

Il radon in Italia: guida per il cittadino





DIPARTIMENTO DI MEDICINA DEL LAVORO
Osservatorio Epidemiologico Nazionale
sulle condizioni di salute e sicurezza negli ambienti di vita

Presidente: *Prof. Antonio Moccaldi*

Direttore Generale: *Dott. Umberto Sacerdote*

Dipartimento di Medicina del Lavoro
Direttore: *Dott. Sergio Iavicoli*

Osservatorio Epidemiologico Nazionale
sulle condizioni di salute e sicurezza
negli ambienti di vita
Coordinatore: *Dott. Patrizio Erba*

Prima edizione
Stampato nel mese
di novembre 2007

Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro

Osservatorio Nazionale Epidemiologico sulle condizioni
di Salute e Sicurezza negli Ambienti di Vita

Gruppo di lavoro:

“Ambienti di vita: prevenzione del rischio radon negli ambienti domestici”

“IL RADON IN ITALIA: GUIDA PER IL CITTADINO”

Realizzazione a cura di:

Giovanni Agnesod

Agenzia Regionale di Protezione dell'Ambiente Valle D'Aosta

Alba Rosa Bianchi

ISPESL - Dipartimento di Medicina del Lavoro

Francesco Bochicchio

Istituto Superiore Sanità - Dipartimento Tecnologie e Salute

Lucia Denaro

Università degli Studi di Messina - Dipartimento di Protezione Ambientale, Sanitaria, Sociale ed Industriale

Patrizio Erba

*ISPESL - Dipartimento di Medicina del Lavoro, Coordinatore dell'Osservatorio Nazionale Epidemiologico sulle condizioni di
Salute e Sicurezza negli Ambienti di Vita*

Carlo Grandi

*ISPESL - Dipartimento di Medicina del Lavoro, Coordinatore del Gruppo di lavoro:
“Ambienti di vita: prevenzione del rischio radon negli ambienti domestici”*

Luigi Minach

Agenzia Provinciale di Protezione dell'Ambiente Bolzano

Rosabianca Trevisi

ISPESL - Dipartimento di Igiene del Lavoro

Flavio Trotti

Agenzia Regionale di Protezione dell'Ambiente Veneto

La competenza dell'ISPESL a trattare gli argomenti inerenti la tutela, la sicurezza e la prevenzione degli infortuni negli ambienti di vita, già stabilita dall'art. 1 del Decreto legislativo 268 del 1993 viene riaffermata dal Decreto del Presidente della Repubblica del 4 dicembre 2002, n. 303, il quale, nel configurare giuridicamente l'Istituto, stabilisce, all'art. 1, che lo stesso: "svolge funzioni di ricerca, di sperimentazione, di controllo, di formazione e di informazione per quanto concerne la prevenzione degli infortuni, la sicurezza sul lavoro e la tutela della salute negli ambienti di vita ..."

In tale ambito istituzionale, nasce l'Osservatorio Epidemiologico Nazionale sulla Salute e la Sicurezza negli Ambienti di Vita, su volontà del Ministro della Salute, con Decreto Direttoriale del 14 giugno 2002.

L'osservatorio ha finalità di ricerca e promozione, volte a migliorare la sicurezza negli ambienti di vita in termini di prevenzione degli infortuni e tutela delle malattie cosiddette "domestiche" ed ha il pregio di essere promotore della cultura della sicurezza presso le classi sociali che si dimostrano più esposte a rischio di infortunio.

L'attività di studio dell'Osservatorio è in linea con i programmi di politica e di prevenzione per la salvaguardia della vita dei cittadini negli ambienti di vita, attuati da Governi e Istituzioni, sia nazionali che internazionali. Infatti, il nuovo programma di azione comunitario nel settore della sanità pubblica 2003-2008 pone, fra gli obiettivi legati alla prevenzione di eventi evitabili, la riduzione in modo significativo della mortalità e della disabilità correlate alle condizioni di vita ed agli stili di vita. Il Piano Sanitario Nazionale 2003-2005 definisce come documento di indirizzo e di linea culturale una corretta informazione sui problemi della salute, sulle malattie e sui comportamenti.

L'Osservatorio, in un primo tempo composto da rappresentanti dell'ISPESL e del Ministero della Salute, nonché da membri designati dalla Assocasa – Federchimica e dal Movimento Italiano Casalinghe, si è successivamente ampliato con rappresentanze di altre Istituzioni, quali il CNEL, il Ministero dell'Interno – Vigili del Fuoco, l'ISTAT, le Regioni e la Società Italiana di Alcologia (SIA), allo scopo di affrontare nella maniera più esaustiva ed approfondita possibile le problematiche poste all'attenzione dell'Osservatorio stesso.

Prof. Antonio Moccaldi
Presidente dell'ISPESL

Gli infortuni in ambiente di lavoro sono da molto tempo oggetto di attenta analisi in merito all'incidenza, alla tipologia, alle cause strutturali, tecnologiche, organizzative, ed alle conseguenze per la persona, l'azienda etc.

Per quanto sia ancora necessario approfondire l'attività di studio e ricerca in merito, gli aspetti della prevenzione in ambito occupazionale sono tuttavia disciplinati da un ampio retroterra legislativo italiano e comunitario.

Non altrettanto si può affermare per quanto riguarda gli eventi infortunistici che interessano la persona nel proprio ambiente di vita, in particolare in ambito domestico.

I dati statistici disponibili evidenziano l'importanza del fenomeno in Italia, sebbene non consentano di operare stime adeguate in termini qualitativi e quantitativi.

Gli infortuni domestici rappresentano, indubbiamente, una tematica di sanità pubblica meritevole della massima attenzione, soprattutto se si considera il frequente coinvolgimento di soggetti sociali deboli, in particolare bambini e anziani.

In tale ottica, la creazione nell'ISPESL, ed in particolare nel Dipartimento di Medicina del Lavoro, dell'Osservatorio Epidemiologico Nazionale costituisce un originale punto di riferimento per tutti i progetti inerenti la salute e la sicurezza negli ambienti di vita.

Al riguardo, la collana dei Quaderni del Dipartimento di Medicina del Lavoro ben si inserisce nei compiti di prevenzione dell'ISPESL: l'esposizione degli argomenti trattati è stata volutamente sviluppata in termini semplici allo scopo di informare un vasto pubblico sui potenziali rischi derivanti dall'utilizzo degli agenti materiali e dei luoghi considerati, fornendo, nel contempo, utili elementi per il controllo e la prevenzione di tali rischi e offrendo, in alcuni casi, anche notizie sul primo soccorso.

Dott. Umberto Sacerdote
Direttore Generale dell'ISPESL

Presentazione

L gas radon costituisce oggi in Italia 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 etc. 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 assai recenti la percezione di questo importante fattore di rischio per la salute da parte del pubblico è stata generalmente molto ridotta, assai 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 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 ha presso il Dipartimento di Medicina del Lavoro dell'ISPEL la propria sede operativa. L'opera si inserisce nelle attività dell'Osservatorio, ormai da anni impegnato a diffondere nel nostro Paese un'adeguata cultura dei rischi presenti negli ambienti di vita e a stimolare iniziative di prevenzione, anche attraverso la pubblicazione di guide ed opuscoli informativi.

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 prevenzione 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 del Lavoro dell'ISPEL

Indice

Introduzione	7
1. Cosa è il radon	9
Radioattività e radiazioni	11
Origine del radon	13
2. 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
3. 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
4. Cosa fare per proteggersi dal radon (strategie di difesa e mitigazione)	26
Il risanamento del radon in edifici esistenti	27
<i>Aerare di più gli ambienti confinati interessati dal problema radon</i>	27
<i>Sigillare le vie d'ingresso</i>	27
<i>Aerare di più la cantina o il vespaio o creare una sovrappressione negli ambienti di vita</i>	27
<i>Aspirare l'aria da pavimenti con intercapedine o da apposite canaline</i>	31
<i>Aspirazione dell'aria dal sottosuolo con un pozzetto o con tubi di drenaggio</i>	33

La prevenzione dal radon in edifici di nuova costruzione	36
Edificio fondato su piattaforma in cemento (fondazione a platea)	37
Fondazione ventilata per edifici con fondazioni a strisce	38
5. Cosa si conosce delle concentrazioni di radon in Italia	40
6. Come misurare il radon	49
Perché misurare il radon	49
Per quanto tempo	49
Dove effettuare la misura	49
Come effettuare le misure	51
Quanto costa la misura	54
A chi rivolgersi per la misura	54
7. Cosa dicono le norme	55
8. A chi rivolgersi per informazioni, consigli, misure	56
9. Glossario	61

Introduzione

L 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, oltre che in ambienti di lavoro nelle abitazioni.

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 su: valutazione del rischio, mappatura della concentrazione di radon ed individuazione degli edifici a maggiore presenza di radon, identificazione 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 pos-

sono 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'Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del lavoro (ISPESL), 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 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 dal 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.

Cosa è il radon

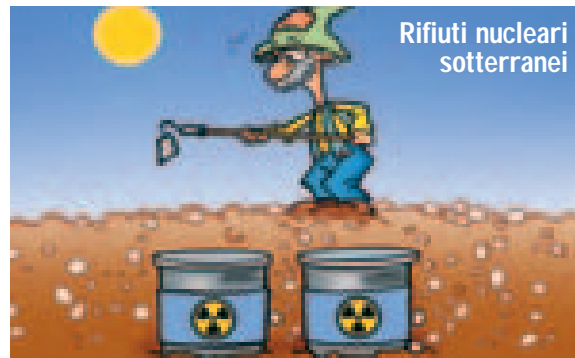
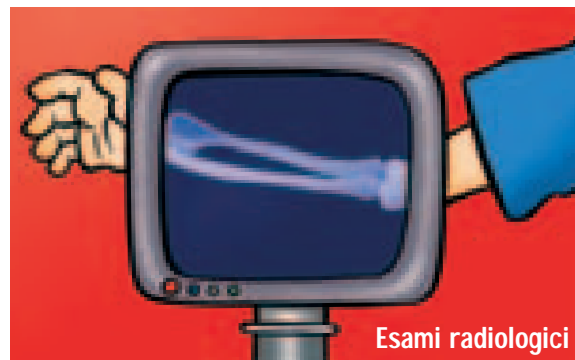
L'uomo è stato esposto da sempre a una **radioattività di origine naturale**, dovuta sia ai raggi cosmici sia alle emissioni radioattive dal suolo sia ad altre fonti (figura 1.1).

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 nuclide**, misurata in **Bequerel (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




PERICOLO
Radiazioni
alfa (α)




PERICOLO
Radiazioni
beta (β)




PERICOLO
Radiazioni
gamma (γ)

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).

Tra gli 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.

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

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) 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.

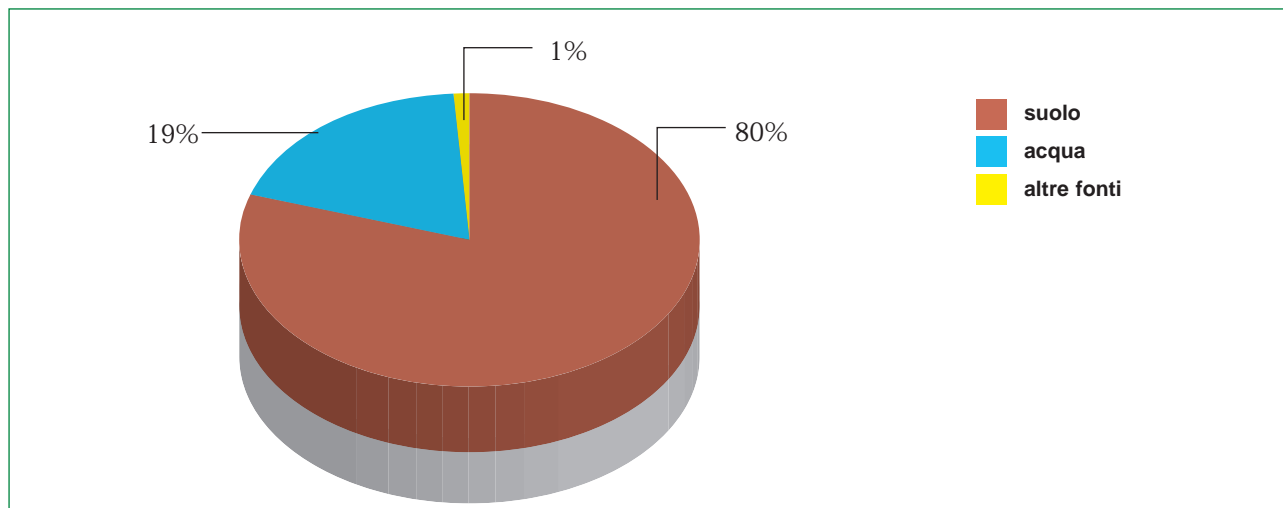


Figura 1.4. Origine del radon

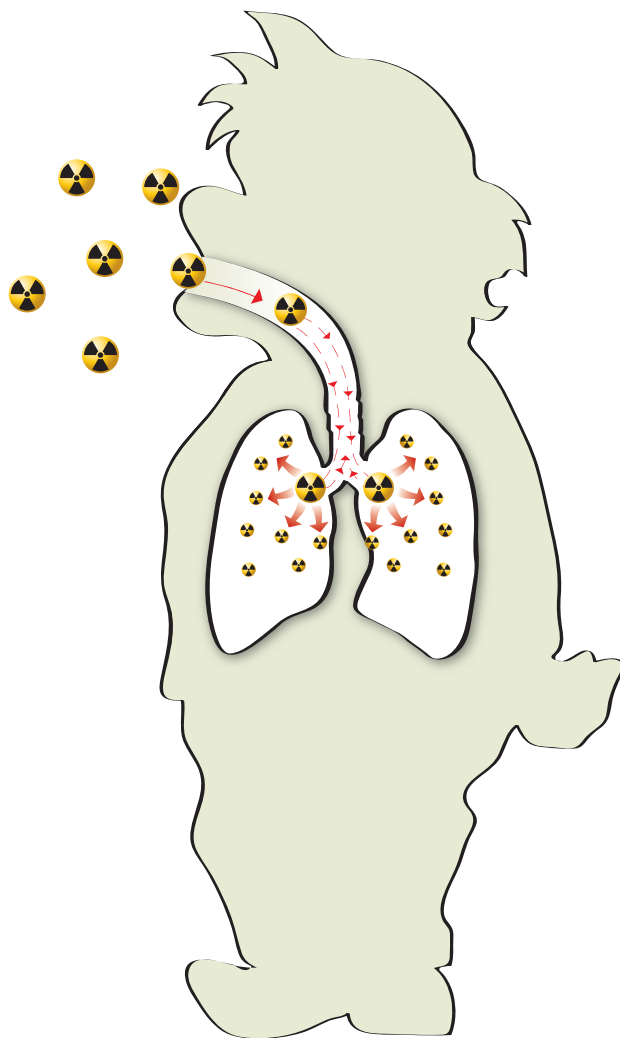


Figura 1.5. Una volta inalato il radon, a seguito del processo di decadimento radioattivo, produce elementi detti "figli", anch'essi radioattivi, di natura non gasosa. I "figli" del radon possono pertanto depositarsi sulla superficie delle vie respiratorie e, decadendo a loro volta, irradiarle. In alternativa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

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 formatisi vengono veicolati all'interno del corpo umano grazie a particelle di fumo, vapore acqueo, polveri** etc.

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 alfa) **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 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

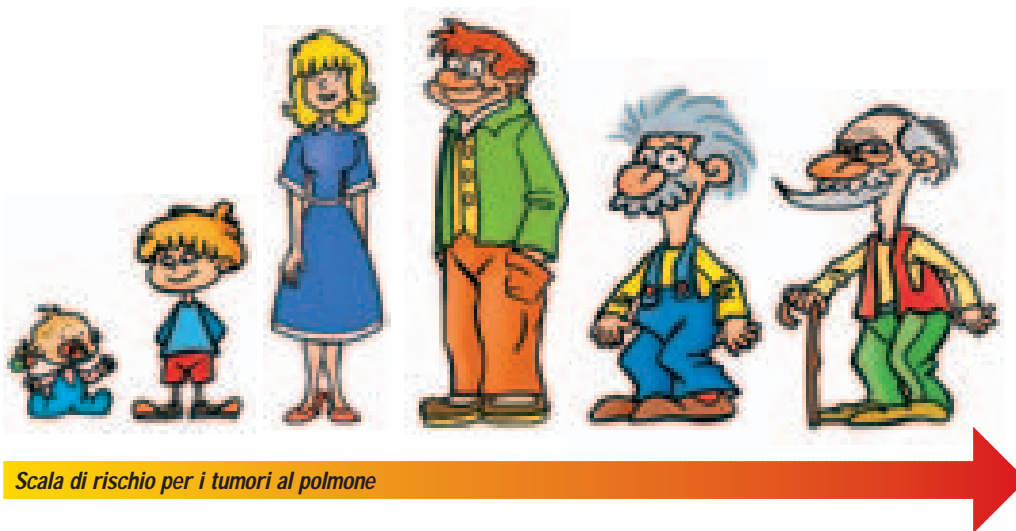
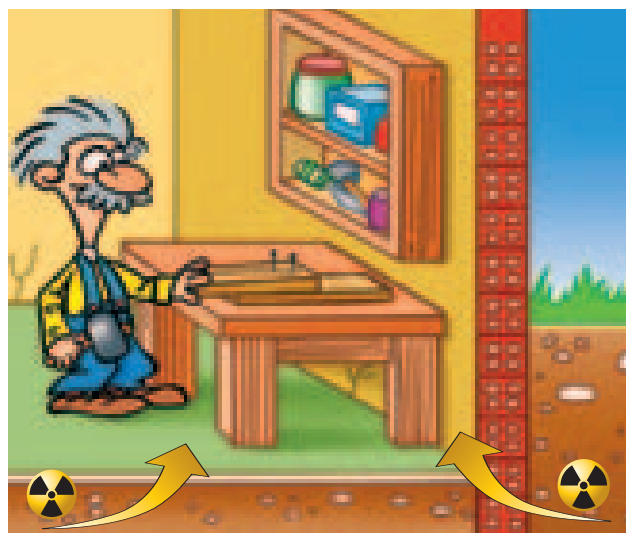
Gli effetti dell'esposizione al radon sono stati evidenziati prima di tutto tra i **minatori** di miniere sotterranee di ura-



nio, 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;



- 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;

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.

- 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 1.000 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.

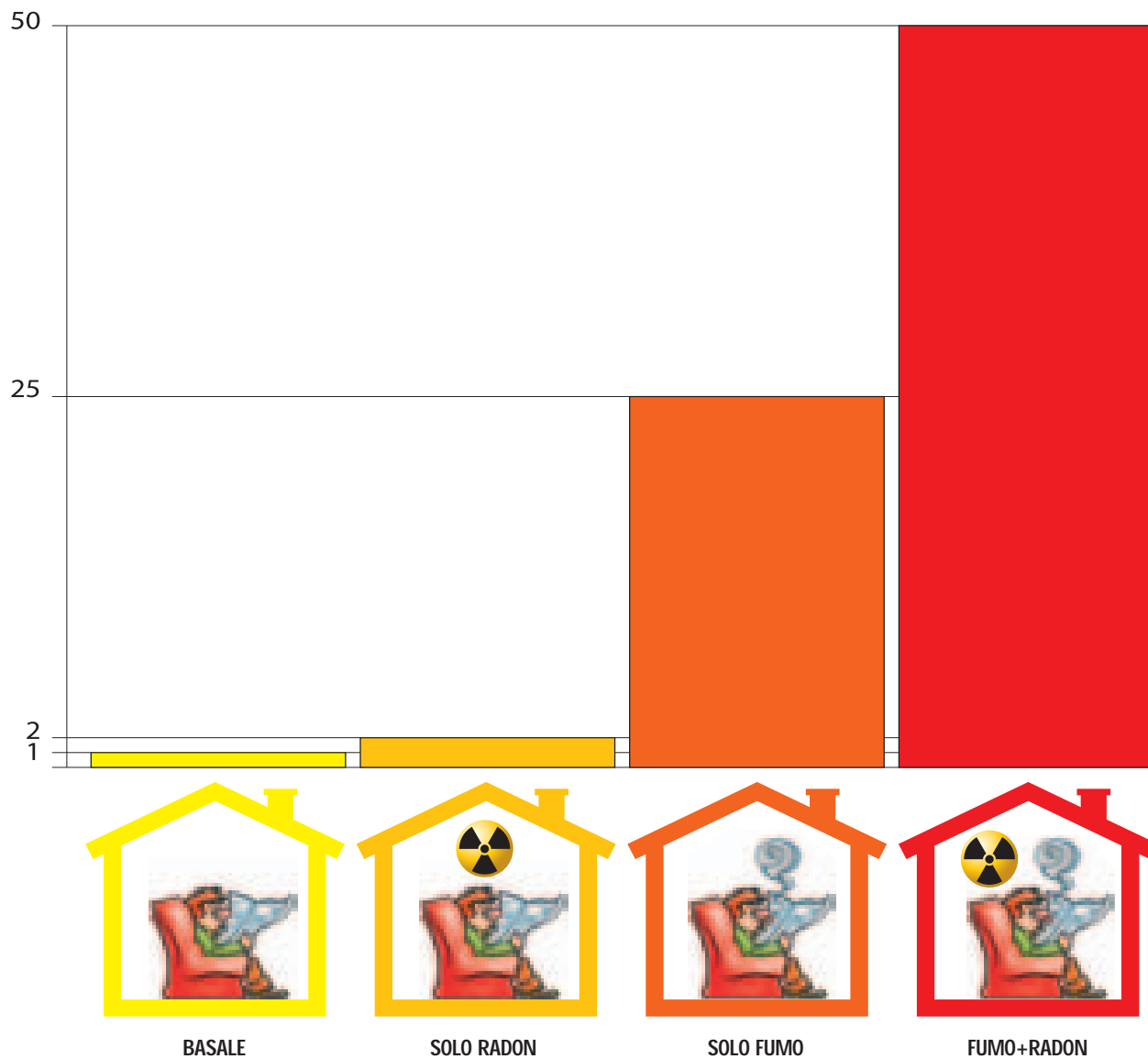


Figura 2.2. Rischio di cancro al polmone in riferimento al fumo e al radon e a confronto con quello basale.

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, 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, etc.).

Un fumatore esposto ad una concentrazione di 600 Bq/m^3 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/m^3 . 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/m^3 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 (1 pacchetto al giorno)	Rischio per fumatori
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.

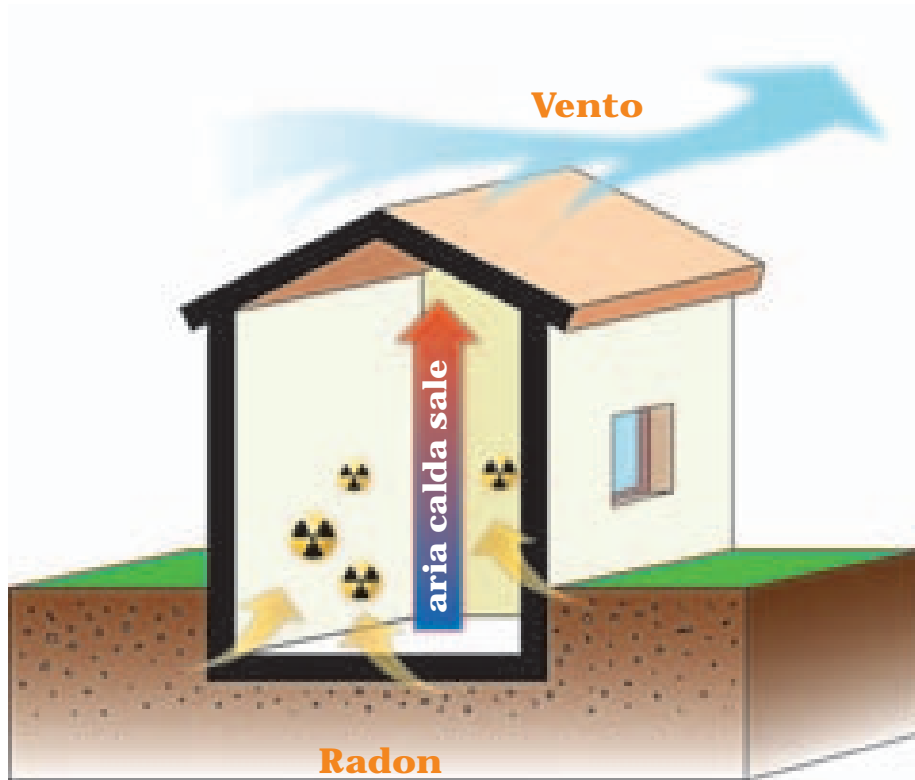


Figura 3.2. Meccanismi che possono favorire l'ingresso del radon in una abitazione.

Più pronunciata è questa differenza, maggiore sarà la depressione all'interno 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'in-

terno e l'esterno è maggiore. Per lo stesso motivo **d'inverno le concentrazioni 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).

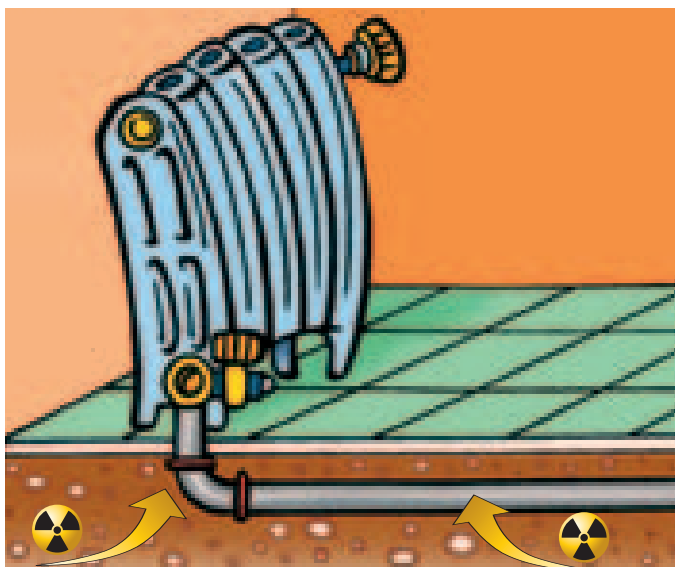
Nel caso dei pendii i fenomeni in gioco sono particolarmente complessi: in dipendenza della stagione e/o dell'insolazione possono formarsi moti convettivi nel terreno che trasportano il radon nelle case site sul pendio o alla base di questo; di conseguenza questi edifici risultano essere spesso particolarmente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





In relazione a specifiche soluzioni tecniche e impiantistiche

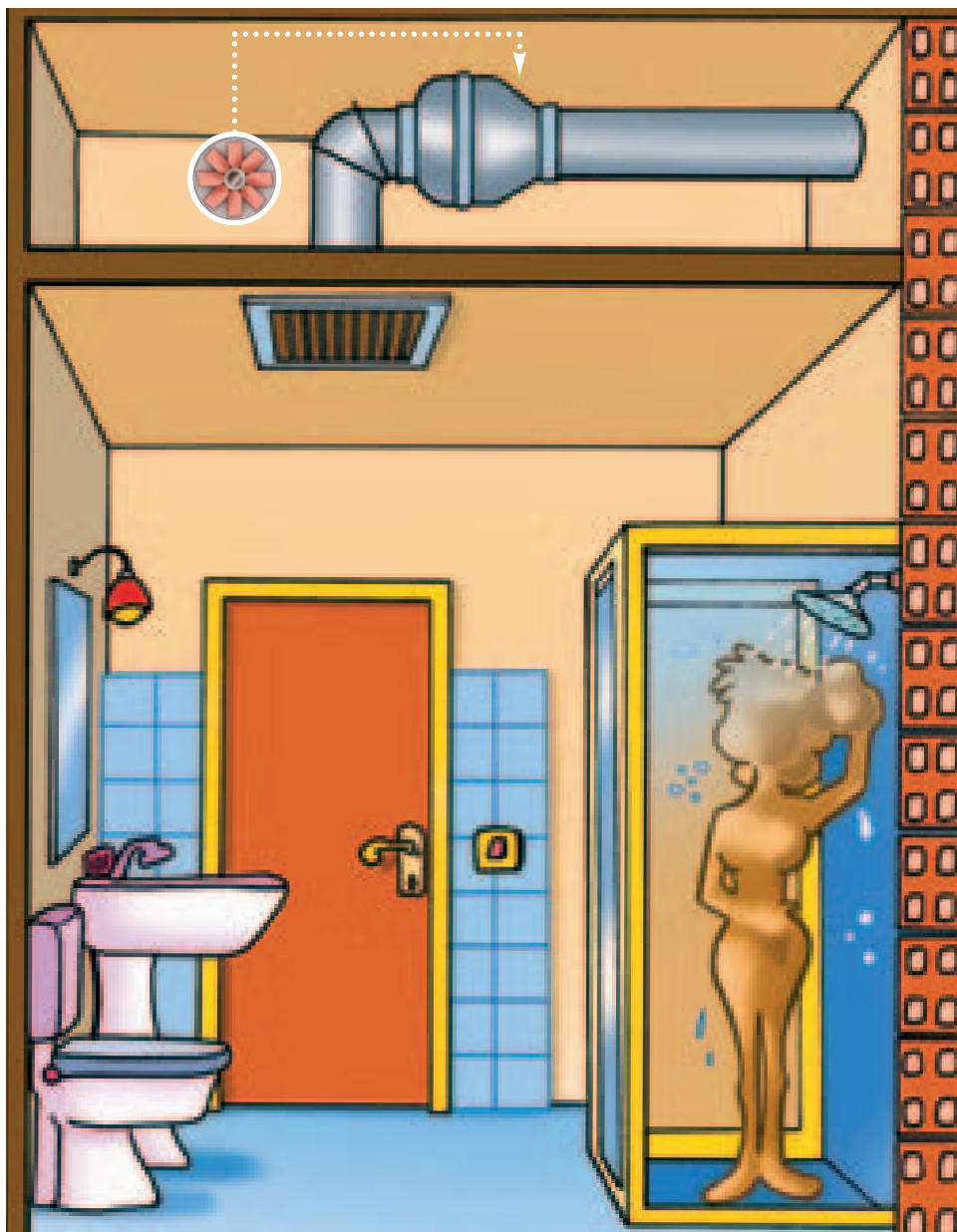
- Il sistema di ventilazione preleva aria fredda da cantine, grotte o crepe nel terreno;
- l'impianto di ventilazione dell'edificio lavora in depressione;
- l'impianto di ventilazione **aspira l'aria esterna attraverso tubi interrati** (preriscaldamento dell'aria) e le giunzioni dei tubi non sono a tenuta 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, sia in relazione 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, etc.) 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.

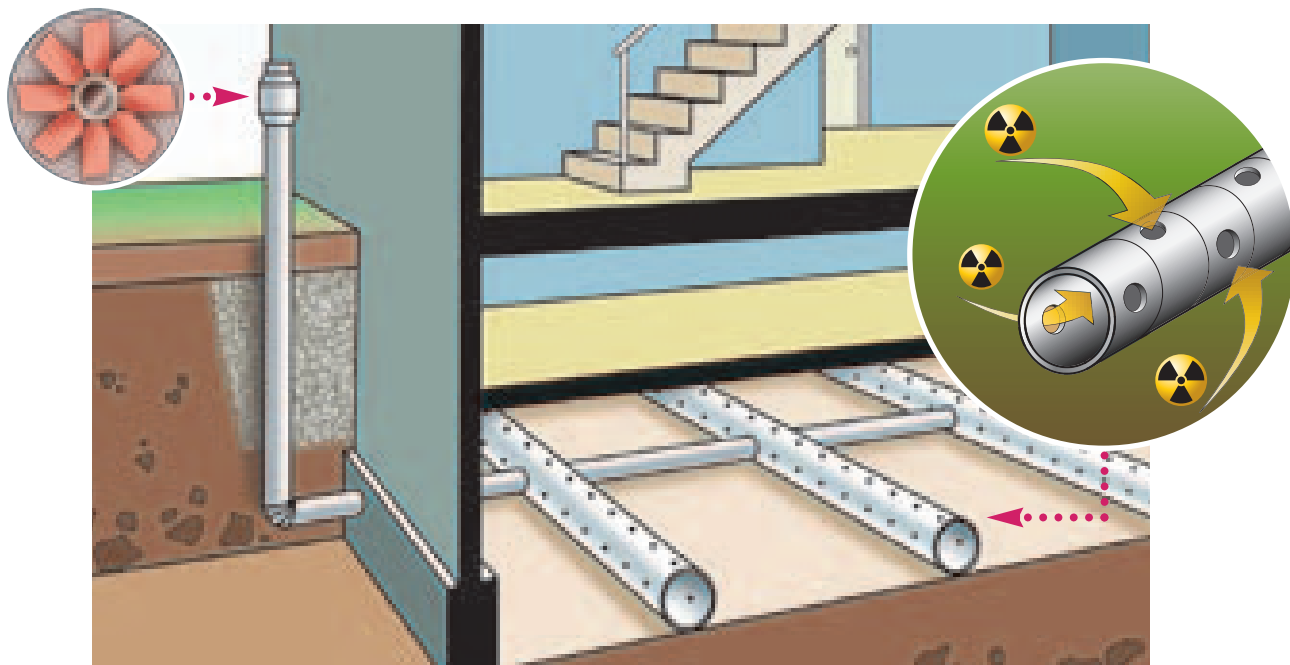


Lo scopo è quello di **abbinare i concetti di risparmio energetico e di prevenzione dal radon** in modo da pianificare per l'edificio in oggetto soluzioni che soddisfino entrambi i requisiti. Gli esempi riportati mostrano che già a livello di progettazione si possono fare molte scelte che possono incrementare 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 **1000 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 **1000 Bq/m³**), i risultati della sigillatura sono spesso incerti e da soli insufficienti a risolvere il problema. Le tecniche di isolamento devono essere abbinare 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.

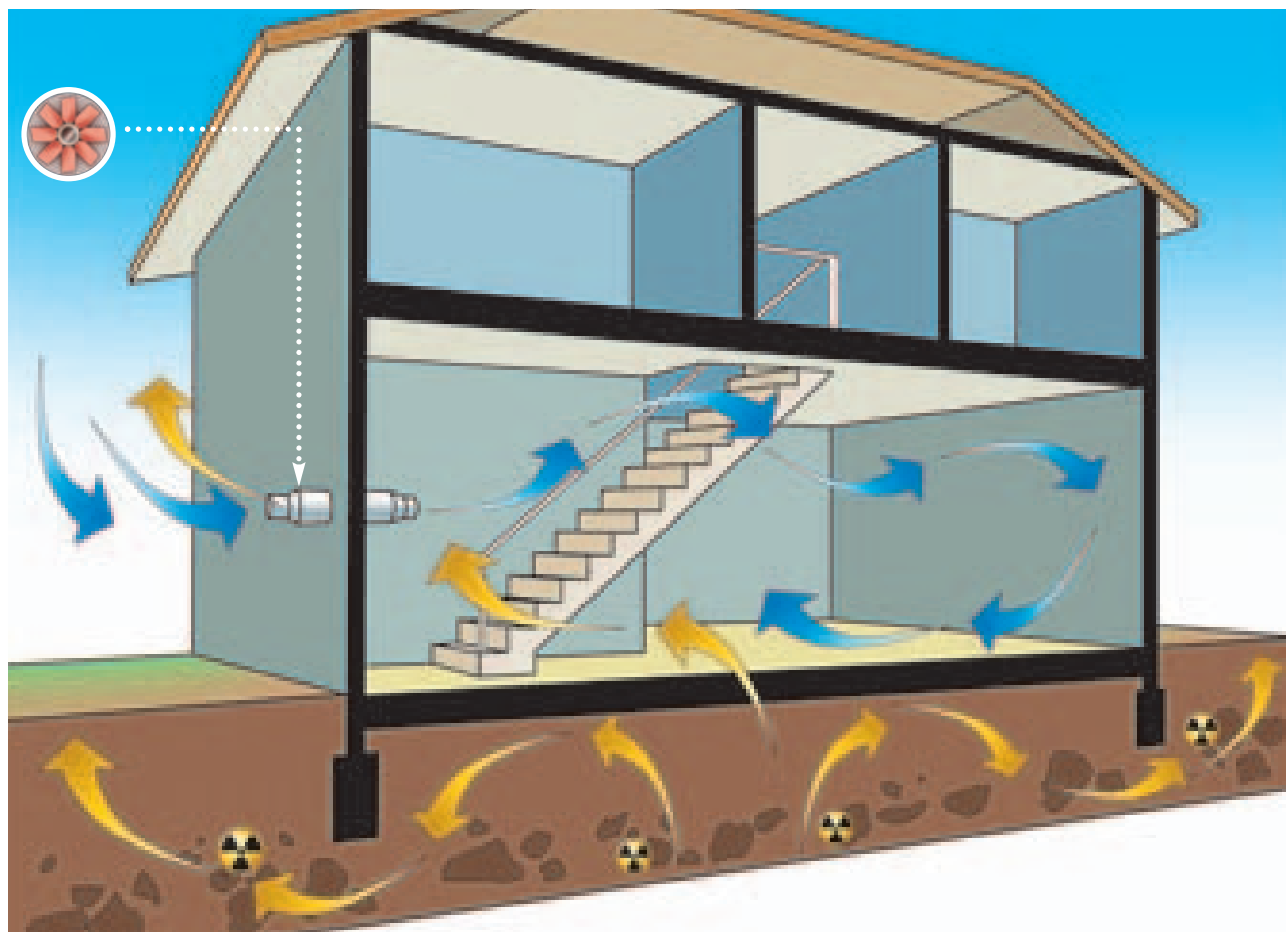


Figura 4.1a. Abbattimento attivo del radon in un'abitazione. Il ventilatore si limita a favorire il ricambio d'aria.



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.

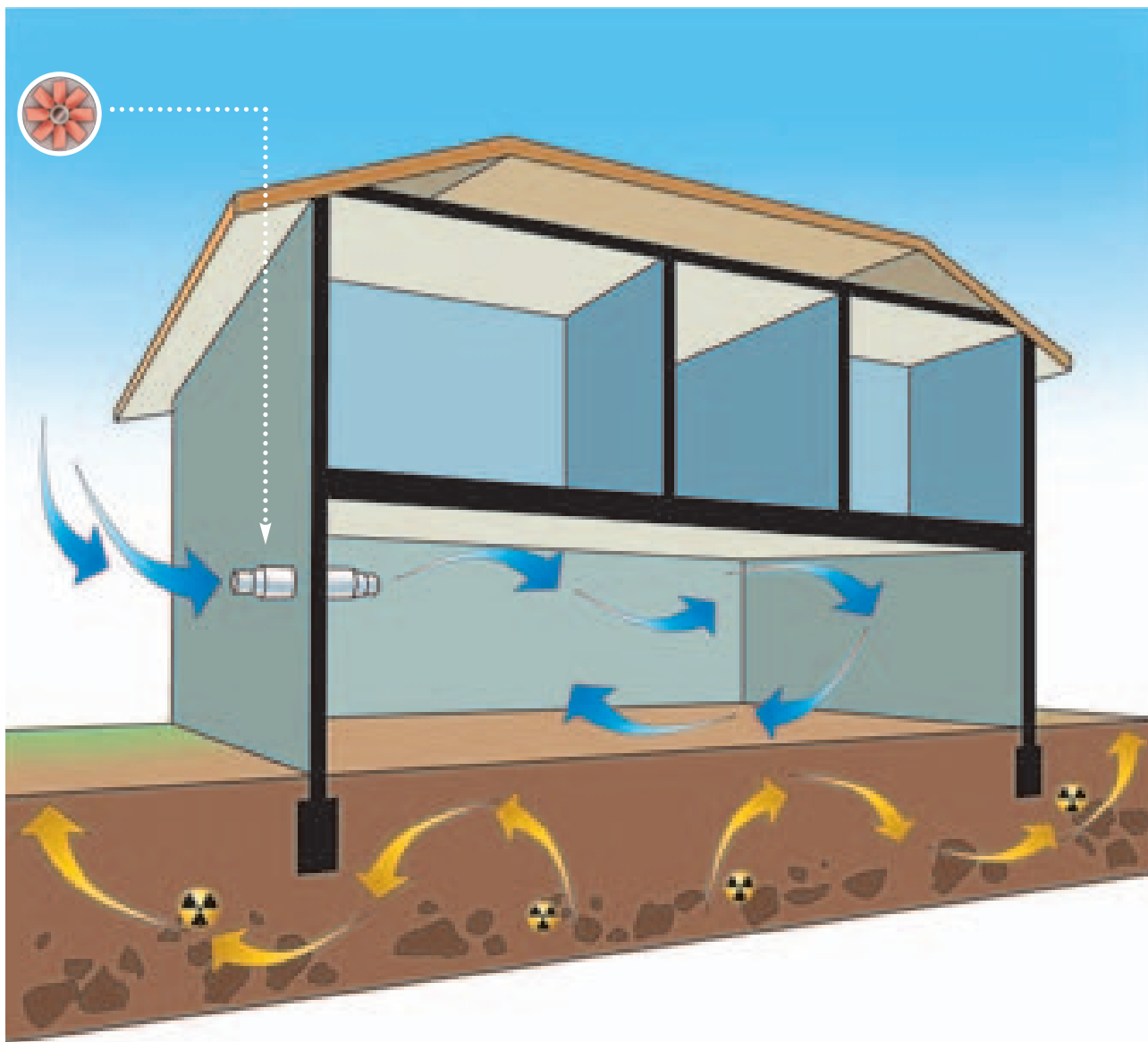


Figura 4.1c. Abbattimento attivo del radon in un'abitazione. Il ventilatore instaura nel locale una sovrappressione che si oppone all'ingresso dell'aria ricca di radon.

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.

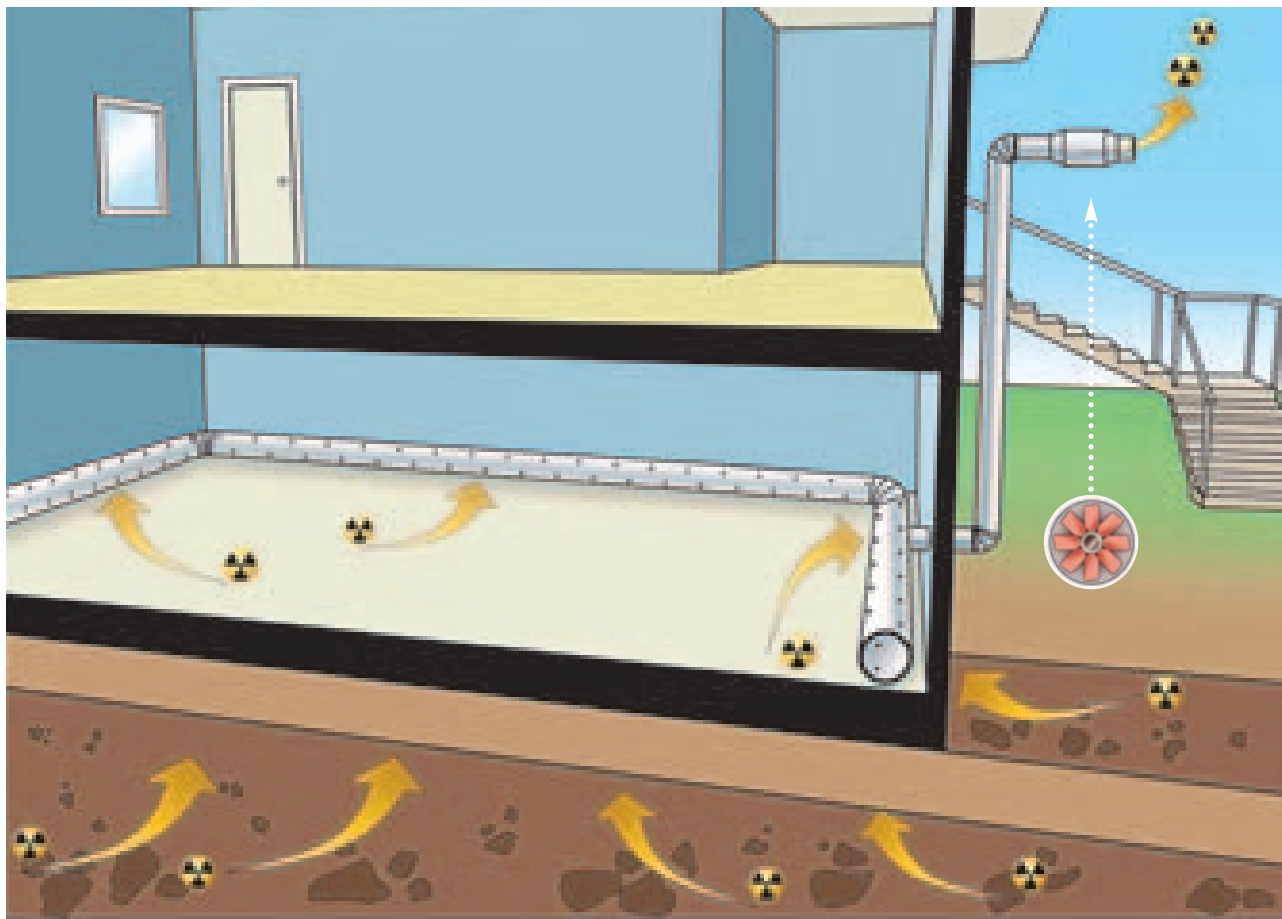


Figura 4.2a. Aspirazione dell'aria ricca di radon da intercapedine.



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 dal sottosuolo 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.

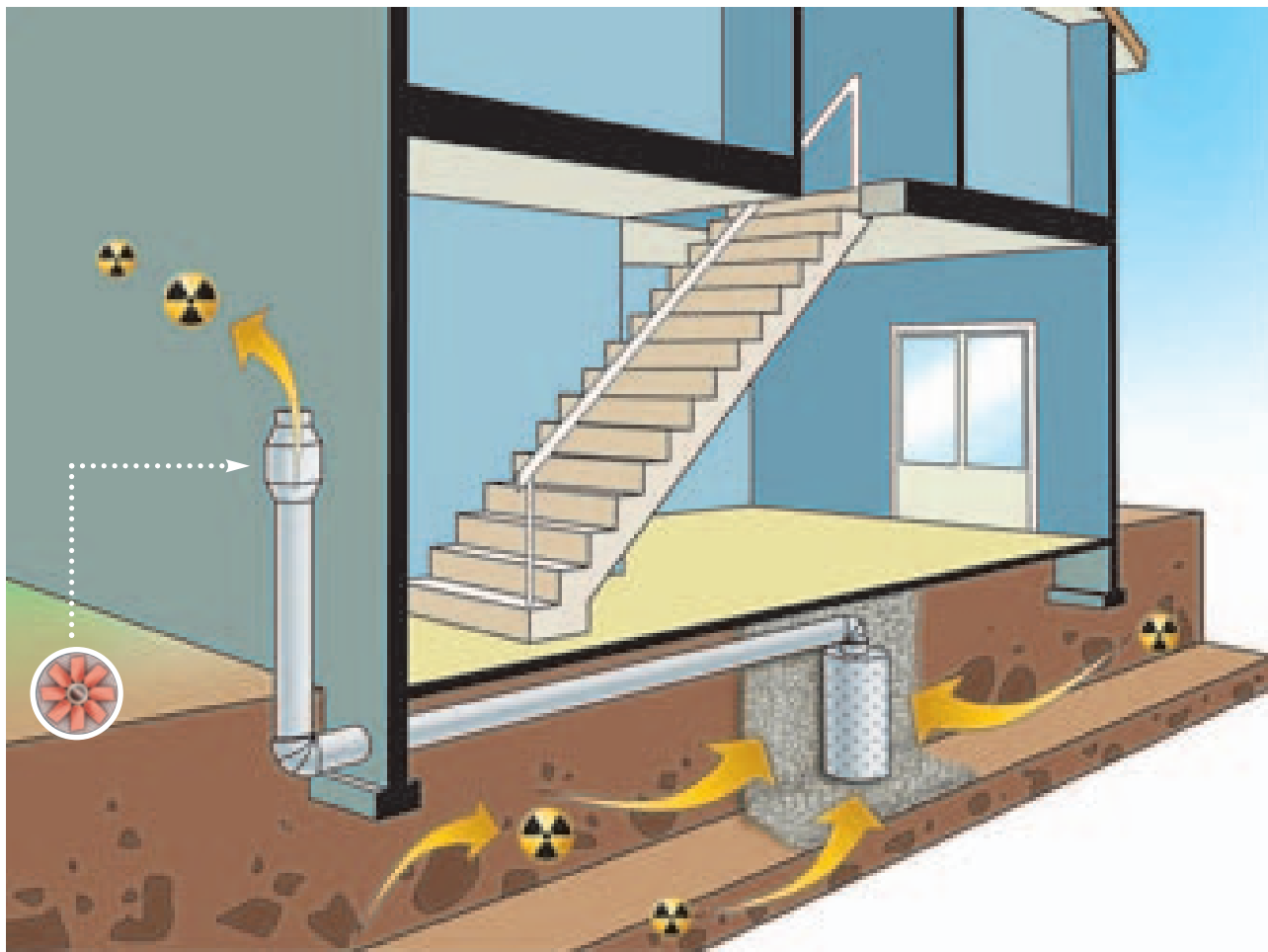


Figura 4.3a. Aspirazione e successiva espulsione dell'aria ricca di radon dopo raccolta tramite pozzetto interrato realizzato centralmente.

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**.

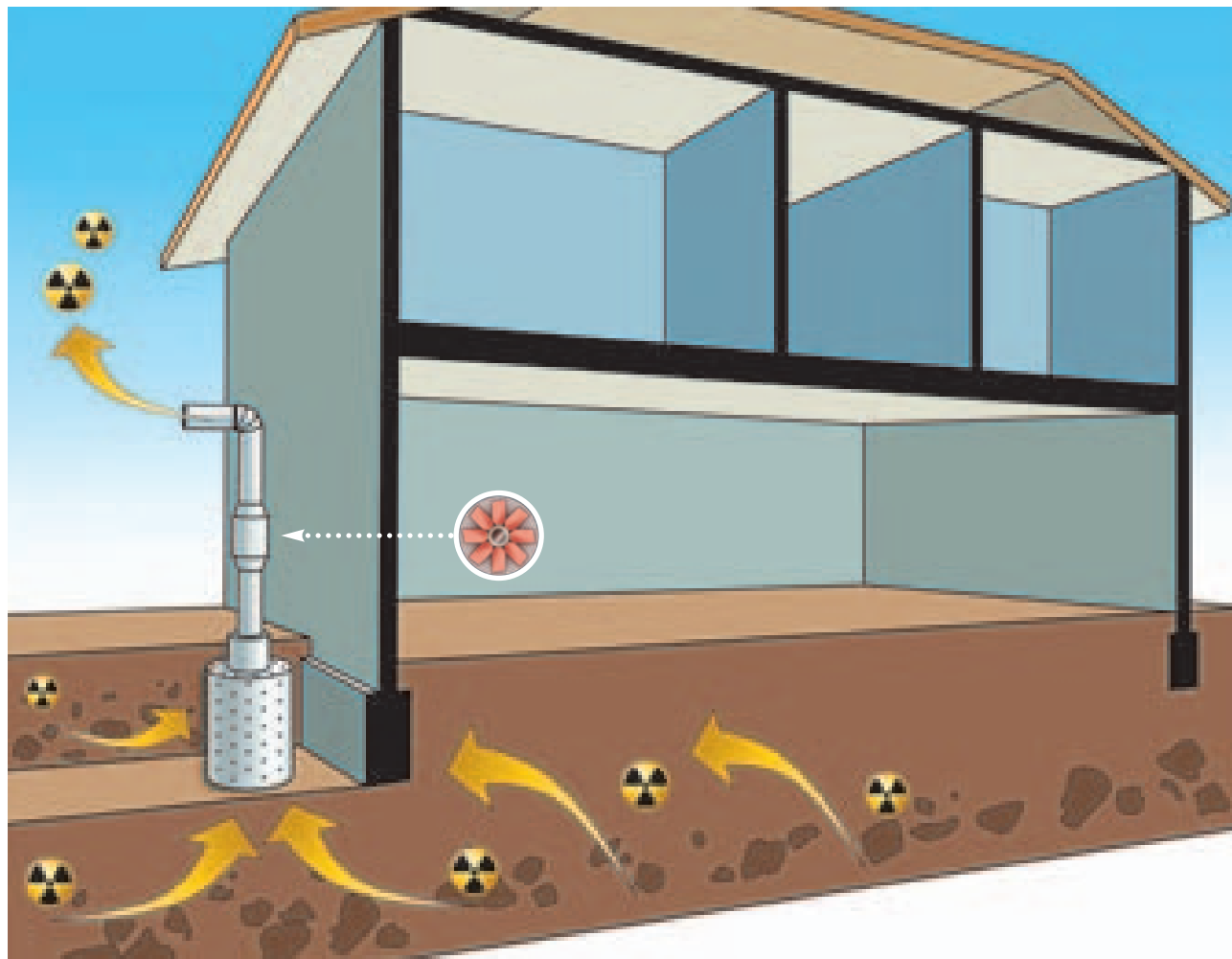


Figura 4.3b. Aspirazione e successiva espulsione dell'aria ricca di radon dopo raccolta tramite pozzetto interrato realizzato in prossimità dell'abitazione

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 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.

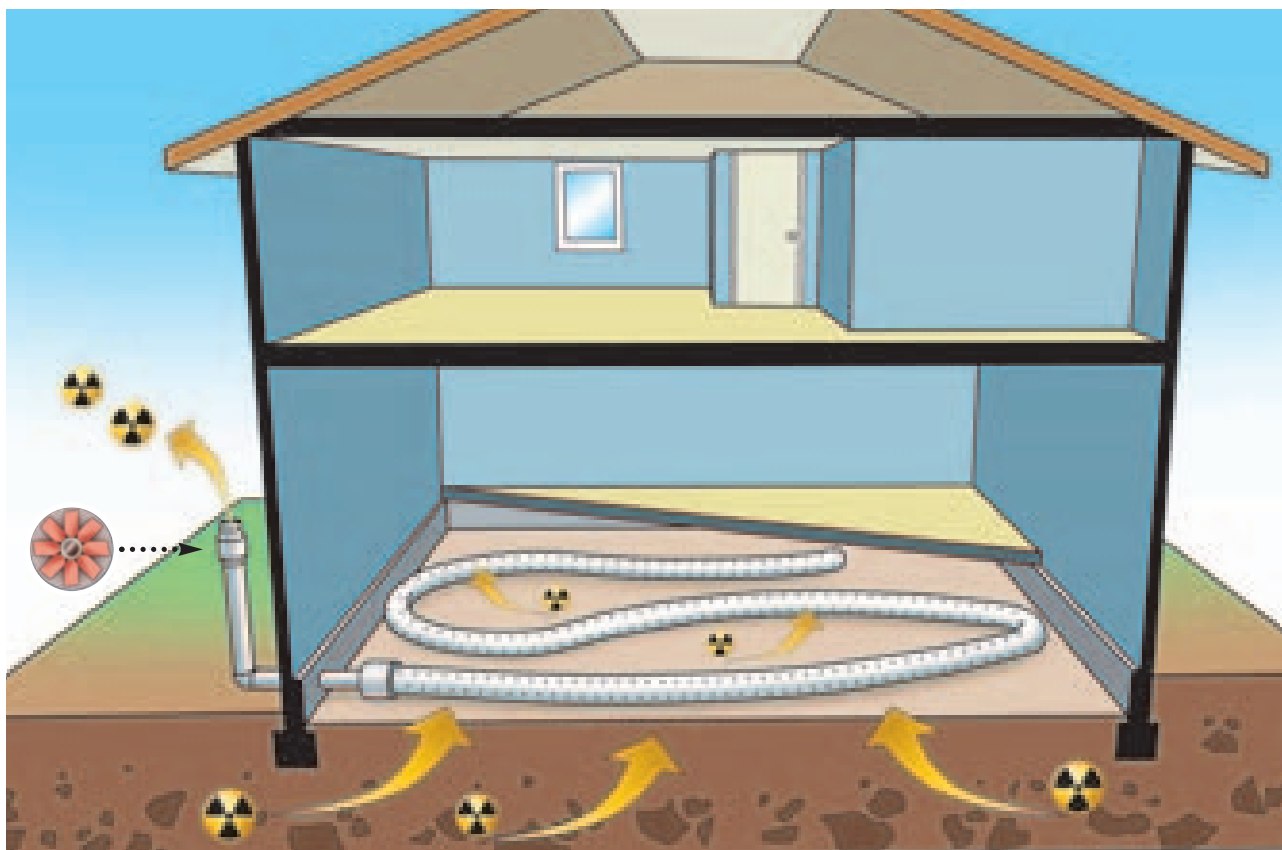


Figura 4.3c. Aspirazione e successiva espulsione dell'aria ricca di radon dopo raccolta tramite pozzetto interrato realizzato mediante sistema di tubi di drenaggio

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) etc. 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 è consigliata la costruzione dell'edificio su **fondazioni a piattaforma** (a **platea**) o, nel caso di edifici con **fondazioni a striscie**, la ventilazione delle stesse.



Edificio fondato su piattaforma in cemento (fondazione a platea)

Attualmente un “fondamento a platea” in cemento speciale (protetto 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 etc. vanno realizzate lateralmente e trattate 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.

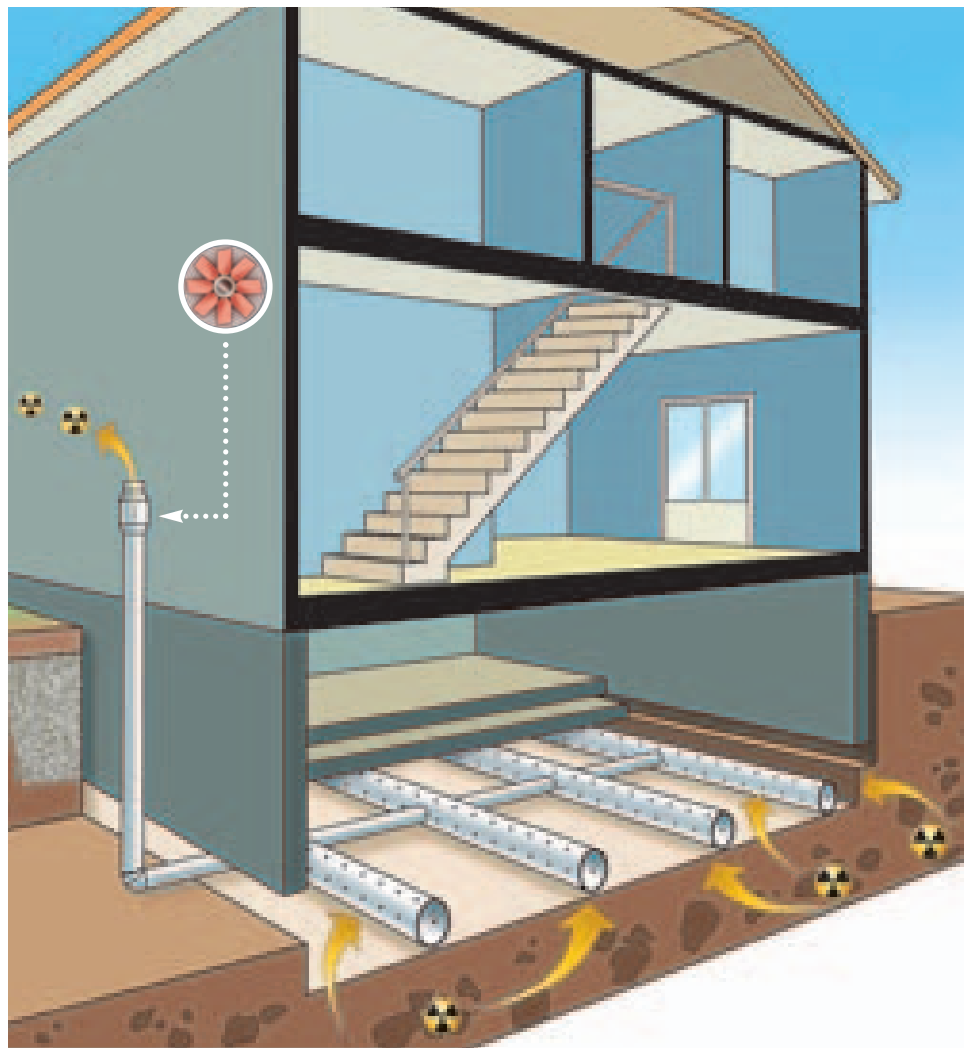


Figura 4.4. Casa con fondazione a platea impermeabilizzata all'ingresso del radon. Nell'esempio riportato all'impermeabilizzazione è stato abbinato un sistema di drenaggio (collettori posti sotto lo strato di ghiaia ventilato).

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.

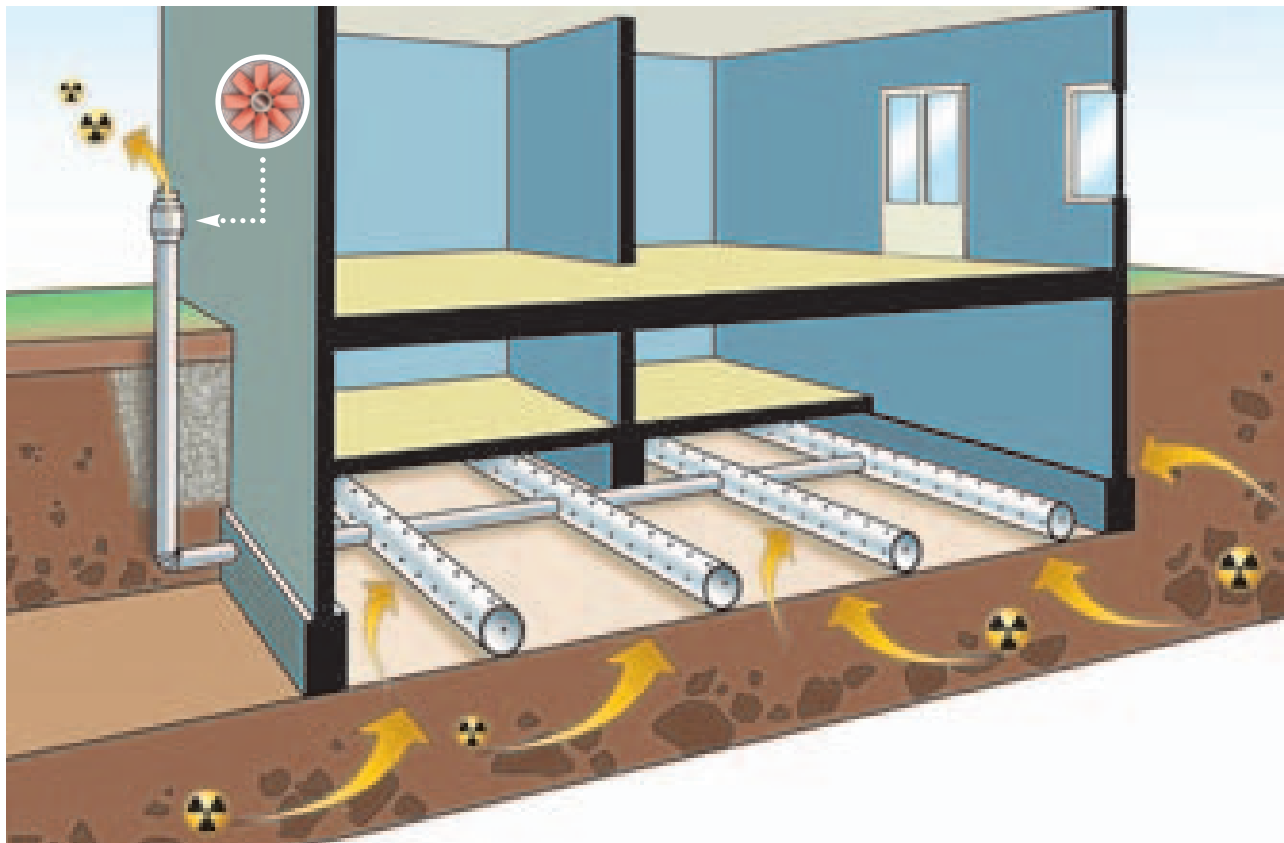


Figura 4.5. Sistema di drenaggio realizzato sotto un'abitazione con fondazioni a strisce.

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 m ²	Piano	Massima concentrazione di radon misurata prima e dopo l'intervento (valori in Bq/m ²)	
			PRIMA	DOPO
Pozzetto Radon	casa priv. 150	-1	120.000 (cantina)	1500
	casa priv. 100-150	0	10.000	600
	asilo 300	0	2.500	400
	casa priv. 100-150	0	14000	300
	casa priv. 100	0	700	700
	casa priv. 100-150	0	8.000	1100
	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	2000
	casa priv. 100	0	1.500	< 200
	casa priv. 100	0	2.500	2500
	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	2000	70
	casa priv. 100	-1	1800	180
Sovrappressione in casa	casa priv. 100	-1	3000	600
	casa priv. 100	0	2000	1200
	aula asilo 60	0	800	450
	sala giochi 50	-1	3000	200
	aula tecnica 80	-1	1100	280
	sala riunioni 50	-1	2500	400
Aspirazione da intercapedine	stanza casa priv. 20	-1	4500	290
	scuola 300	0	5000	100

Cosa si conosce delle concentrazioni di radon in Italia

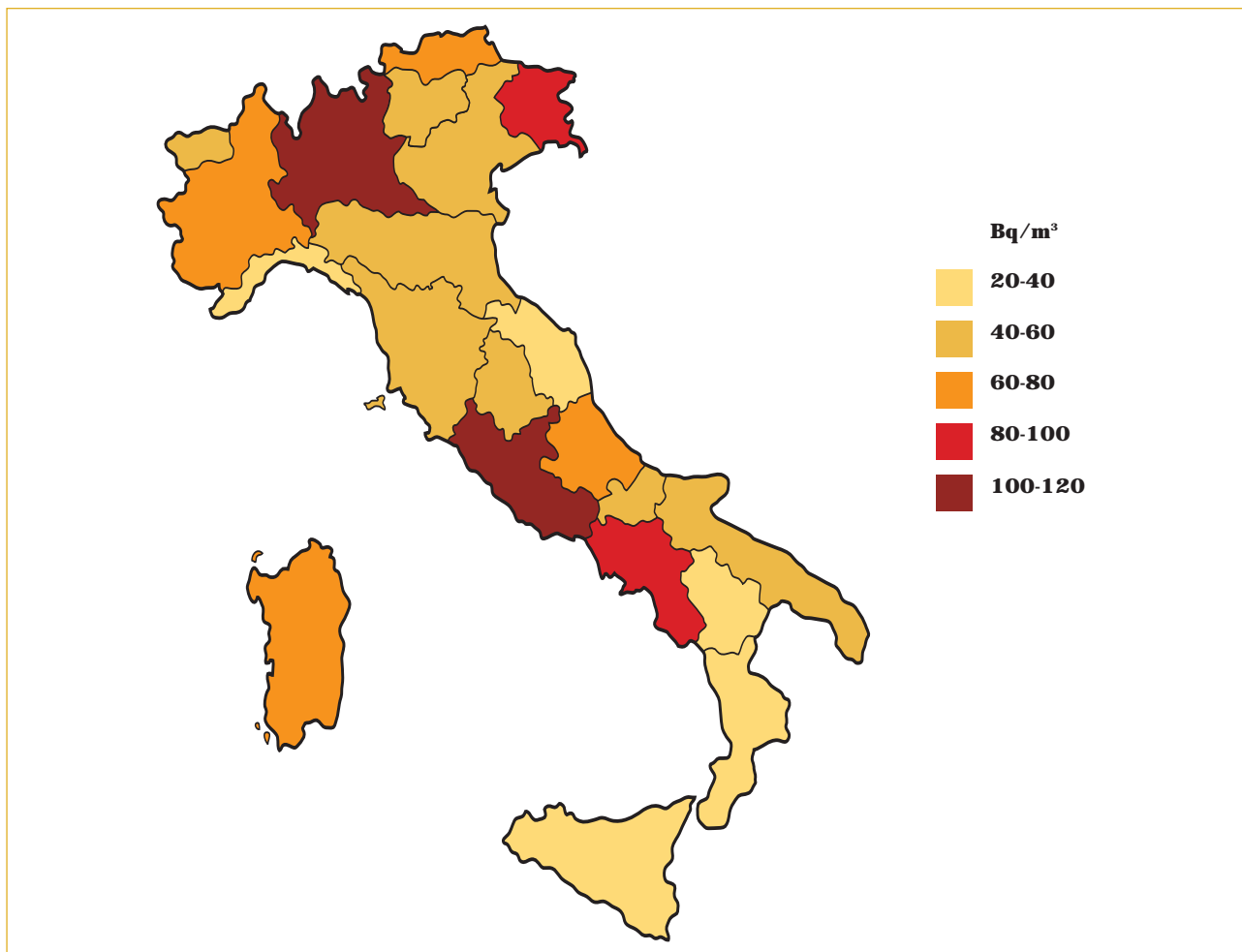


Figura 5.1. Livelli medi di concentrazione del radon indoor in Italia per regione.

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.

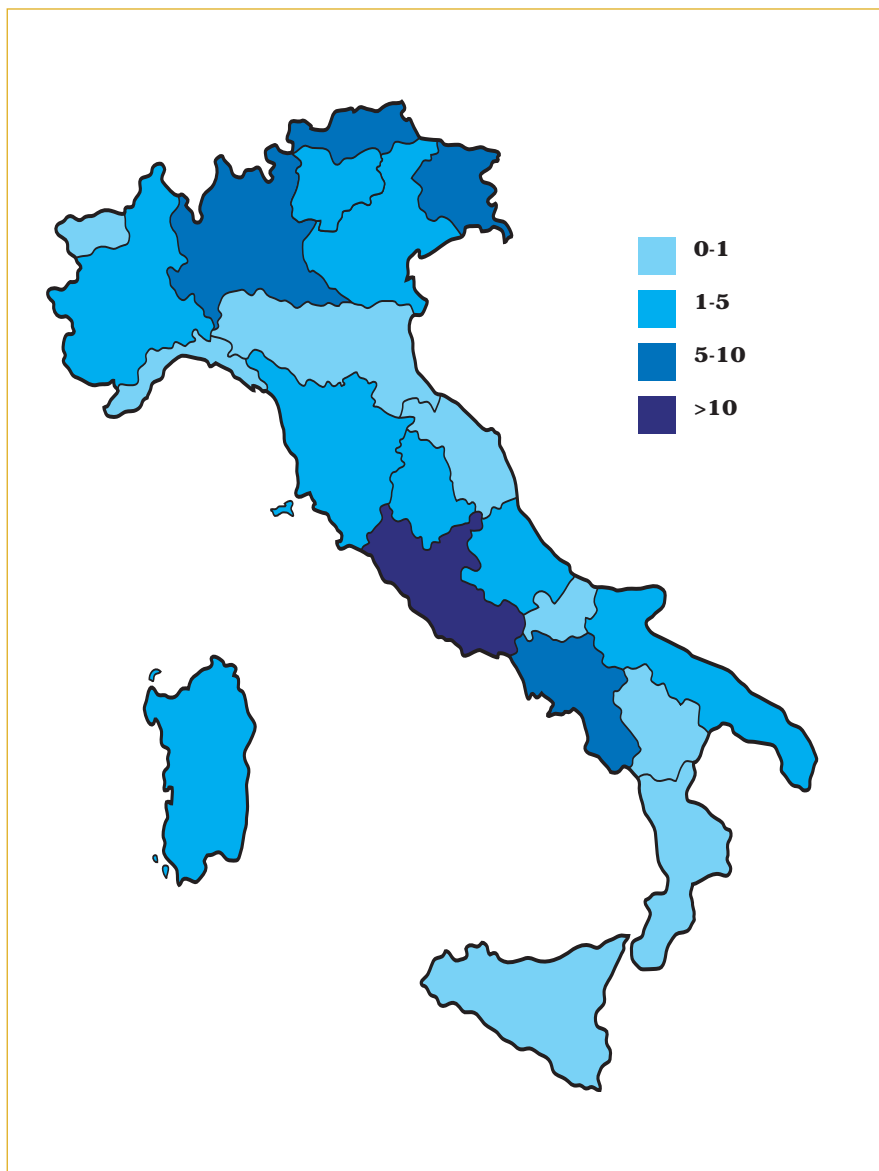


Figura 5.2. % di abitazioni con concentrazione di radon > 200 Bq/m³ (considerati quattro intervalli: da meno dell'1% a più del 10%).

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 230/95, modificato da Decreto legislativo 241/00, 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.

Come è desumibile da quanto di seguito riportato, la situazione delle attività in corso in Italia nelle varie Regioni è fortemente disomogenea, a macchia di leopardo. In attesa della definizione a livello nazionale dei criteri per la mappatura territoriale del radon le azioni di caratterizzazione delle varie regioni sono basate su una suddivisione del territorio in maglie geometriche regolari, sulla ripartizione comunale, sulle caratteristiche geologiche dei terreni, ovvero su una combinazione di questi approcci.

Le iniziative intraprese sono tra loro eterogenee e alcune Regioni non si sono ancora attivate in merito al problema radon.

In **Valle d'Aosta** l'ARPA ha in corso una campagna sistematica di misura dei livelli di concentrazione di radon nelle abitazioni. In tutti i comuni della regione vengono fatte misure su un numero di abitazioni pari al numero degli abitanti diviso 100, con un limite inferiore di 10 abitazioni per comune. Vengono inoltre misurate tutte le scuole di ogni ordine e grado. Il numero totale di edifici oggetto di misura è di 1300.

I dati, georeferenziati e ordinati in un database appositamente sviluppato, vengono elaborati statisticamente per maglie quadrate di 2 km di lato, valutando la correlazione con la natura geologica del territorio e con le concentrazioni di radon contemporaneamente rilevate nelle acque di sorgente, al fine di pervenire ad una mappa regionale del radon sul territorio.

In **Piemonte** le attività di monitoraggio e controllo del radon sul territorio regionale sono svolte dal Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e non Ionizzanti dell'ARPA Piemonte, con sede a Ivrea (TO).

Uno specifico progetto, finanziato dalla Regione, è rivolto alla mappatura delle eventuali aree a rischio presenti nel territorio regionale, al fine di proporre una prima suddivisione della regione in aree a diverso rischio radon.

Particolare attenzione viene posta all'organizzazione e all'armonizzazione dei dati sperimentali raccolti, al fine di costituire un'unica banca dati sul radon in Piemonte.

ARPA Piemonte svolge anche significativa attività di misura su richiesta di organi istituzionali e di privati. Al cittadino viene fornito su richiesta un opuscolo sul rischio radon.

La Regione **Lombardia** (ARPA Lombardia in collaborazione con la Direzione Generale Sanità) ha svolto nel corso

del 2004 una campagna di misura del gas radon indoor in tutto il suo territorio, per individuare le aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon, come previsto dal D.Lgs. 241/00.

Per la pianificazione del monitoraggio, il territorio della Lombardia è stato distinto in due diverse tipologie in relazione alla morfologia e alla presenza o meno di substrato roccioso: l'area di collina-montagna è stata indagata con maggior dettaglio rispetto all'area di pianura, poiché le caratteristiche morfologiche e geologiche possono far presumere l'esistenza di una maggiore variabilità nella distribuzione geografica delle concentrazioni di radon.

La base scelta per la suddivisione è la maglia regolare del reticolo della cartografia tecnica regionale (8 km x 5 km).

I circa 4000 punti di rilevazione individuati si trovano all'interno di edifici, in locali posti al pian terreno ed aventi caratteristiche tali da garantire la rappresentatività e la confrontabilità delle misure. Sono inoltre state tenute in considerazione le valutazioni eseguite in precedenti campagne di misura e in siti che fossero rispondenti alle caratteristiche definite.

I primi risultati delle misure effettuate confermano lo stretto legame tra la presenza di radon e le caratteristiche geologiche del territorio, mostrando valori più elevati di concentrazione di radon indoor nelle province di Bergamo, Brescia, Lecco, Sondrio e Varese.

Di fatto, nel 84.6% dei locali indagati (tutti posti al piano terra) nell'intera regione i valori sono risultati essere inferiori a 200 Bq/m³, mentre nel 4.3% dei casi sono superiori a 400 Bq/m³, con punte superiori a 800 Bq/m³ (0.6% dei punti di misura).

Sono attualmente in corso le elaborazioni statistiche per la definizione delle aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon. Nel contempo si stanno predisponendo valutazioni epidemiologiche ed iniziative regionali per la prevenzione della esposizione a radon indoor, tra le quali sono degne di nota la predisposizione di materiale informativo per la popolazione e di linee guida per la costruzione di nuovi edifici e per il risanamento di quelli esistenti.

In **Veneto** le attività in tema di radon fanno riferimento ad una specifica Delibera di Giunta Regionale (DGRV n. 79 del 18/01/2002 "Attuazione della raccomandazione europea n. 143/90: interventi di prevenzione da gas radon in ambienti di vita").

Si è proceduto ad un campionamento sistematico di abitazioni sovrapponendo al territorio regionale un reticolo a maglie rettangolari di 6,5 x 5,5 km² ciascuna (corrispondenti alle sezioni della Carta Tecnica Regionale 1:10.000), per un totale di 330 maglie coinvolte. Sono state previste mediamente misure in almeno 5 abitazioni per ogni maglia. I dati rilevati, opportunamente elaborati dal punto di vista statistico, hanno permesso di costruire mappe di probabilità di concentrazione di radon estese a tutta la regione. Nella figura 5.3 è riportata la mappa della percentuale di abitazioni con livelli superiori a 200 Bq/m³.

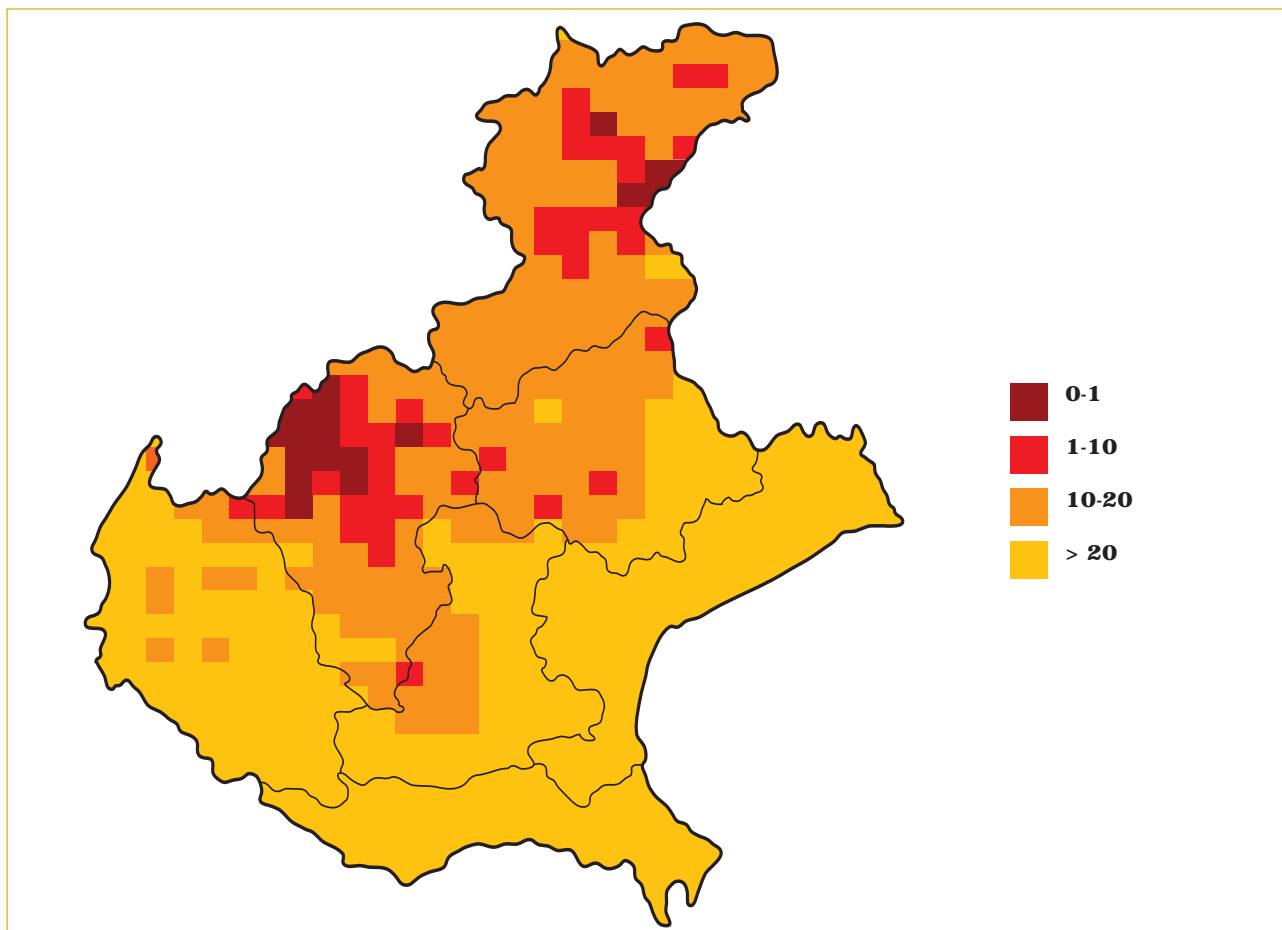


Figura 5.3. Veneto: suddivisione del territorio in maglie con la stima della frazione di abitazioni (%) con livelli di radon eccedenti 200 Bq/m³ (considerati quattro intervalli: da meno dell'1% a più del 20%).

Come si vede, aree con valori più elevati di radon si trovano nel nord della regione, e in alcune zone della provincia di Vicenza, per effetto delle caratteristiche geologiche e strutturali del territorio.

È stato scelto di adottare un livello di riferimento di 200 Bq/m³ per tutte le abitazioni, sia da costruire che già esistenti. Al di sopra di 200 Bq/m³ si raccomanda ai cittadini di adottare azioni di rimedio. Le aree ad alto potenziale di radon sono definite come quelle in cui, statisticamente, almeno il 10% delle abitazioni superano il livello di riferimento di 200 Bq/m³.

Nella **Provincia Autonoma di Trento** è in atto una campagna di misura sistematica dei livelli di concentrazione di radon negli edifici, che comprende 1500 misure in abitazione e 1000 in edifici pubblici. Tutte le misure sono georeferenziate, al fine di predisporre una mappa provinciale del radon.

La **Provincia Autonoma di Bolzano** è attiva da anni sul problema radon. A partire dai primi anni '90 sono state pianificate campagne annuali di misura di radon indoor su base comunale, in modo da ottenere una mappa completa della provincia. Per potere gestire efficientemente la grande quantità di dati in gioco è stata realizzata una banca dati, con la georeferenziazione di tutte le informazioni, in modo da potere collocare ogni singolo punto di misura sul territorio con un'incertezza di pochi metri. Si sono effettuate almeno 20 misure in ogni comune, aumentando il numero per i comuni più grandi, così da ottenere una classificazione sufficientemente affidabile. In circa dieci anni sono state esaminate 3265 case in tutto l'Alto Adige.

Nella figura 5.4 sono riportate le medie di concentrazione di radon in tutti i comuni della Provincia. Essi sono classificati provvisoriamente in comuni a "basso rischio radon" (<200 Bq/m³), "leggero rischio radon" (200-300 Bq/m³), "medio rischio radon" (300-400 Bq/m³) e "più elevato rischio radon" (> 400 Bq/m³), in attesa dell'emanazione di criteri unitari di valutazione a livello nazionale.

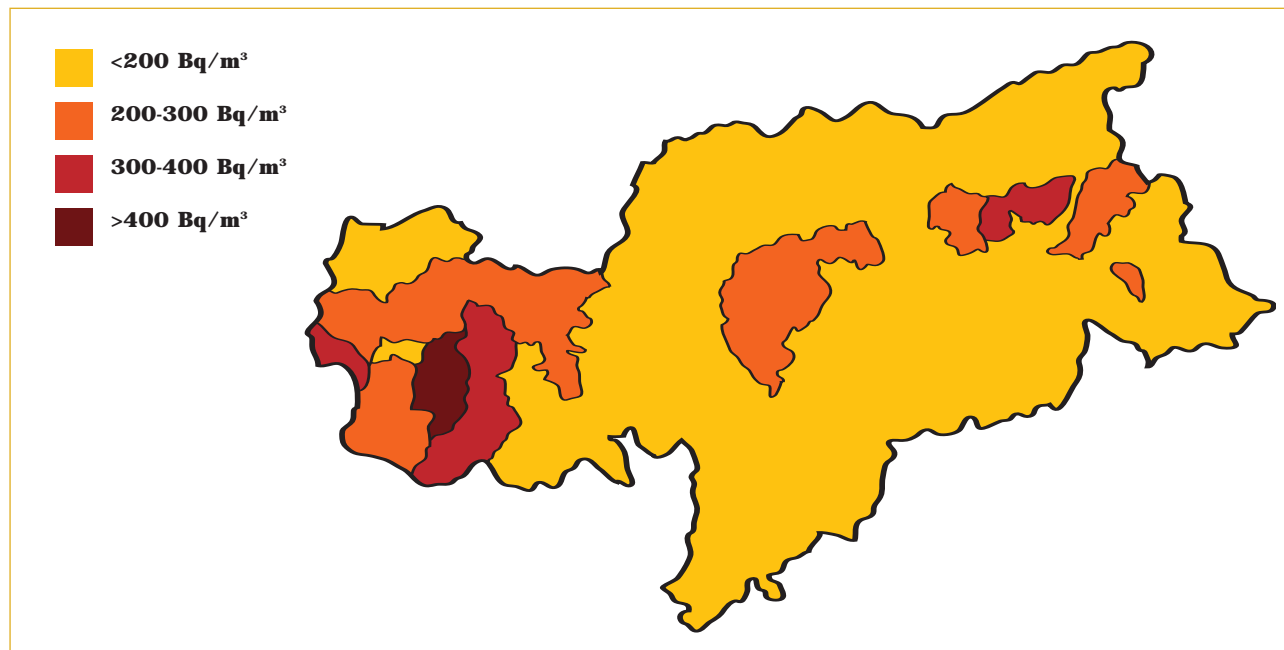


Figura 5.4. Provincia Autonoma di Bolzano: mappa della media geometrica della concentrazione di radon su base comunale.

Sono state individuate due zone con valori di radon mediamente più elevati (Alta Val Pusteria e Alta Val Venosta), identificando inoltre una buona correlazione fra la concentrazione di radon indoor e la presenza di rocce di derivazione granitica. È ragionevole ritenere che alcuni parametri geologici siano determinanti ai fini della concentrazione di radon. I materiali di costruzione, invece, non rappresentano nella Provincia Autonoma di Bolzano una sorgente significativa di radon, come risulta chiaro analizzando i valori di concentrazione a piani diversi dello stesso edificio.

Le indicazioni sulla presenza di radon nelle diverse aree concordano pienamente con i risultati delle misurazioni del radon in acqua di sorgente, contemporaneamente effettuate in circa 1300 sorgenti della provincia. Ciò conferma la validità delle misure in acqua per realizzare una mappatura orientativa della presenza di radon sul territorio.

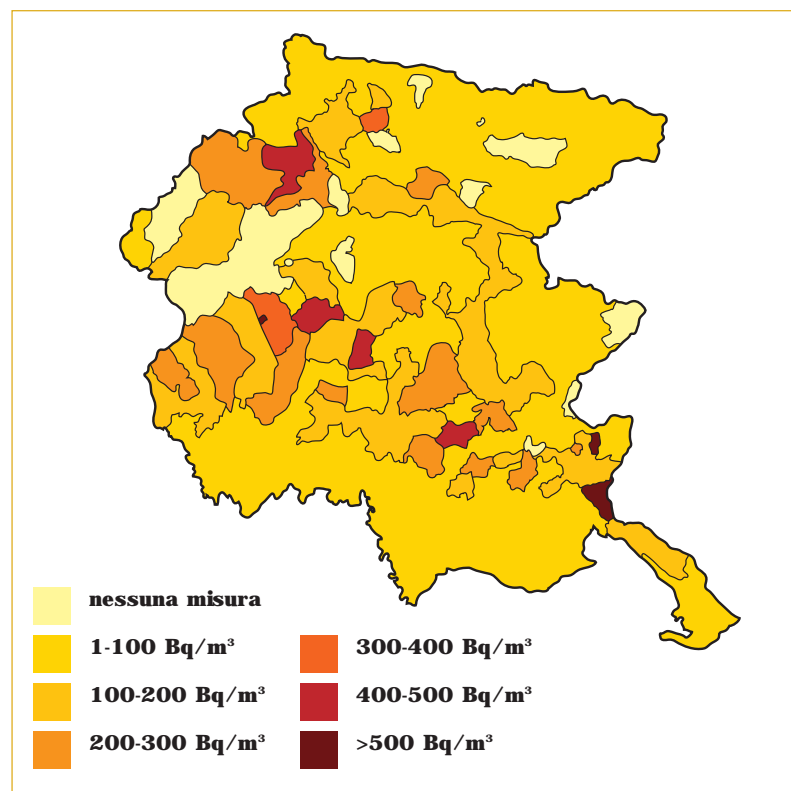
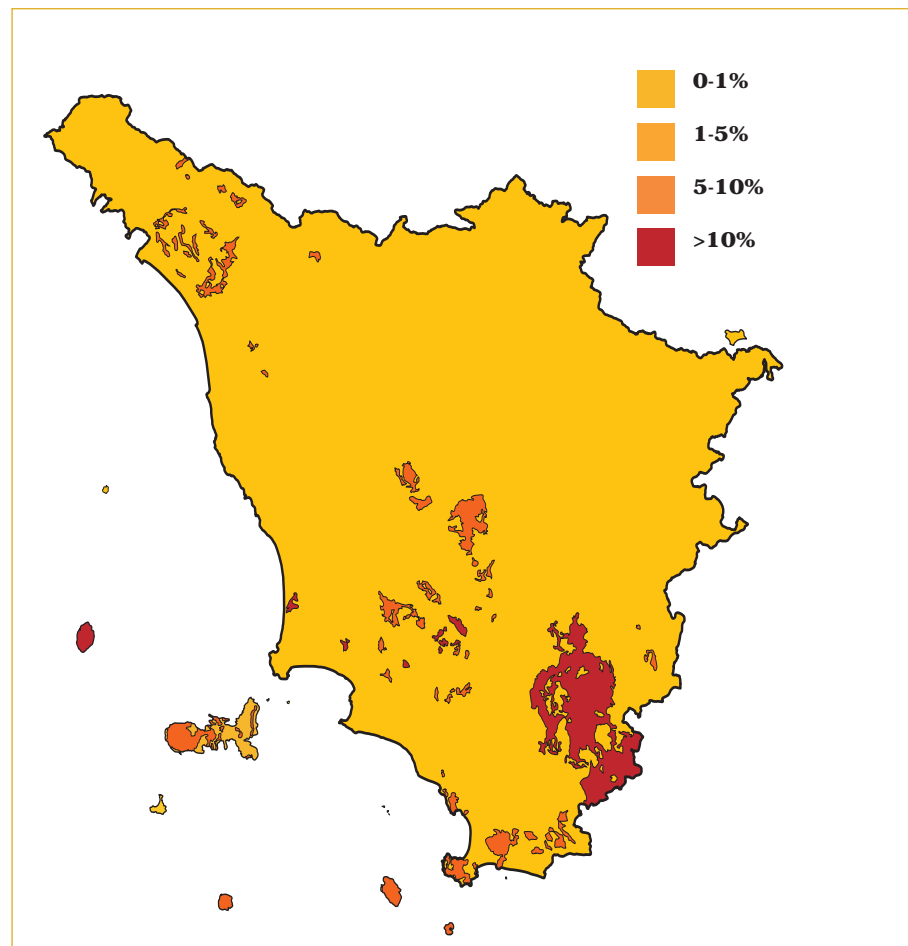


Figura 5.5. Valori medi (per comune) delle concentrazioni di radon misurate nei piani terra delle scuole della regione Friuli Venezia Giulia.

In **Friuli Venezia Giulia** è partito il progetto *Radon Prone Areas* (aree del territorio a particolare rischio radon) gestito operativamente dall'ARPA regionale, in collaborazione con la Protezione Civile. Sono in corso misure in 2500 abitazioni della regione, distribuite in modo da coprire tutte le maglie abitate della carta tecnica regionale, di dimensione 2,7 x 3,2 km² ciascuna. Le misure sono terminate a settembre 2006. Seguirà, nel 2007, l'elaborazione dei dati acquisiti e la determinazione delle aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon.

Una prima indicazione della distribuzione territoriale dei livelli di concentrazione di radon è desumibile dalla mappa dei livelli di questo gas in tutti gli edifici scolastici e gli asili nido della regione, riportata nella figura 5.5. Questa indagine è stata realizzata dall'ARPA Friuli Venezia Giulia tra il 2000 e il 2003, e ha riguardato oltre 5000 locali in 1319 strutture scolastiche distribuite su tutto il territorio regionale.

In **Emilia Romagna** è operativo un Gruppo di Lavoro interdisciplinare coordinato dalla Regione, Direzione Generale Sanità e Politiche Sociali - Servizio Sanità Pubblica, per la definizione delle aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon. Sono stati al momento elaborati, con tecniche geostatistiche, i dati delle misure di radon acquisite nel corso degli anni in diverse matrici (aria, acqua etc.), combinati con elementi strutturali quali la natura geologica dei suoli, le faglie, le emanazioni gassose. Tali elaborazioni hanno consentito di ottenere una prima indicazione della distribuzione territoriale dei livelli di concentrazione di radon.



L'ARPA della Regione **Toscana** sta attuando, nell'ambito di una convenzione con l'Amministrazione Regionale (Assessorati regionali all'Ambiente e alla Sanità), oggetto di specifici finanziamenti, la progettazione e la realizzazione di una indagine per l'identificazione delle aree ad elevata concentrazione di radon sul territorio regionale, come richiesto dalla normativa nazionale. Il progetto, avviato nel settembre 2006, avrà la durata complessiva di 27 mesi. In attesa dei risultati sono già disponibili stime statistiche della percentuale di edifici nei quali la concentrazione di radon supera i 400 Bq/m², in relazione alle classi litologiche della regione, come mostrato nella figura 5.6. Naturalmente, queste stime dovranno essere confermate dai risultati delle misure in corso. Sono state anche stimate le concentrazioni medie di radon nelle abitazioni su base comunale.

Figura 5.6. Mappa della Toscana con la percentuale di edifici che superano 400 Bq/m³.

In **Umbria** è in corso una campagna di monitoraggio del radon negli edifici scolastici, riguardante tutti gli asili nido e le scuole materne, nonché un campione di edifici sedi di scuole dell'obbligo. La campagna è promossa dall'ARPA e dalla Regione, con il contributo delle ASL e con il supporto scientifico dell'Università di Perugia.

Nel **Lazio** è in corso, con il coordinamento diretto di APAT, una campagna di monitoraggio dei livelli di concentrazione di radon negli edifici basata su una suddivisione del territorio in maglie di 6 x 6 km², rispetto alle quali vengono calcolati i valori medi. Nella scelta casuale delle abitazioni da campionare è considerata un'ulteriore suddivisione di ogni maglia in 9 sotto-maglie di 2 x 2 km², allo scopo di verificare un'omogenea distribuzione delle abitazioni campionate in ogni maglia. L'indagine comprende le province di Roma e Viterbo.

In **Abruzzo** è stato approvato e finanziato dall'Assessorato regionale alla Sanità un progetto che prevede, sul modello delle attività di monitoraggio che APAT sta conducendo nel Lazio, la suddivisione del territorio in maglie di 2 x 2 km² ciascuna, e misure in abitazioni e scuole. Sono previsti complessivamente 3000 punti di misura.

La Giunta Regionale della **Campania** ha approvato con Delibera nel maggio 2005 il "Piano Regionale Radon" (PRR), finalizzato ad una mappatura regionale delle aree con maggiore concentrazione di radon e all'individuazione delle misure necessarie per l'eliminazione del rischio. Il Piano prevede anche la comparazione dei dati ottenuti con gli eventuali effetti sanitari che la presenza di elevate concentrazioni di radon può avere avuto sulla popolazione, da realizzare con indagini epidemiologiche.

La prima fase del Piano, della durata di 18 mesi, prevede misure di radon negli edifici scolastici di ogni ordine e grado e misure nelle abitazioni degli alunni della penultima classe degli Istituti di istruzione secondaria, attraverso un originale coinvolgimento dei docenti delle scuole pubbliche e degli alunni medesimi. Sono previste circa 100.000 misure.

L'iniziativa sarà realizzata dalla Regione Campania, dalla Direzione Generale della Pubblica Istruzione e dall'ARPA Campania.

In **Sardegna** non vi sono indagini sistematiche in corso, ma risultano disponibili numerosi dati di concentrazione in scuole e abitazioni distribuiti in modo abbastanza omogeneo in tutta la regione.

Le attività appena descritte per le singole Regioni sono basate su disegni definiti di mappatura estesi all'intero territorio regionale o della provincia autonoma. Nelle diverse Regioni sono state inoltre condotte campagne rivolte ad aree più limitate, come singole città o aree geografiche specifiche. Infine, in ogni Regione vengono effettuate misure su richiesta di istituzioni, aziende o di privati cittadini.

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/m^3) 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 etc.; 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 elettretre). 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, etc., 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.

CARATTERISTICHE DEI DOSIMETRI PASSIVI

- 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

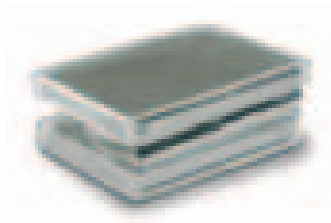
Nella pagina seguente sono illustrati alcuni tipi di dispositivi passivi per la misura della concentrazione di radon.

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 **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 e 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 1000 Bq/l. Tale limite è applicabile anche nel caso di acque potabili attinte da pozzi artesiani (approvvigionamento individuale).

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 la suddette aree è stato affidato dalla normativa alle Regioni, una parte delle quali si è già attivata in tal senso (vedi: capitolo 5 – "cosa si conosce delle concentrazioni di radon in Italia").

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**.



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.

Di seguito è riportato l'elenco completo, regione per regione, dei centri 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. È anche possibile richiedere misure nella propria abitazione, secondo modalità che vanno concordate con le singole ARPA.

Molte informazioni generali e locali sono disponibili sui siti internet delle Agenzie; pertanto si indica anche il loro indirizzo web.



VALLE D'AOSTA

ARPA Valle d'Aosta
Sezione Agenti Fisici
Loc. Grande Charrière, 44
11020 Saint Christophe (AO)
0165 278557 278558
www.arpa.vda.it



PIEMONTE

ARPA Piemonte
Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti
Via Jervis, 30
10015 Ivrea (TO)
0125 6453556; 6453552; 6453549
www.arpa.piemonte.it



LOMBARDIA

ARPA Lombardia
Settore Agenti Fisici
Viale Restelli 3/1 - 20124 Milano
02 69666301
www.arpalombardia.it



VENETO

ARPA Veneto
Servizio Osservatorio Agenti Fisici
Dipartimento di Verona
Via Dominutti, 8 - 37135 Verona
045 8016907
www.arpa.veneto.it



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

APPA Trento
Settore Laboratorio e Controlli
Via Lidorio, 1 - 38100 Trento
0461 493011 493024
www.provincia.tn.it/appa



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO

APPA Bolzano
Laboratorio di Chimica-Fisica
Via Amba Alagi, 5 - 39100 Bolzano
0471 417141
www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente



FRIULI VENEZIA GIULIA

ARPA Friuli Venezia Giulia
Sezione di Fisica Ambientale
Dipartimento Provinciale di Udine
Via Tavagnacco, 91 - 33100 Udine
0432 479291
www.arpa.fvg.it



LIGURIA

ARPA Liguria
Dipartimento di Genova
Settore Radioattività
Via Bombrini, 8 - 16149 Genova
010 6437 1
www.arpal.org



EMILIA ROMAGNA

ARPA Emilia-Romagna
Area Eccellenza Isotopia e Radioattività Ambientale
Sezione di Piacenza
Via XXI Aprile, 48 - 29100 Piacenza
0523 489646 489673
www.arpa.emr.it



TOSCANA

ARPA Toscana
Dipartimento Provinciale di Firenze
Articolazione funzionale regionale "Radioattività"
Via Ponte alle Mosse, 211 - 50144 Firenze
055 3206030 3206029
www.arpat.toscana.it
Materiale informativo disponibile su: radon.fi@arpat.toscana.it
Numero verde per informazioni: 800.800.400



MARCHE

ARPA Marche
Dipartimento Provinciale di Ancona
Servizio Radiazioni-Rumore
Via Colombo, 106
60127 Ancona
071 28732728
www.arpa.marche.it



UMBRIA

ARPA Umbria
 Dipartimento di Perugia
 Sezione Fisica
 Via Pievaiola - Loc. S.Sisto (Palazzina ex Uffici Nestlè) 06132 Perugia
 075/515961
www.arpa.umbria.it



LAZIO

ARPA Lazio
 Sezione Provinciale di Viterbo
 Area Agenti Fisici e Aria
 Via Monte Zebio - 01100 Viterbo
 0761 223233
www.arpalazio.it



ABRUZZO

ARTA Abruzzo
 Dipartimento Provinciale di Pescara
 Viale Marconi, 51
 65100 Pescara - 085 4254500
www.artaabruzzo.it



MOLISE

ARPA Molise
 Servizio Agenti Fisici
 Dipartimento Provinciale di Campobasso
 Via Petrella, 1 - 86100 Campobasso
 0874 492681
www.arpamolise.it



CAMPANIA

ARPA Campania
 C.R.R. Centro Regionale Radioattività
 Via Lanzalone 54/56 - 84100 Salerno
 081 2326253
www.arpacampania.it



PUGLIA

ARPA Puglia
Dipartimento Provinciale di Bari - Laboratorio di Fisica
Via Piccinni, 5 - 70122 Bari
080 5844203
www.arpapuglia.it



BASILICATA

ARPA Basilicata
Centro Regionale di Radioattività Ambientale
Contrada Agna - 75100 Matera
0835 225415
www.arpab.it



CALABRIA

ARPA Calabria
Dipartimento Provinciale di Reggio Calabria - Laboratorio di Fisica
Via Tripeti, 3/a - 89100 Reggio Calabria
0965 811863
www.arpacal.it



SICILIA

ARPA Sicilia
Dipartimento Provinciale di Palermo
Laboratorio Agenti Fisici
Via Nairobi, 4 - 90100 Palermo
091 7033517
www.arpa.sicilia.it



SARDEGNA

ARPA Sardegna
CRR Centro di Riferimento Regionale per il controllo della Radioattività Ambientale
c/o PMP Area Fisica ASL Cagliari
Viale Ciusa 6/8 - 09131 Cagliari
070 6092672
www.arpa.sardegna.it (in preparazione)

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). Il sito web è: www.iarc.fr

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici

(APAT). Organo istituito dal D.Lgs 300/99 che svolge i compiti e le attività tecnico-scientifiche di interesse nazionale per la protezione dell'ambiente, per la tutela delle risorse idriche e della difesa del suolo. È nato dalla fusione, sulla base del D.P.R. 207/02, tra l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) ed il Dipartimento per i Servizi tecnici nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Il sito web è: www.apat.gov.it

APAT. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA)

Organo di riferimento regionale o provinciale (in quest'ultimo caso detto **APPA**: Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente) in materia di protezione dell'ambiente. Le 21 Agenzie oggi presenti sul territorio italiano costituiscono una rete integrata con l'APAT (rete delle Agenzie). I riferimenti di ogni Agenzia Regionale sono contenuti nel paragrafo: "A chi rivolgersi per informazioni, consigli, misure".

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 a *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 230/95

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 241/00

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241. *Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di prote-*

zione 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 96/29 Euratom

Direttiva 96/29 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 n. L 159 del 29 giugno 1996.

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 striscie

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.

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.

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. Il sito web è: www.iss.it

Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro (ISPESL)

Ente di diritto pubblico che svolge attività di ricerca, consulenza, formazione, documentazione, certificazione e controllo nel settore della tutela della salute e sicurezza negli ambienti di lavoro e di vita. È Organo tecnico-scientifico del Servizio Sanitario Nazionale, vigilato dal Ministero della Salute. Il sito web è: www.ispesl.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 D.lgs 241/00.

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.

Osservatorio Nazionale Epidemiologico sulle condizioni di Salute e Sicurezza negli Ambienti di Vita

Organo istituito per volontà del Ministro della Salute, con Decreto del Direttore dell'ISPEL del 14 giugno 2002. Ha finalità di studio, ricerca e promozione volte a migliorare la sicurezza negli ambienti di vita in termini di prevenzione degli infortuni e tutela della salute dei cittadini. Nello specifico, l'Osservatorio analizza e propone soluzioni per quanto concerne le condizioni di salute e sicurezza, promuovendo e sviluppando programmi di studio e di ricerca a carattere epidemiologico. Il sito web è: www.ispesl.it/osservatorio

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

Analogo a *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. Gazzetta ufficiale n. L 080 del 27 marzo 1990.

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 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 naturale

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

Radioattività indotta

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

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 etc.).

Radon prone areas

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

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 etc.). 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*.

Toron

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. E 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.

Osservatorio Epidemiologico Nazionale sulle condizioni di salute e sicurezza negli ambienti di vita



Patrizio Erba

Coordinatore dell'Osservatorio epidemiologico nazionale sulle condizioni di salute e sicurezza negli ambienti di vita

Fulvio Perini

CNEL

Giancarlo Marano

Direzione Generale della Prevenzione - Ministero della Salute

Tommasina Mancuso

Direzione Generale della Prevenzione - Ministero della Salute

Giuseppina Lecce

Direzione Generale della Prevenzione - Ministero della Salute

Gioacchino Giomi

Ministero dell'Interno - Direzione Generale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica - Dipartimento Vigili del Fuoco

Angelo Mulas

Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome

Silvia Bruzzone

ISTAT

Maria Laura Pezzato

Movimento Italiano Casalinghe (MOICA) - Regione Veneto e Direttivo MOICA Nazionale

Francesco Pedilarco

Assocasa - Federchimica

Valentino Patussi

Società Italiana Alcologia

Sergio Iavicoli

Direttore Dipartimento di Medicina del Lavoro - ISPESL

Carlo Vito Magli

Dipartimento per la programmazione e la gestione delle risorse economico-finanziarie e del personale - ISPESL

Antonio Consolino

Dipartimento Tecnologie di Sicurezza

Paolo Bragatto

Dipartimento Installazioni di Produzioni e Inseguimenti Antropici - ISPESL

Elena Cappelletti

Dipartimento Processi Organizzativi

Alba Rosa Bianchi

Segreteria Tecnico-Scientifica - Dipartimento Medicina del Lavoro - ISPESL

Stefania Massari

Segreteria Tecnico-Scientifica - Dipartimento Medicina del Lavoro - ISPESL

Maria Pia Roversi

Segreteria Amministrativa - Dipartimento per la programmazione e la gestione delle risorse economico-finanziarie e del personale - ISPESL

Coordinamento Editoriale

Pier Francesco Benvenuto

Progetto grafico-illustrativo

Graphicon Sas - Roma - info@graphicon.it

Stampa

Grafiche Ponticelli S.p.A. - Castrocielo (FR)

È vietata la riproduzione della presente pubblicazione, sotto qualsiasi forma, senza la preventiva autorizzazione scritta da parte dell'ISPESL.

