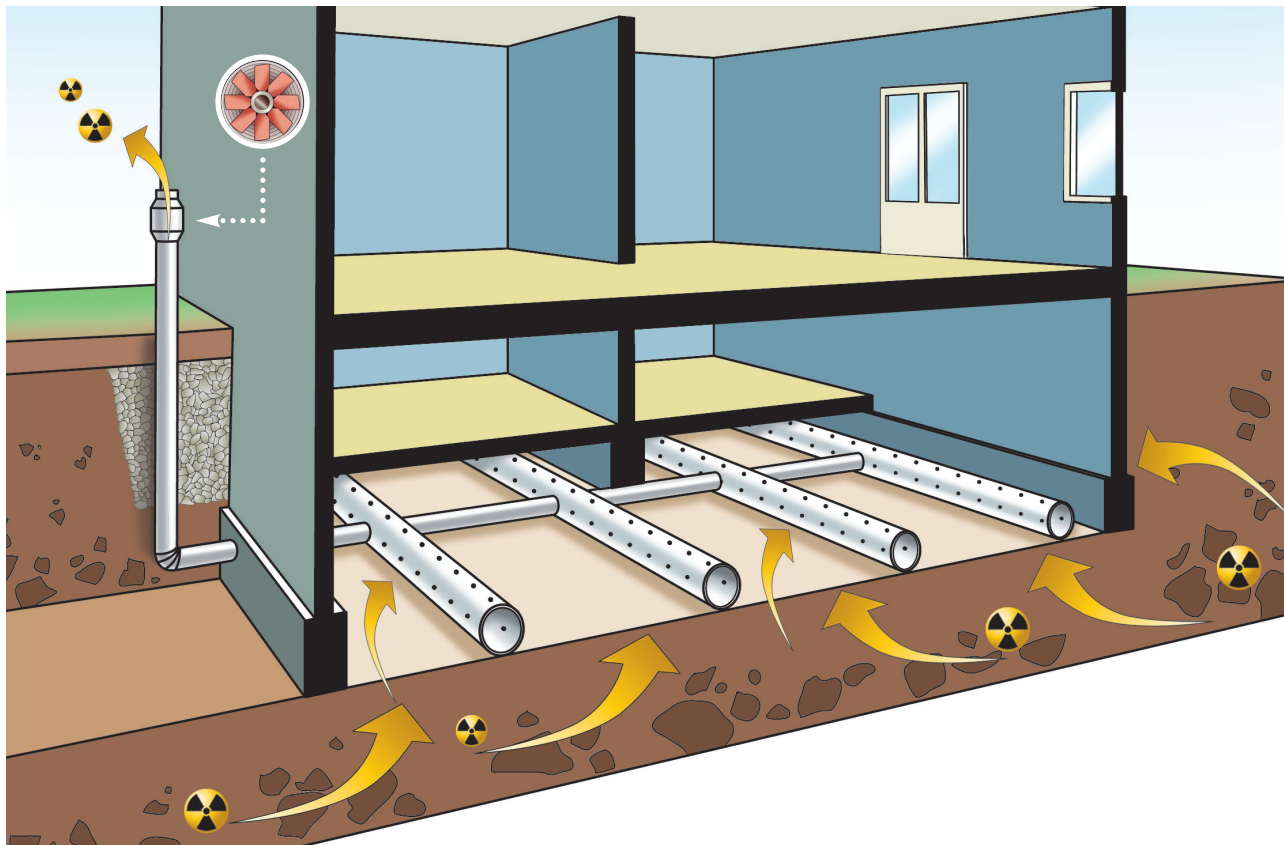


Figura 4.5. Sistema di drenaggio realizzato sotto un'abitazione con fondazioni a strisce.

La tabella 4.1 riassume i risultati di alcuni interventi di bonifica radon eseguiti in Alto Adige dall'APPA di Bolzano. Nelle ultime due colonne sono riportate le concentrazioni di radon misurate prima e dopo l'esecuzione del risanamento.

TABELLA 4.1. RISULTATI DI INTERVENTI DI BONIFICA DEL RADON ESEGUITI IN ALTO ADIGE

Metodo	Edificio e superficie approssimativa in m²	Piano	Massima concentrazione di radon misurata prima e dopo l'intervento (valori in Bq/m³)	
			PRIMA	DOPO
Pozzetto Radon	casa priv. 150	-1	120.000 (cantina)	1.500
	casa priv. 100-150	0	10.000	600
	asilo 300	0	2.500	400
	casa priv. 100-150	0	14.000	300
	casa priv. 100	0	700	700
	casa priv. 100-150	0	8.000	1.100
	casa priv. < 100	0	20.000	350
	albergo 200	0	2.700	400
	abitazione 100-150	-1	2.400	100
	casa priv. 100	-1	4.000	500
	casa priv. 100	1	8.000	2.000
	casa priv. 100	0	1.500	< 200
	casa priv. 100	0	2.500	2.500
	scuola 300	0	5.800	< 300
	asilo 200	0	1.200	< 200
	casa priv. 100	-1	8.000	580
	abitazione < 100	-1	1.000	200
Drenaggio sotto il pavimento	casa priv. 100-150	0	1.300	300
	casa priv. 300	-1	9.00	<200
	casa priv. 100-150	-1	casa nuova	230
	casa priv. 100-150	-1	2.000	70
	casa priv. 100	-1	1.800	180
Sovrappressione in casa	casa priv. 100	-1	3.000	600
	casa priv. 100	0	2.000	1.200
	aula asilo 60	0	800	450
	sala giochi 50	-1	3.000	200
	aula tecnica 80	-1	1.100	280
	sala riunioni 50	-1	2.500	400
Aspirazione da intercapedine	stanza casa priv. 20	-1	4.500	290
	scuola 300	0	5.000	100

Cosa si conosce delle concentrazioni di radon in Italia

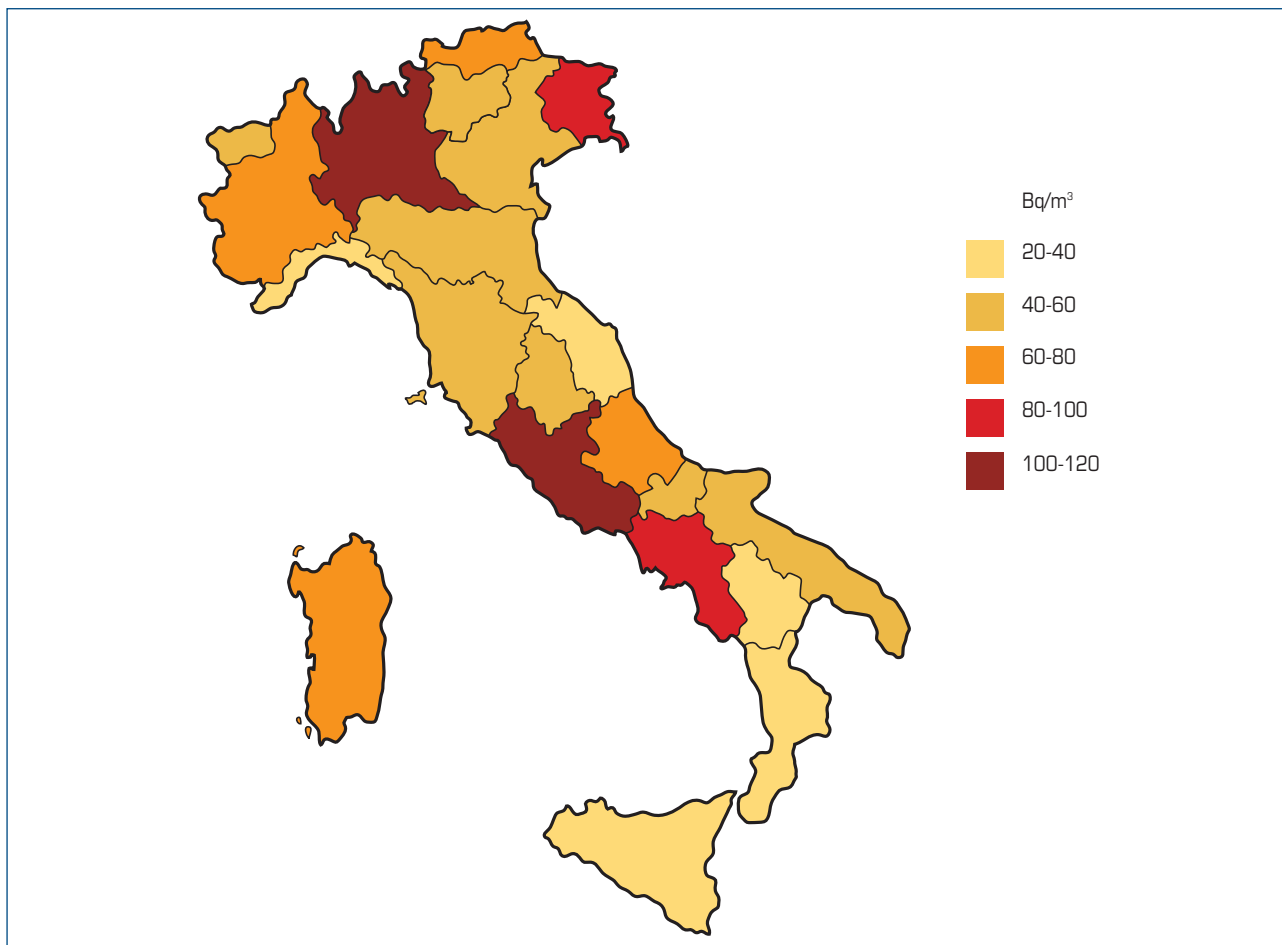


Figura 5.1. Livelli medi di concentrazione del radon indoor in Italia per regione.

Un'Indagine Nazionale sui livelli di concentrazione di radon nelle abitazioni è stata condotta e completata dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) negli anni 1989-1997. La scelta del numero di abitazioni e della loro distribuzione sul territorio è stata fatta per ogni regione tenendo conto della popolazione totale e della dimensione dei centri abitati, in modo da ottenere dati utili alla valutazione della concentrazione media sull'intero territorio nazionale.

Nella figura 5.1 sono indicate in colore diverso le regioni a seconda del livello medio di concentrazione di radon rilevato.

Il **valore medio nazionale** di concentrazione di radon nelle abitazioni è risultato pari a **70 ± 1 Bq/m³**.

Un altro dato interessante scaturito dall'Indagine Nazionale è la percentuale di abitazioni, regione per regione, che hanno fatto rilevare livelli di concentrazione medi superiori a 200 Bq/m³. Queste percentuali sono riportate schematicamente nella figura 5.2.

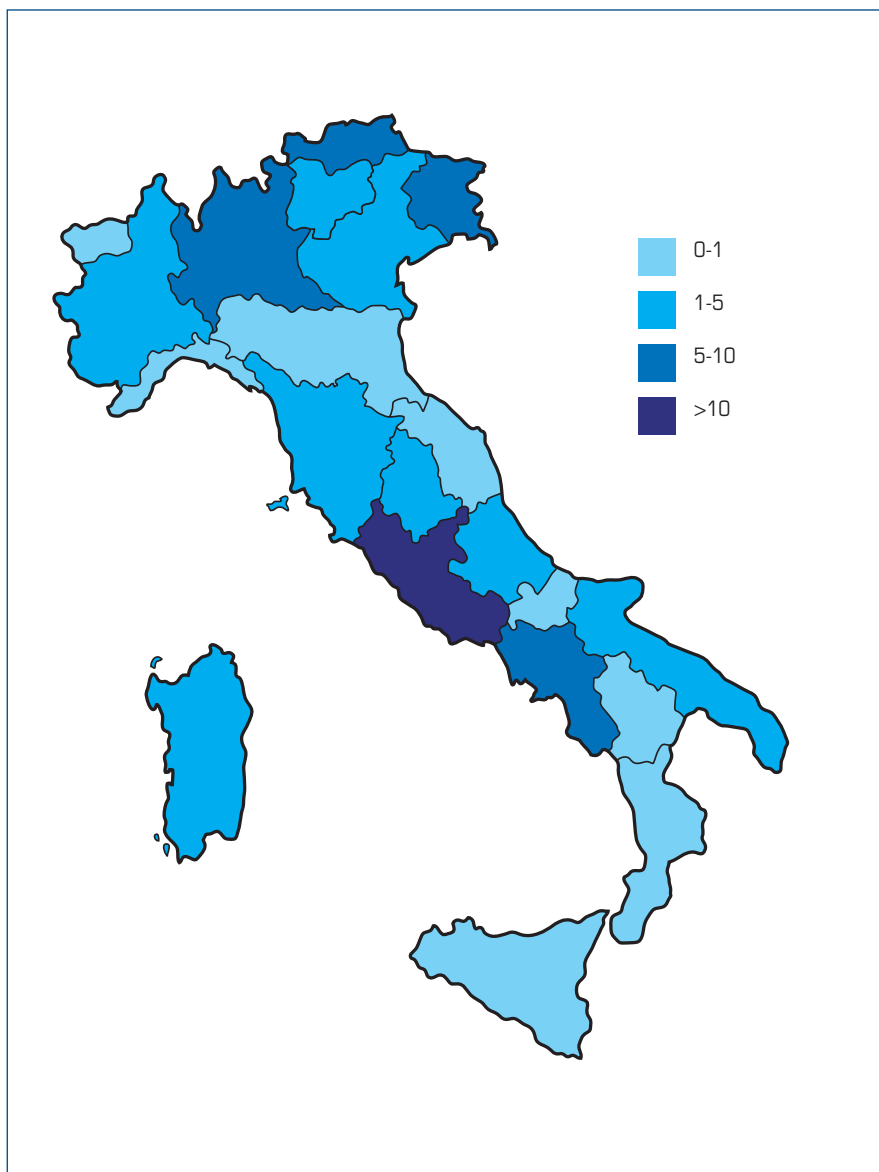


Figura 5.2. % di abitazioni con concentrazione di radon > 200 Bq/m³ (considerati quattro intervalli: da meno dell'1% a più del 10%).

Negli ultimi anni, in diverse regioni sono state intraprese campagne per affinare la conoscenza dei livelli di concentrazione di radon presenti nelle diverse parti del territorio. Queste attività vanno anche incontro a quanto previsto dalla normativa (Decreto Legislativo 230/1995, modificato da Decreto Legislativo 241/2000, art. 10-sexies), che richiede alle Regioni e Province Autonome di individuare le **zone del proprio territorio ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon** (radon prone areas), sulla base di dati già disponibili e dei risultati di apposite campagne di indagine. In ogni Regione sono state inoltre realizzate campagne rivolte ad aree più limitate, come singole città o contesti geografici specifici. Vengono inoltre effettuate misure su richiesta di istituzioni, aziende o privati cittadini. La situazione delle attività in corso in Italia nelle varie Regioni è tuttavia fortemente disomogenea, a macchia di leopardo.

Come misurare il radon

Perché misurare il radon

Come già detto nel capitolo 2 il rischio da radon aumenta al crescere della concentrazione di questo gas nell'aria interna dei locali di un'abitazione e del tempo di permanenza in tali locali. In altri termini se la concentrazione del gas in un ambiente chiuso è alta, è elevato – soprattutto per i fumatori – anche il rischio di sviluppare un tumore al polmone, ma un rischio, per quanto minore, esiste anche a concentrazioni più basse in caso di lunghi tempi di permanenza.

Mentre è possibile avere indicazioni di massima sull'entità della presenza di radon in zone più o meno estese del territorio, **non è possibile prevedere con precisione la quantità di questo gas presente in una data abitazione**; inoltre, come già detto, è impossibile avvertire la presenza di radon mediante i sensi. Di conseguenza, per sapere quanto radon c'è in una data abitazione è necessario eseguire **misure del livello di radon in aria** (espresso come concentrazione in aria – Bq/m³) mediante opportuni sistemi di misura.

La conoscenza della concentrazione di radon in un'abitazione consente di valutare l'opportunità o meno di intraprendere **azioni di rimedio**.

Per quanto tempo

Per ottenere una misura significativa del livello di radon medio cui si è esposti all'interno di un'abitazione è necessario tener conto che la concentrazione del radon varia, oltre che da zona a zona del territorio e da casa a casa, anche nel tempo, a causa dei numerosi fattori che condizionano questo fenomeno. La presenza del radon in un ambiente chiuso varia continuamente sia nell'arco della giornata (generalmente di notte si raggiungono livelli più alti che di giorno) sia stagionalmente (di norma in inverno si hanno concentrazioni maggiori che in estate). Pertanto, è importante che la misura si protragga per tempi lunghi, generalmente **un anno**. In questo caso, in funzione del tipo di strumentazione impiegata la misura può articolarsi in uno o più rilievi consecutivi.

Dove effettuare la misura

I locali da considerare per valutare il livello di radon in un'abitazione sono quelli **più frequentati dagli occupanti**,

ad esempio la camera da letto, il soggiorno, ecc.; in genere vengono esclusi il bagno e la cucina (salvo che si tratti di ampi locali ad uso soggiorno), ripostigli, garage, cantine. In ogni caso, nei locali utilizzati per la misura e nel resto dell'abitazione si devono mantenere le normali abitudini di vita e di impiego.

Il livello di radon varia generalmente anche tra un piano e l'altro degli edifici: ai piani più bassi o interrati, laddove il contatto con il suolo è maggiore, è probabile trovare concentrazioni di radon più elevate. Nel caso di un'abitazione distribuita su un singolo piano è sufficiente, in generale, una misura in un unico locale; per abitazioni multipiano è possibile eseguire un'unica misura al piano abitato più basso (ciò in un'ottica di cautela, in quanto al piano più basso ci si attende il livello di radon più elevato). Resta inteso che si possono prevedere misurazioni in più locali distribuiti su più piani dell'abitazione, allo scopo di eseguire indagini più accurate.





Come effettuare le misure

Lo strumento di misura più opportuno per rilevazioni di lungo periodo (generalmente un anno) è il cosiddetto **dispositivo** o **dosimetro passivo**. I dosimetri passivi sono di piccole dimensioni e non necessitano di alimentazione elettrica; essi forniscono un valore medio della concentrazione di radon in aria nel periodo di esposizione (detto anche periodo di campionamento). I dosimetri sono costituiti da un contenitore di materiale plastico, che ospita un elemento sensibile al radon (rivelatore a tracce o elettrete). Questi strumenti non emettono alcuna sostanza o radiazione.

I dosimetri possono essere collocati in un locale, ad esempio appoggiati sulla superficie di un mobile, su una mensola, ecc., per un determinato periodo di tempo, al termine del quale vengono restituiti al laboratorio per l'effettuazione dell'analisi.

La tabella 6.1, che segue, riassume le principali caratteristiche della strumentazione sopra citata.

TABELLA 6.1. RIASSUNTO DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI DOSIMETRI PASSIVI PER LA MISURA DEL RADON

- Sono costituiti da un contenitore al cui interno è alloggiato l'elemento sensibile (rivelatore), entrambi di materiale plastico.
- Sono di piccole dimensioni e molto leggeri.
- Non necessitano di batterie o di alimentazione elettrica.
- Sono assolutamente innocui, non emettono radiazioni né sostanze di alcun tipo.
- La misura dura da alcuni mesi ad 1 anno.
- Forniscono il valore medio di concentrazione di radon nell'aria.

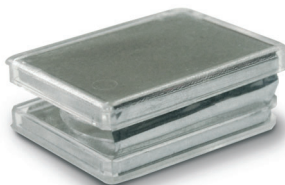
Nella pagina seguente sono illustrati alcuni tipi di dispositivi passivi per la misura della concentrazione di radon.

PRINCIPALI TIPOLOGIE DI DOSIMETRI PASSIVI

Dosimetro tipo NRPB/SSI



Dosimetro ANPA



Dosimetro ENEA-IRP



Dosimetro "Rn-Disk"



Dosimetro SHORT TERM



Dosimetro LONG TERM



Dosimetro "PICO-RAD"



Canestro a carbone attivo



In casi più particolari, concordati con personale esperto, si può utilizzare la **strumentazione attiva** per misurazioni di **breve durata** (misure di screening) e per **monitoraggi in continuo** (misurazioni volte ad analizzare l'andamento della concentrazione di radon nel tempo), ad esempio allo scopo di pianificare interventi di bonifica in edifici con elevati valori di radon. La strumentazione attiva necessita di alimentazione elettrica; il principio di funzionamento si basa sul campionamento dell'aria e sul conteggio attraverso un rivelatore delle radiazioni emesse dal radon in essa contenuto: in tal modo si ottiene una misura istantanea oppure in continuo della concentrazione del radon in aria. Il suo utilizzo richiede la presenza di personale specializzato.

Quanto costa la misura

Il prezzo orientativo per una misura annuale del livello di radon mediante **dosimetri passivi** dipende da molti fattori, a cominciare dal numero di dosimetri che vengono utilizzati, e può variare da **25 a 150 euro**, IVA inclusa. Questo costo può comprendere le spese di spedizione dei dosimetri, ma non le spese relative a sopralluoghi o altri interventi in loco del personale specializzato, ove eventualmente richiesti.

Il prezzo per una misura con **strumentazione attiva** è in genere più elevato e dipende dalla durata del campionamento e dall'intervento sul posto di personale esperto; indicativamente si aggira sui 250 euro, IVA inclusa.

A chi rivolgersi per la misura

I cittadini possono rivolgersi direttamente ad organismi di misura idoneamente attrezzati sia pubblici che privati chiedendo misurazioni di lungo periodo (generalmente un anno) mediante dosimetri passivi. Per maggiori indicazioni è possibile contattare le ARPA locali, i cui riferimenti sono riportati nel paragrafo "A chi rivolgersi per informazioni, consigli, misure".

Cosa dicono le norme

Per proteggere la popolazione dall'esposizione al radon presente nelle abitazioni in Italia non esiste attualmente una normativa specifica, ma si applica una Raccomandazione dell'Unione Europea (Raccomandazione 90/143/Euratom), la quale indica i valori oltre i quali si "raccomanda" di intraprendere azioni di risanamento.

Questi valori sono espressi come concentrazione media annua di radon in aria e corrispondono a:

- **400 Bq/m³ per edifici già esistenti;**
- **200 Bq/m³ per edifici di nuova costruzione** (da progettare).

Inoltre, allo scopo di proteggere la popolazione anche dall'esposizione al radon presente nell'acqua potabile l'Unione Europea ha emanato un'altra Raccomandazione (Raccomandazione 2001/928/Euratom), nella quale indica un livello di azione per le acque potabili da acquedotto pubblico pari ad una concentrazione di radon in acqua di 100 Bq/l, ed un valore limite da non superare di 1.000 Bq/l. Tale limite è applicabile anche nel caso di acque potabili attinte da pozzi artesiani (approvvigionamento individuale).

Nell'anno 2009 l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha pubblicato un documento di riferimento internazionale per la valutazione e la gestione del rischio radon negli ambienti confinati (*WHO handbook on indoor radon – a public health perspective*), nel quale, sulla base delle stime di rischio derivate dai più recenti studi epidemiologici, si propone per le abitazioni un valore di riferimento pari a **100 Bq/m³** (espresso come concentrazione media annua di radon in aria) o, nel caso di Paesi per i quali le condizioni esistenti non consentono il rispetto di questo valore, a **300 Bq/m³** (da non superare in ogni caso).

A differenza di quanto accade per le abitazioni, allo scopo di tutelare i lavoratori e la popolazione dall'esposizione al radon negli ambienti di lavoro in Italia si dispone di una normativa specifica (Decreto Legislativo n. 241/2000), in vigore, derivante dal recepimento della Direttiva 96/29/Euratom. Tale norma prevede la misura della concentrazione di radon in tutti i locali di lavoro posti in sotterraneo e nei locali di lavoro (posti a qualunque piano) situati in aree geografiche ove il rischio da radon è più elevato. Il compito di individuare le suddette



aree è stato affidato dalla normativa alle Regioni, una parte delle quali si è già attivata in tal senso.

Il Decreto fissa inoltre un valore di riferimento oltre il quale il datore di lavoro deve adempiere ad una serie di obblighi, primo tra tutti il risanamento dei locali stessi.

Il valore di riferimento (livello di azione) è espresso come concentrazione media annua di radon in aria e corrisponde a **500 Bq/m³**.

La nuova Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, che deve essere recepita entro il 6 febbraio 2018 e che sostituirà l'attuale normativa di radioprotezione basata sulle precedenti Direttive Euratom, dispone che gli Stati membri stabiliscano livelli di riferimento nazionali per le concentrazioni di radon nei luoghi di lavoro e in ambienti chiusi in generale (*in primis* le abitazioni). Il livello di riferimento, in termini di concentrazione di attività in aria media annua, non deve essere superiore a 300 Bq/m³, a meno che, per i soli luoghi di lavoro, un livello superiore non sia giustificato dalle circostanze esistenti a livello nazionale. Nel limite di 300 Bq/m³ potranno essere stabiliti diversi livelli di riferimento per edifici esistenti e nuovi. Per quanto riguarda le abitazioni, saranno promossi interventi volti a individuare quelle che presentano concentrazioni annue medie di radon superiori al livello di riferimento. Dovranno inoltre essere rese disponibili, attraverso strategie di comunicazione rivolte all'opinione pubblica, ai responsabili delle decisioni a livello locale, ai datori di lavoro e ai lavoratori, informazioni locali e nazionali sull'esposizione al radon in ambienti chiusi e sui rischi per la salute che ne derivano, sull'importanza di effettuare misurazioni della concentrazione dei radon e sui mezzi tecnici disponibili per ridurre le concentrazioni di radon esistenti.

È assegnata agli Stati membri l'adozione di un piano d'azione nazionale, da revisionale periodicamente e in relazione al quale sono previsti assegnazioni di responsabilità, meccanismi di coordinamento e risorse per la messa in atto. Il piano affronterà i rischi a lungo termine dovuti alle esposizioni al radon nelle abitazioni, negli edifici pubblici e nei luoghi di lavoro. Dovrà identificare le tipologie di luoghi di lavoro ed edifici pubblici da monitorare e le strategie per la riduzione dell'esposizione nelle abitazioni, sia per quanto riguarda il risanamento di edifici esistenti sia per la prevenzione dell'ingresso del radon nei nuovi edifici. Altri aspetti comprendono la fissazione di obiettivi di lungo periodo in termine di riduzione del rischio di cancro al polmone attribuibile all'esposizione al radon e l'inclusione delle tematiche relative al risparmio energetico e alla qualità dell'aria negli ambienti confinati.

A chi rivolgersi per informazioni, consigli, misure

Presso ogni **Agenzia Regionale o di Provincia Autonoma per la Protezione dell'Ambiente (ARPA)** esiste una struttura specializzata nelle tematiche e nelle misure del radon. Le ARPA fanno parte di un sistema nazionale a rete che include anche l'**Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)**: il sistema è delimitato **RESORAD** (<http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/radioattivita-e-radiazioni/controllo-della-radioattivita-ambientale/rete-resorad>).

Di seguito è riportato l'elenco completo delle ARPA cui ogni cittadino può fare riferimento per informazioni sul radon, sui rischi che esso comporta e su come fare per ridurre le esposizioni: tale elenco è stato evinto dal sito di RESORAD. È anche possibile richiedere misure nella propria abitazione, secondo modalità che vanno concordate con le singole ARPA.



VALLE D'AOSTA

ARPA Valle d'Aosta
Località Grande Charrière, 44
11020 Saint Christophe (AO)
<http://www.arpa.vda.it>



PIEMONTE

ARPA Piemonte
Via Pio VII, 9
10135 Torino
<http://www.arpa.piemonte.it>



LOMBARDIA

ARPA Lombardia
Viale Restelli, 1
20124 Milano
<http://www.arpalombardia.it>



VENETO

ARPA Veneto
Via Matteotti, 27
35137 Padova
<http://www.arpa.veneto.it>



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

APPA Trento
Piazza Vittoria, 5
38122 Trento
<http://www.appa.provincia.tn.it/>



APPA BOLZANO

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

APPA Bolzano
Via Amba-Alagi 5
39100 Bolzano
<http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente>



FRIULI-VENEZIA GIULIA

ARPA Friuli-Venezia Giulia
Via Cairoli, 14
33057 Palmanova (UD)
<http://www.arpa.fvg.it>



LIGURIA

ARPA Liguria
Via Bombrini 8
16149 Genova
<http://www.arpal.gov.it>



EMILIA ROMAGNA

ARPA Emilia-Romagna

Via Po, 5

40139 Bologna

<http://www.arpa.emr.it>



TOSCANA

ARPA Toscana

Via Nicola Porpora

50144 Firenze

<http://www.arpat.toscana.it>



MARCHE

ARPA Marche

Via dei Caduti del Lavoro, 40

60131 Ancona

<http://www.arpa.marche.it>



UMBRIA

ARPA Umbria

Via Pievaiola, 207/B-3 Loc. S. Sisto

06132 Perugia

<http://www.arpa.umbria.it>



LAZIO

ARPA Lazio

Via Garibaldi, 114

02100 Rieti

<http://www.arpalazio.it>



ABRUZZO

ARTA Abruzzo
Viale Marconi, 178
65100 Pescara
<http://www.artaabruzzo.it>



MOLISE

ARPA Molise
Via D'Amato, 15
86100 Campobasso
<http://www.arpamolise.it>



CAMPANIA

ARPA Campania
Via Vicinale - S. Maria del Pianto
Centro Polifunzionale - Torre 1
80100 Napoli
<http://www.arpacampania.it>



PUGLIA

ARPA Puglia
Corso Trieste, 27
70126 Bari
<http://www.arpa.puglia.it>



BASILICATA

ARPA Basilicata
Via della Fisica, 18
85100 Potenza
<http://www.arpab.it>



CALABRIA

ARPA Calabria

Via Lungomare - Località Mosca (zona Giovino - Porto)
88063 Catanzaro Lido (CZ)

<http://www.arpacal.it>



SICILIA

ARPA Sicilia

Corso Calatafimi n.217/219 (Albergo delle Povere)
90129 Palermo

<http://www.arpa.sicilia.it>



SARDEGNA

ARPA Sardegna

Via Contivecchi, 7
09122 Cagliari

<http://www.arpa.sardegna.it>

Glossario

Actinon

Isotopo del radon (^{219}Rn): deriva dalla catena di decadimento dell'uranio 235 (^{235}U) e ha emivita molto breve (3,96 secondi).

Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro

(International Agency for Research on Cancer – **IARC**). Organo tecnico-scientifico dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. La IARC svolge e coordina attività di ricerca sulle cause del cancro nell'uomo e sui meccanismi di cancerogenesi. Si occupa inoltre dello sviluppo di strategie scientifiche per il controllo del cancro. Ha sede a Lione (Francia). <http://www.iarc.fr>

Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente (APPA)

Rappresenta l'equivalente dell'ARPA per quanto riguarda la Provincia Autonoma di Trento e la Provincia Autonoma di Bolzano.

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA)

Ente di diritto pubblico che, a livello territoriale, svolge attività di ricerca, monitoraggio, valutazione, controllo e informazione per quanto riguarda gli aspetti connessi all'inquinamento ambientale, all'impatto delle attività antropiche, alla salvaguardia, al recupero e alla valorizzazione dell'ambiente.

APPA

Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente.

ARPA

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente.

Attività del nuclide

Numero di trasformazioni con emissione di radiazioni che si verificano per un determinato nuclide nell'unità di tempo (un secondo). Si misura in becquerel (Bq).

Azioni di bonifica

Complesso degli interventi mirati alla rimozione del radon in ambienti confinati.

Azioni di rimedio

Analogo ad azioni di bonifica.

Bequerel (Bq)

Unità di misura del decadimento radioattivo. 1 Bq è uguale a una disintegrazione radioattiva al secondo (trasformazione di un singolo nucleo atomico in un secondo).

Bequerel per litro (Bq/l)

Unità di misura del decadimento radioattivo in un mezzo liquido (es. acqua). Rappresenta il numero di disintegrazioni radioattive che si verificano in un secondo in un litro.

Bequerel per metro cubo (Bq/m³)

Unità di misura del decadimento radioattivo in un mezzo gassoso (es. aria). Rappresenta il numero di disintegrazioni radioattive che si verificano in un secondo in un metro cubo.

Bq

Bequerel.

Bq/l

Bequerel per litro.

Bq/m³

Bequerel per metro cubo.

Concentrazione del radon

Quantità di radon presente per unità di volume del mezzo considerato (ad esempio un litro d'acqua o un m³ di aria). Si misura in Bq/m³ (aria) o Bq/l (acqua).

Decadimento radioattivo

Processo di trasformazione del nucleo che comporta emissione di radiazione. Determina la trasformazione di un elemento chimico in un altro. I nuclidi soggetti a decadimento radioattivo sono detti *instabili* o *radionuclidi*. Il decadimento radioattivo si misura in bequerel.

Decreto Legislativo 230/1995

Decreto Legislativo 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. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale Serie generale n. 136 del 13 giugno 1995.

Decreto Legislativo 241/2000

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241. Attuazione della Direttiva 1996/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 203 del 31 agosto 2000.

Direttiva 1996/29/Euratom

Direttiva 1996/29/Euratom del Consiglio del 13 maggio 1996 che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea n. L 159 del 29 giugno 1996.

Direttiva 2013/59/Euratom

Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio del 5 dicembre 2013 che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le Direttive 1989/618/Euratom, 1990/641/Euratom, 1996/29/Euratom, 1997/43/Euratom e 2003/122/Euratom. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea n. L 13/1 del 17 gennaio 2014.

Dosimetri passivi

Strumenti di misura passivi che contengono rivelatori delle particelle α emesse dal decadimento del radon e dei suoi prodotti di decadimento. Non necessitano di alimentazione elettrica o di sistemi per il campionamento dell'aria. Sono particolarmente idonei per stime di esposizione cumulativa (lungo periodo) al radon e, al termine della misura, devono essere esaminati in laboratorio. Sono anche detti "dosimetri passivi a tracce nucleari" oppure a "carbone attivo" oppure a "elettrete", a seconda della tipologia di rivelatore impiegato.

Effetto camino

Richiamo di aria ricca di radon dal suolo all'interno di un edificio a causa di una depressione dovuta alla differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno dell'edificio medesimo.

Effetto vento

Accentuazione, ad opera del vento, della depressione presente all'interno dell'edificio.

Elettroni

Particelle recanti carica negativa. Sono normali costituenti dell'atomo, ma possono essere emessi come radiazione (radiazione β^-) in alcune reazioni di decadimento radioattivo.

Emivita

Tempo impiegato affinché il numero di isotopi di un elemento inizialmente presente si riduca alla metà a seguito di decadimento radioattivo. L'emivita è una costante per ogni tipo di isotopo. A seconda del tipo di isotopo l'emivita può variare da frazioni di secondo a miliardi di anni.

Figli del radon

Isotopi radioattivi (α emettitori) derivanti dal decadimento degli isotopi del radon. I principali sono rappresentati da polonio 218 (^{218}Po), polonio 214 (^{214}Po), piombo 214 (^{214}Pb) e bismuto 214 (^{214}Bi).

Fondazioni a piattaforma

Fondazioni che corrispondono all'intera superficie dell'edificio. La gettata di cemento o di altro materiale da costruzione (eventualmente rivestito da uno strato impermeabile al radon) forma una superficie continua e separa completamente la parte sovrastante della costruzione dal suolo.

Fondazioni a platea

Sinonimo di fondazioni a piattaforma.

Fondazioni a strisce

Fondazioni il cui disegno e la cui superficie corrispondono generalmente ai sovrastanti muri perimetrali o portanti dell'edificio. Il piano inferiore di quest'ultimo è pertanto in larga parte non isolato dal suolo.

International Agency for Research on Cancer (IARC)

Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro.

INAIL

Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro.

Isotopo(i)

Forma(e) alternativa(e) di un elemento chimico. Gli isotopi di un elemento chimico differiscono tra loro in quanto il nucleo atomico è costituito dallo stesso numero di protoni ma da un differente numero di neutroni. La maggior parte degli elementi è in realtà una miscela di due o più isotopi.

Isotopo radioattivo

Isotopo instabile che, a seguito di decadimento radioattivo, si trasforma nell'isotopo di un elemento differente emettendo radiazione.

ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL)

Ente di diritto pubblico che in Italia gestisce gli aspetti legati all'assicurazione obbligatoria dei lavoratori contro gli infortuni e le malattie professionali. Gli obiettivi dell'Istituto comprendono anche lo svolgimento di attività di prevenzione nei luoghi di lavoro, il reinserimento nella vita lavorativa degli infortunati sul lavoro, la ricerca nell'ambito della salute e della sicurezza negli ambienti di lavoro e di vita. In forza di specifiche disposizioni normative (Decreto Legge 78/2010, convertito nella Legge 122/2010) dal 31 maggio 2010 l'INAIL ha assorbito le funzioni e le risorse umane, patrimoniali e strumentali del soppresso Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL), Ente di diritto pubblico che svolgeva, quale Organo tecnico-scientifico del Servizio Sanitario Nazionale, attività di ricerca, consulenza, formazione, informazione, documentazione, certificazione e controllo nel settore della tutela della salute e sicurezza negli ambienti di lavoro e di vita. <http://www.inail.it>

Istituto Superiore di Sanità

Ente di diritto pubblico che svolge attività di ricerca, consulenza, formazione e controllo applicate alla tutela della salute pubblica, costituendo il principale Organo del Ministero della Salute. <http://www.iss.it>

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Ente di diritto pubblico che svolge le funzioni, con le inerenti risorse finanziarie, strumentali e di personale, dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici di cui all'articolo 38 del Decreto Legislativo 300/1999 e successive modificazioni, dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica di cui alla Legge 157/1992, e successive modificazioni, e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare di cui all'articolo 1-bis del Decreto Legge 4 dicembre 1993, convertito in legge, con modificazioni, dall'articolo 1, comma 1, della Legge 61/1994. Tra questi, l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT), Organo istituito dal Decreto Legislativo 300/1999, svolgeva i compiti e le attività tecnico-scientifiche di interesse nazionale per la protezione dell'ambiente, per la tutela delle risorse idriche e per la difesa del suolo. L'APAT era nata a sua volta dalla fusione tra l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) ed il Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri. L'ISPRA costituisce con le ARPA un sistema nazionale a rete. <http://www.isprambiente.gov.it>

Livello d'azione

Valore di concentrazione del radon indoor il cui raggiungimento e/o superamento comporta l'invito o l'obbligo a mettere in atto di una serie di interventi finalizzati all'abbattimento dell'esposizione. Nella legislazione Italiana valori d'azione sono stabiliti unicamente per gli ambienti di lavoro dal Decreto Legislativo 241/2000.

Livello di riferimento

Analogo al livello d'azione.

Misure di breve durata

Misure di concentrazione del radon indoor condotte per brevi periodi (fino a pochi giorni) con finalità di valutazione preliminare dei livelli di radon. In funzione dei risultati si possono ritenere non necessarie ulteriori misure o, al contrario, si può procedere a valutazioni più approfondite (in genere misure di lungo periodo).

Misure di lunga durata

Misure della concentrazione di radon indoor che si protraggono per lunghi periodi (fino a 1 anno), aventi per scopo la valutazione dell'esposizione complessiva (cumulativa) a questo gas. Sono condotte mediante dosimetri passivi o strumentazione passiva.

Misure di screening

Analogo a misure di breve durata.

Monitoraggi (misure) in continuo

Misure della concentrazione di radon indoor condotte mediante strumentazione attiva finalizzate a valutare l'andamento delle concentrazioni di radon nel tempo (mettendo in evidenza ad esempio oscillazioni orarie, giornaliere, stagionali o legate al cambiamento della gestione degli ambienti abitativi e/o delle abitudini di vita).

Nuclide(i)

Isotopo(i) di un elemento chimico.

Organizzazione Mondiale della Sanità (World Health Organization – WHO)

Rappresenta l'Autorità sovranazionale che coordina e dirige le politiche relative alla tutela e alla promozione della salute nell'ambito del sistema delle Nazioni Unite. Elabora norme e standard sanitari di riferimento, individua opzioni di politica sanitaria e definisce priorità di ricerca e di intervento in ambito sanitario a livello globale. Fornisce inoltre supporto tecnico agli Stati in materia sanitaria ed esegue monitoraggi dei trend riguardanti la salute a livello globale e locale. Per quanto riguarda il problema dell'esposizione della popolazione al gas radon negli ambienti confinati

nel 2005 l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha varato **il progetto internazionale radon** (*International Radon Project*), che ha comportato la creazione di una rete internazionale di collaborazione tra 20 Paesi finalizzata alla promozione di programmi per ridurre l'impatto del radon sulla salute. Uno dei prodotti del progetto è il documento WHO handbook on radon del 2009, che costituisce oggi un riferimento imprescindibile per la valutazione e la gestione del problema radon negli ambienti confinati. <http://www.who.int>.

Particella α

Radiazioni ionizzanti di massa elevata costituite da nuclei di elio (2 protoni + 2 neutroni). Hanno scarso potere penetrante.

Particella β

Radiazioni ionizzanti costituite da elettroni (β^-) o positroni (β^+). Hanno potere penetrante intermedio.

Piano Nazionale Radon

Piano coordinato di azioni volte alla riduzione del rischio di tumore polmonare connesso all'esposizione al radon ed ai suoi prodotti di decadimento. Ha valenza nazionale ed è stato messo a punto da un gruppo di esperti in sintonia con quanto previsto dalle Linee Guida sugli ambienti confinati adottate congiuntamente dal Ministero della Salute e dalle Regioni nell'anno 1998. Il piano è stato ultimato nell'anno 2002, ma solo nell'anno 2006 è stato reso disponibile dal Ministero della Salute il finanziamento per l'avvio effettivo.

Positroni

Particelle recanti carica positiva. Non sono normali costituenti dell'atomo e possono essere emessi come radiazione (radiazione β^+) in alcune reazioni di decadimento radioattivo.

Prevenzione dal radon

Complesso di azioni finalizzate a prevenire la presenza del radon in edifici di nuova costruzione. Vanno previste in fase di progettazione.

Prodotti di decadimento del radon

Analoghi ai figli del radon.

Raccomandazione 90/143 Euratom

Raccomandazione della Commissione del 21 febbraio 1990 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi.

Raccomandazione 2001/928 Euratom

Raccomandazione della Commissione del 20 dicembre 2001 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon nell'acqua potabile. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea n. L 344 del 28 dicembre 2001.

Radiazione

Forma di trasporto dell'energia nello spazio e nel tempo.

Radiazioni gamma (γ)

Radiazioni ionizzanti costituite da fotoni ad altissima frequenza (fanno parte delle radiazioni elettromagnetiche). Hanno elevato potere penetrante.

Radiazioni ionizzanti

Radiazioni la cui energia è sufficiente a strappare uno o più elettroni agli atomi e alle molecole, con formazione di ioni positivi (ionizzazione). Le radiazioni ionizzanti si distinguono in genere in **radiazioni corpuscolate** (radiazioni α e β , neutroni, protoni, nuclei atomici o frammenti di nuclei, altre particelle dotate di massa) e **radiazioni elettromagnetiche** (radiazioni X e γ , costituite da fotoni di differente frequenza ed energia).

Radioattività

Capacità che hanno alcuni elementi chimici di emettere radiazioni ionizzanti a seguito di trasformazioni strutturali dei loro nuclei atomici.

Radioattività indotta

Emissione di radiazioni da elementi chimici a seguito di reazioni nucleari.

Radioattività naturale

Emissione di radiazioni dovuta a trasformazione spontanea dei nuclei di alcuni elementi chimici naturalmente presenti nelle diverse matrici (rocce, suoli, acqua, aria).

Radionuclide

Nuclide instabile, che decade emettendo radiazioni: ha un'emivita caratteristica.

Radon

Gas nobile (numero atomico 86) radioattivo (emette radiazioni α) incolore ed inodore generato continuamente in modo naturale da alcune rocce della crosta terrestre. Esistono tre isotopi del radon, derivati da differenti catene di decadimento radioattivo: radon 219 (^{219}Rn , detto **actinon**), radon 220 (^{220}Rn , detto **thoron**) e radon 222 (^{222}Rn). Il radon decade trasformandosi in elementi detti "figli del radon" e anch'essi radioattivi. Il radon ha un'emivita di 3,82 giorni.

Radon indoor

Radon presente negli ambienti confinati (ambienti indoor). Si tratta generalmente di edifici adibiti ad abitazione, a luogo di lavoro o a vita comunitaria (scuole, ecc.).

Radon prone areas

Sinonimo di Zone ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon.

RESORAD

Sistema nazionale a rete finalizzato al monitoraggio della radioattività ambientale e atto a rilevare tempestivamente eventi anomali. La rete RESORAD comprende l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali e Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA e APPA), l'Aeronautica Militare e la Croce Rossa Italiana. <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/radioattivita-e-radiazioni/controllo-della-radioattivita-ambientale/rete-resorad>.

Rilevazioni (misure) di lungo periodo

Analogo a misure di lunga durata.

Risanamento del radon

Complesso di azioni finalizzate ad abbattere le concentrazioni di radon in un edificio già esistente.

Risparmio energetico

Complesso delle azioni di natura architettonica, impiantistica e comportamentale finalizzate a ridurre e ottimizzare il consumo di energia (elettrica, da combustibili per riscaldamento, ecc.). Negli edifici interessati dal problema radon le azioni connesse al risparmio energetico devono essere armonizzate con quelle finalizzate all'abbattimento del radon indoor.

Studi epidemiologici

Studi condotti a livello di popolazione (es. popolazione generale negli ambienti di vita o popolazioni lavorative) allo scopo di valutare la distribuzione delle malattie ed i fattori che influenzano tale distribuzione (inclusi agenti ambientali di natura fisica, chimica e biologica).

Strumentazione (di misura) attiva

Dispositivi per la misura del radon indoor basati sull'aspirazione di volumi noti d'aria (campionamento) e richiedenti alimentazione elettrica. Sono generalmente impiegati per misure in continuo.

Tecniche di abbattimento attive

Tecniche di riduzione della concentrazione di radon indoor che prevedono tutte come elemento comune l'utilizzo di un ventilatore, il cui scopo può essere quello di veicolare continuamente all'esterno l'aria ricca di radon di un ambiente confinato o, al contrario, creare in detto ambiente una sovrappressione costante per impedire l'ingresso, attraverso soluzioni di continuo o altre vie, di aria ricca di radon dal suolo.

Tempo di decadimento

Sinonimo di emivita.

Thoron

Isotopo del radon (^{220}Rn): deriva dalla catena di decadimento del torio 232 (^{232}Th) e ha emivita molto breve (55 secondi).

Valore d'azione

Analogo a livello d'azione.

Valore di riferimento

Analogo a livello di riferimento.

Vespaio

Camera d'aria che viene posta in opera nelle costruzioni allo scopo di isolarle dall'umidità. È generalmente costituito di ghiaia grossa sulla quale viene posto il basamento dell'edificio.

Zone ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon

Aree di territorio nelle quali, per effetto della particolare struttura geomorfologica delle formazioni rocciose e dei suoli, è maggiore la probabilità di riscontro di elevate concentrazioni di radon negli edifici.



Prodotto utile per la Promozione della Cultura della Salute e Sicurezza nella Scuola