



APAT

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

**LINEE GUIDA RELATIVE AD ALCUNE TIPOLOGIE DI
AZIONI DI RISANAMENTO PER LA RIDUZIONE
DELL'INQUINAMENTO DA RADON**

RTI CTN_AGF 4/2005

APAT
Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

**Linee guida relative ad alcune tipologie di
azioni di risanamento per la riduzione
dell'inquinamento da radon**

Autori
Luigi Minach (APPA Bolzano)
Concettina Giovani e Massimo Garavaglia (ARPA Friuli Venezia Giulia)

Responsabile di progetto APAT
Giancarlo Torri



Responsabile CTN_AGF
Sandro Fabbri

Informazioni legali

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

Informazioni aggiuntive sull'argomento sono disponibili nel sito Internet (<http://www.sinanet.apat.it>)

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Stampato in Italia

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48

00144 Roma

Centro Tematico Nazionale – Agenti Fisici

c/o ARPA Emilia-Romagna – Sezione Provinciale di Piacenza

Via XXI Aprile, 48

29100 Piacenza

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	SCHEDE INTRODUTTIVE DI SINTESI.....	1
2.1	Che cosa è il radon e da dove proviene?	1
2.2	Le principali cause per cui il radon penetra negli edifici.....	2
2.3	La legislazione	4
2.4	Criteri di scelta dei metodi di abbattimento del radon	5
3.	LE SINGOLE SCHEDE DEI METODI DI RISANAMENTO.....	7
3.1	Isolamento	7
3.2	Aumento della ventilazione attiva e passiva nell'ambiente di vita o di lavoro.....	10
3.3	Pressurizzazione nell'ambiente di via e di lavoro.....	12
3.4	Aspirazione forzata da canaline o intercapedine - Creazione di un vespaio ventilato nell'ambiente di vita o di lavoro.....	14
3.5	Ventilazione (passaggio di aria) naturale o forzata, pressurizzazione forzata e depressione forzata del vespaio o cantina.....	17
3.6	Depressurizzazione del suolo con pozzetto o punto d'aspirazione con condotta interna o esterna, tubi di drenaggio posati nel ghiaino (ventilazione, depressurizzazione naturale o forzata), pressurizzazione del suolo sotto casa.....	20
4.	LA VERIFICA DELL'EFFICIENZA DELLE AZIONI DI BONIFICA	24
	BIBLIOGRAFIA	25

1. INTRODUZIONE

Le presenti linee guida si propongono di riassumere e valutare, in base a concrete esperienze, le conoscenze esistenti riguardo le azioni di rimedio per abbattere il radon indoor. Le azioni di rimedio riportate, riguardano edifici in cui la principale fonte d'ingresso del radon è il suolo, mentre attualmente non si hanno sufficienti esperienze di bonifica quando il radon esce dai materiali da costruzione.

2. SCHEDE INTRODUTTIVE DI SINTESI

2.1 Che cosa è il radon e da dove proviene?

Il radon (Rn-222) è un gas radioattivo naturale, inodore ed incolore prodotto dal decadimento dell'uranio. L'unità di misura della concentrazione del radon è il Becquerel al metro cubo (Bq/m³).

L'uranio è fra i più antichi elementi naturali esistenti ed è distribuito più o meno ubiquitariamente sulla crosta terrestre, perciò anche il radon è presente in tracce nel sottosuolo quasi ovunque. Vi sono però alcune rocce, come ad esempio lave, tufi, pozzolane ed alcuni graniti, più ricche d'uranio che possono rilasciare grandi quantità di radon.

Mentre generalmente nel suolo le concentrazioni di radon sono più elevate (da qualche centinaio di Bq/m³ fino a più di un milione di Bq/m³), all'aperto il radon si diluisce rapidamente, raggiungendo normalmente valori di qualche decina di Bq/m³. Negli ambienti chiusi invece, soprattutto in conseguenza del ridotto ricambio d'aria, il radon può concentrarsi, raggiungendo talvolta valori anche molto elevati (da qualche centinaio di Bq/m³ fino a qualche decina di migliaia di Bq/m³).

Il principale meccanismo d'ingresso del radon nelle case è la convezione termica, con correnti d'aria che trasportano il radon dal suolo all'interno dell'edificio, attraverso crepe, fessure o altri punti non a tenuta nelle fondamenta o nei muri della casa; l'apporto di radon dovuto alla sola diffusione attraverso i materiali da costruzione è molto minore. Di norma i valori più elevati si riscontrano nei locali a contatto con il terreno p.es. nei seminterrati o al pianoterra, mentre ai piani superiori la concentrazione del radon è molto minore.

Vi sono, tuttavia, situazioni in cui l'utilizzo di alcune delle rocce sopraccitate (lave, tufi, pozzolane ed alcuni graniti) nella costruzione o nei rivestimenti interni degli edifici o la presenza d'acque ad alto contenuto di radon possono contribuire ad incrementare notevolmente le concentrazioni di radon indoor. In questo caso le più elevate concentrazioni di radon non si presenteranno necessariamente al piano più basso, bensì nelle stanze nelle quali sono stati utilizzati i descritti materiali da costruzione o viene usata l'acqua carica di radon.

In generale la dinamica di emissione e di spostamento del radon dal suolo alla superficie, fino all'interno delle case, è molto complessa e dipende da molteplici fattori. I più importanti sono:

- il grado di fratturazione della roccia: mentre in una roccia compatta il radon rimane imprigionato nel materiale, da una roccia fratturata può fuoriuscire più facilmente. Inoltre fratture e faglie possono essere associate a più elevate concentrazioni di radon, poiché è proprio lì che l'acqua può trasportare l'uranio o il radio (diretto predecessore del radon) favorendone l'accumulo.
- la permeabilità del terreno: più il sottosuolo è permeabile, più è facile che il radon riesca ad arrivare fino in superficie. In questo caso il radon può essere trasportato da correnti d'aria o anche dall'acqua sorgiva o piovana infiltrata, raggiungendo distanze considerevoli dal punto in cui è stato generato. Viceversa, un terreno compatto, per esempio con un'alta percentuale di limo o argilla, può costituire una forte barriera alla sua diffusione. Ognuno di questi fattori può giocare un ruolo importante e talvolta, una piccola quantità di radon in un terreno molto permeabile può portare a concentrazioni di radon indoor più alte che una grande concentrazione di radon in un terreno impermeabile.
- le variazioni di temperatura e di pressione dell'aria tra l'interno e l'esterno degli edifici provocano pronunciate oscillazioni stagionali e giornaliere della concentrazione di radon. In genere le concentrazioni di radon sono più elevate d'inverno che d'estate e sono maggiori durante la notte che durante il giorno. Spesso si possono riscontrare situazioni che si differenziano notevolmente dal quadro usuale.

Infine bisogna precisare che anche gli edifici svolgono un ruolo attivo nel processo di diffusione del radon: talvolta essi funzionano come una pompa aspirante risucchiando l'aria carica di radon dal terreno circostante (effetto camino). La concentrazione di radon indoor dipenderà dal tipo di contatto tra edificio e suolo, dall'uso di particolari materiali da costruzione, dalla tipologia edilizia e anche dalle condizioni d'utilizzo o ventilazione delle stanze nell'edificio. In pratica sono tutti elementi variabili che rendono alquanto difficile una valutazione teorica della concentrazione del radon. Per esempio è dimostrato che edifici adiacenti costruiti in modo identico possono presentare concentrazioni di radon molto diverse.

L'unico metodo sicuro per accertare la presenza e la quantità di radon è quello di effettuare una misura, tramite appositi rivelatori o strumenti di misura. Per quanto riguarda le procedure di misura si rimanda alle "linee guida per la misura del radon in ambienti residenziali" RTI CTN AGF 4/2004.

2.2 Le principali cause per cui il radon penetra negli edifici

La causa principale della presenza del radon all'interno degli edifici è la depressione che si viene a creare tra i locali abitati ed il suolo. Gli effetti di questa depressione si

traducono nell'aspirazione dell'aria dal suolo e con essa del radon contenuto. Questa depressione è indotta, in primo luogo, dalla differenza di temperatura tra l'edificio e l'esterno. Maggiore è la differenza di temperatura tra interno ed esterno, maggiore sarà la depressione all'interno della casa. Ad esempio, nelle zone alpine, questo effetto sarà particolarmente pronunciato durante i mesi invernali quando gli edifici vengono riscaldati. La differenza di pressione è influenzata anche da aperture come camini, finestre, lucernari, nonché da impianti di aspirazione delle cucine, bagni ecc.. che provocano un tiraggio aggiuntivo a quello dovuto alla semplice differenza di temperatura.

In dettaglio i fattori che producono la differenza di pressione tra suolo e edificio sono:

- la differenza di temperatura, che produce un dislivello di pressione dal basso verso l'alto. In inverno tale differenza aumenta all'interno di ogni piano o tra i diversi piani e può venire accentuata da elementi come il vano dell'ascensore o le prese d'aria;
- il vento, che può aggravare notevolmente il problema del radon. Gli effetti del vento hanno un ruolo importante soprattutto nelle regioni dove i venti sono forti e costantemente presenti. In tali situazioni infatti i venti possono determinare forti depressioni anche in funzione della posizione e dell'isolamento dell'edificio;
- la presenza di ventilatori elettrici aspiranti nei bagni, cappe d'aspirazione in cucina, ventilazione degli asciugabiancheria ecc., che può aumentare la depressione se l'approvvigionamento d'aria dall'esterno risulta insufficiente;
- il tiraggio delle canne fumarie di stufe e caminetti non dotati di una presa d'aria esterna, che aumenta la differenza di pressione. Questo avviene, in genere, anche a fuoco spento, per la mancanza di valvole a tenuta da chiudere quando il fuoco è spento;
- il deflusso di aria attraverso gli impianti di scarico domestici dei lavelli, lavandini, ecc..., che può accentuare la differenza di pressione.

L'infiltrazione costituisce il secondo fattore importante nel determinare l'ingresso del radon negli edifici. Essa può verificarsi in corrispondenza di:

- crepe e giunti in pavimenti e pareti, fori di passaggio cavi (soprattutto in tubi vuoti), tubazioni e fognature;
- pozzetti ed aperture di controllo;
- prese di luce e altre aperture nelle pareti della cantina, camini, montacarichi...;
- zone critiche di grande estensione come pavimenti naturali in terra battuta, in ghiaia, in lastre di pietra o ciottoli;
- componenti costruttivi permeabili (solai in legno, a laterizi forati, muri in pietra e simili).

Per ridurre la concentrazione di radon negli edifici è dunque necessario intervenire riducendo il più possibile la depressione all'interno della costruzione rispetto al suolo e limitando i punti d'infiltrazione. I metodi di seguito descritti funzionano principalmente nel caso la sorgente principale del radon sia costituita dal suolo. Alcuni di questi possono essere efficaci anche nel caso la sorgente sia costituita dai materiali da costruzione.

2.3 La legislazione

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (O.M.S.) ha stimato che dopo il fumo, il radon è la causa principale del tumore polmonare. Ad esso sono attribuibili tra il 5 ed il 20% di tutti i casi di tumore polmonare, che in Italia sono 30000 l'anno. Sulla base di questi dati molti stati hanno adottato normative e raccomandazioni che prevedono la realizzazione di interventi per ridurre la concentrazione di radon nei casi in cui questa superi determinati livelli di azione.

In Italia, nel campo della protezione dalle radiazioni ionizzanti, la normativa di riferimento è costituita dal Dlgs 230 del 17/03/1995 "Attuazione delle Direttive Euratom 80/836, 84/466, 89/618, 90/614 e 93/3 in materia di radiazioni ionizzanti" modificato dal Dlgs 241 del 26/05/2000 e dal Dlgs 257 del 09/05/2001.

L'allegato 1-Bis del D.lgs n. 241 fissa, per gli ambienti di lavoro due livelli d'azione: la concentrazione di radon (Rn-222) misurata come media annuale non deve superare il livello d'azione fissato in: 500 Bq/m³. Se si supera questo livello si valuta un secondo livello d'azione di 3 mSv/a (3 mSv/a corrispondono a 500 Bq/m³ considerando 2000 ore lavorative: $3 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bqhm}^3 \times 2000\text{h} \times 500 \text{ Bq/m}^3 = 3\text{mSv Sv/a}$). Contrariamente al primo questo secondo livello d'azione tiene anche conto del tempo di permanenza. Per scuole dell'obbligo, scuole materne e asili nido vale solo il primo livello d'azione.

Perciò fatta eccezione per gli esercenti di asili nido, scuola materna e scuola dell'obbligo, il datore di lavoro, in caso di superamento del livello d'azione per il radon di 500 Bq/m³, può non adottare azioni di rimedio se dimostra, tramite una valutazione fatta da un esperto qualificato, che nessun lavoratore è esposto ad una dose superiore a 3 mSv/anno (ad esempio in base alle limitate ore annue di permanenza nei locali ove si superano i predetti 500 Bq/m³).

All'art. 10-sexies, il D.lgs n. 241 prevede l'individuazione di aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività dovuta al radon. Tali aree dovranno essere definite dalle regioni sulla base dei dati disponibili, di valutazioni tecnico-scientifiche e, qualora fosse necessario, effettuando apposite campagne di indagini nei rispettivi territori.

Il limite di 500 Bq/m³ è da applicarsi per gli ambienti di lavoro interrati e, dopo la definizione tramite decreto delle aree a rischio radon (vedi art 10-sexies), in tutti i luoghi di lavoro presenti in tali aree. E' prevista inoltre la pubblicazione di apposite linee guida contenenti indicazioni sulle metodologie di misura e sull'identificazione del campo di applicazione. Attualmente esistono le "linea guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei" a cura della Conferenza dei presidenti delle Regioni e delle Province Autonome.

Entro 18 mesi dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale, e quindi entro il febbraio 2002, è necessario eseguire una campagna di misure. Se la concentrazione risulta inferiore all'80% del livello di azione (400 Bq/m³) l'obbligo è assolto e bisognerà ripetere la misura solo se variano le condizioni di lavoro. Se la misura risulta compresa tra l'80% ed il 100% del livello di azione (400-500 Bq/m³) l'obbligo si risolve con la ripetizione della misura annualmente. Se la misura risulta superiore al livello di azione "l'esercente pone in essere azioni di rimedio idonee a ridurre le grandezze misurate al disotto del predetto livello".

Per quanto riguarda le abitazioni, non esiste in Italia una normativa specifica. L'Unione Europea, con la Raccomandazione 143/90 sulla "Tutela della Popolazione contro l'esposizione da radon in ambienti chiusi indica i valori di 200 Bq/m³, per le nuove abi-

tazioni, e di 400 Bq/m³, per quelle esistenti, oltre i quali è opportuno intraprendere azioni di rimedio.

2.4 Criteri di scelta dei metodi di abbattimento del radon

2.4.1 *Le strategie d'intervento*

La scelta del metodo più adatto al singolo edificio dipende da molti fattori e deve essere oggetto di discussione e d'accordo tra tutti i soggetti interessati. L'intervento sull'edificio è un compromesso tra efficienza del sistema di abbattimento del radon, costi d'installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione, incidenza sulle abitudini di vita e durata nel tempo. Vi sono diversi metodi per impedire o limitare l'ingresso del radon in un ambiente chiuso:

- *in generale*: sigillatura delle vie d'ingresso;
- *nell'ambiente di vita o di lavoro*: aumento della ventilazione (attiva o passiva), pressurizzazione, aumento dei ricambi d'aria (aria condizionata), filtrazione (carbone attivo, filtrazione elettrostatica), aspirazione forzata da canaline o intercapedine, creazione di un vespaio ventilato (naturale o forzato).
- *nel vespaio/cantina*: ventilazione (passaggio d'aria) naturale o forzata, pressurizzazione forzata, depressurizzazione forzata (naturale).
- *nel suolo sotto l'edificio*: depressurizzazione del suolo con pozzetto o punto d'aspirazione interno con condotta interna o esterna, tubi di drenaggio posati nel ghiaio (ventilazione, depressione naturale o forzata), pozzetto o punto d'aspirazione esterno alla casa, pressurizzazione del suolo sotto la casa.

I criteri di progetto dovrebbero essere tali da garantire una reale diminuzione della concentrazione. Gli interventi devono essere durevoli, affidabili ed in grado di segnalare malfunzionamenti. Inoltre vanno valutati i costi di installazione, esercizio e manutenzione. Spesso i risultati migliori si ottengono con l'applicazione contemporanea di più di uno dei metodi sopra citati.

Le esperienze finora condotte hanno mostrato che i risultati degli interventi effettuati per sigillare le vie di ingresso sono spesso estremamente incerti e, da soli, non sono sufficienti a ridurre sensibilmente e in maniera stabile la concentrazione di radon. La sigillatura porta a risultati soddisfacenti e soprattutto duraturi solamente nel caso in cui il punto d'ingresso del radon sia circoscritto e ben definito. Le tecniche d'isolamento sono generalmente consigliabili in aggiunta alle altre tecniche maggiormente efficaci.

In linea di massima i metodi menzionati possono essere utilizzati sia per la protezione preventiva dei nuovi edifici, sia per il risanamento di quelli esistenti. Tuttavia, mentre nel caso di nuove costruzioni le misure preventive sono più semplici da realizzare ed offrono maggiori garanzie di successo, nel caso di risanamenti in edifici esistenti sono più complesse da realizzare ed hanno minore probabilità di successo.

Per le nuove costruzioni, le misure di prevenzione sono facilmente valutabili e comportano costi supplementari relativamente modesti anche nel caso di progetti impegnativi. Lo stesso tipo d'interventi, se applicati a costruzioni esistenti, non in fase di ristrutturazione, può comportare costi e disagi inaccettabili. Ad esempio, la stesura di membrane isolanti al fine di sigillare le vie d'ingresso del gas radon all'interno dell'edificio ha, in

genere, un costo trascurabile nel caso di nuove costruzioni, modesto in fase di ristrutturazione di edifici esistenti e proibitivo nel caso in cui l'intervento avvenga per la sola mitigazione del radon.

2.4.2 Un possibile approccio schematico per la scelta del metodo

Caratterizzazione dell'edificio: per una corretta scelta e progettazione dell'intervento di bonifica è necessario valutare nel dettaglio i seguenti punti:

- l'individuazione della sorgente (suolo, materiale da costruzione, acqua) o fonte d'ingresso prevalente (cantina, mura, vani di servizio, ecc.)
- la tipologia edilizia (appartamento, casa singola o casa a schiera, casa su di un piano o casa a più piani, casa mono o plurifamiliare, ecc.)
- le caratteristiche dell'edificio (materiali da costruzione, tenuta degli infissi, tipo di riscaldamento, ecc)
- il contatto suolo/edificio (locali con pavimento o pareti a diretto contatto con il suolo, presenza o meno di vespaio o vuoto sanitario, ecc).
- la caratterizzazione del terreno edificato (roccia compatta o fratturata, copertura sedimentaria, materiale di riporto, ecc.)
- il tipo e l'uso degli ambienti (abitazione, camera da letto, luogo di lavoro, ecc.)
- modalità di utilizzo dell'ambiente (apertura finestre, tempi di permanenza, ecc)

Valutazione delle misure: per una corretta scelta e progettazione dell'intervento di bonifica è necessario conoscere nel dettaglio le modalità con cui si è determinata la concentrazione di radon:

- tecnica di misura utilizzata
- durata e periodo di misura
- numero di locali monitorati rispetto al totale
- ecc.

Qualora i dati disponibili non siano sufficienti a caratterizzare completamente la distribuzione spaziale e temporale della concentrazione del radon all'interno dell'edificio, può essere necessario effettuare ulteriori misure con le opportune tecniche.

Altri parametri da tenere in considerazione per scegliere il metodo più adatto alla particolare situazione sono:

- un'eventuale imminente ristrutturazione generale dell'edificio/abitazione
- i costi di intervento, esercizio e manutenzione del risanamento
- la semplicità del metodo nel caso in oggetto
- il disagio durante l'esecuzione dell'intervento e/o durante l'esercizio
- la possibilità di implementazione (miglioramento dell'efficacia del metodo)
- l'affidabilità nel tempo dell'azione di rimedio
- il livello di concentrazione di partenza e l'obiettivo da raggiungere.....

3. LE SINGOLE SCHEDE DEI METODI DI RISANAMENTO

3.1 Isolamento

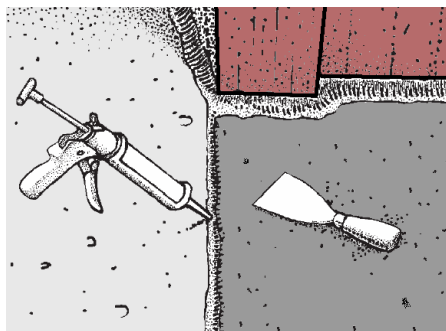


Figura n. 3.1: Isolare e sigillare

3.1.1 Descrizione del sistema e limitazioni

Per il risanamento dal radon di edifici esistenti, l'isolamento delle superfici a contatto col terreno, nella maggioranza dei casi, può essere attuato solo dalla parte interna dell'edificio. Questo tipo d'intervento, eseguito con membrane e materiali sigillanti liquidi, spatolabili o espandibili, comporta però un numero molto alto di raccordi e connessioni con il rischio di tenuta non perfetta. In questo caso, senza dover necessariamente ispirarvisi, vale il principio per cui le tecniche impiegate contro l'umidità sono in genere abbastanza efficaci anche contro il radon, a patto che si scelgano materiali specifici resistenti al passaggio del radon. Si tenga anche conto che le malte di isolamento fragili non sono efficaci per sigillare crepe dovute agli assestamenti e le membrane isolanti sono valide solo se vengono incollate o saldate bene e senza fessure. In presenza di isolamento termico tra gli elementi della costruzione ed il terreno, la barriera impermeabile al vapore d'acqua può proteggere efficacemente anche dal radon.

Malte isolanti, ecc.: Questi rivestimenti costituiscono un buon isolamento dal radon purché non presentino crepe o forature. In ogni caso occorre un controllo molto accurato e si richiede un fondo stabile, privo di crepe di assestamento e giunti di dilatazione. Le normali pitture sintetiche non sono sufficienti nella protezione dal radon.

Sigillatura dei solai sotto i locali abitativi: Le solette in cemento armato (con uno spessore superiore a circa 30 cm) si possono considerare sufficientemente impermeabili al radon. Nel caso di vecchi solai pieni, può rendersi necessaria la stuccatura delle crepe o

delle fessure; lo stesso vale per le pareti. Invece, nel caso dei solai leggeri (solai in legno), occorre analizzare la costruzione in modo da scoprire quale sia lo strato che garantisce la tenuta all'aria e al radon e se la tenuta sia perfetta in tutti i punti di raccordo.

Isolamento di condutture, buchi e crepe: L'isolamento ermetico di pavimenti, soffitti e pareti è efficace solo se tutte le aperture, intenzionali e non, vengono isolate a regola d'arte. I materiali di isolamento disponibili sono numerosissimi e occorre scegliere bene in base alla qualità e alla durata. I materiali isolanti più adatti sono quelli dotati di maggiore elasticità.

Passaggi di condotte attraverso tubi: Le condotte ed i cavi si possono far passare in tubi che vengono incollati o saldati con le membrane isolanti. Naturalmente, nel tubo contenente i cavi o le condotte, le parti rimaste vuote vanno colmate con materiale di tenuta a elasticità permanente almeno nei tratti iniziale e finale della condotta.

Isolamento di porte, sportelli, coperchi di pozzetti, ecc... Se non si è riusciti a ridurre la concentrazione di radon in cantina perché, ad esempio, non si vuole rinunciare alla pavimentazione (naturale) esistente o se le misure di isolamento non hanno dato i risultati sperati, occorre isolare le porte di accesso alla cantina e quelle che mettono in comunicazione i locali di soggiorno con il vano delle scale che portano in cantina. Le finestre e le porte ad alto isolamento acustico sono anche ben adatte ad arginare l'infiltrazione di aria e di radon. Al contrario, le porte tagliafuoco non forniscono una buona tenuta all'aria, infatti i profilati di tenuta elastici, a causa della loro scarsa resistenza al fuoco, non vengono impiegati nella costruzione di queste porte. Altri elementi da sigillare sono i coperchi dei pozzetti sistemati nei pavimenti delle cantine per i controlli periodici delle condotte.

3.1.2 Quando usare il sistema e limitazioni

Il provvedimento è particolarmente valido ove sono state identificate poche e ben definite vie d'accesso del radon (giunti di dilatazione, fessure, ecc.) e le concentrazioni non sono troppo elevate (indicativamente qualche centinaio di Bq/m³). Non è indicato come sola contromisura per concentrazioni elevate e soprattutto in costruzioni "vecchie" con muri permeabili. Infatti è inutile isolare la pavimentazione quando p.es. muri in pietra permettono il passaggio al radon.

Il provvedimento non è indicato nel caso di zone sismiche o costruzioni particolarmente soggette ad assestamenti, poichè la tenuta dell'isolamento nel tempo è difficilmente valutabile.

3.1.3 Possibilità d'implementazione ed adeguamento del sistema

Nel caso d'isolamenti complessi (p. es. posa di membrane isolanti) è opportuno valutare la contemporanea predisposizione di altri sistemi di riduzione (predisposizione per la ventilazione forzata del suolo al di sotto della membrana).

3.1.4 Costi – complessità - impatto

Tutti questi parametri cambiano molto in funzione della complessità dell'intervento che può variare dalla semplice sigillatura di alcune fessure, fino al sollevamento dei pavimenti per la posa in opera delle membrane ecc..

3.1.5 Giudizio complessivo

Un buon isolamento è alla base di ogni intervento di mitigazione della concentrazione del radon indoor. Costi e benefici vanno ben valutati. Spesso va affiancato da altri metodi di riduzione.

3.1.6 Note, osservazioni

Attenzione: Tutte le operazioni sopra descritte vanno effettuate con la massima accuratezza, in quanto una sola fessura (anche microscopica!) lasciata aperta, rende vano tutto il lavoro. L'isolamento dal suolo sottostante l'edificio è assolutamente indispensabile nel caso di installazione di sistemi di riscaldamento a pavimento.

3.2 Aumento della ventilazione attiva e passiva nell'ambiente di vita o di lavoro

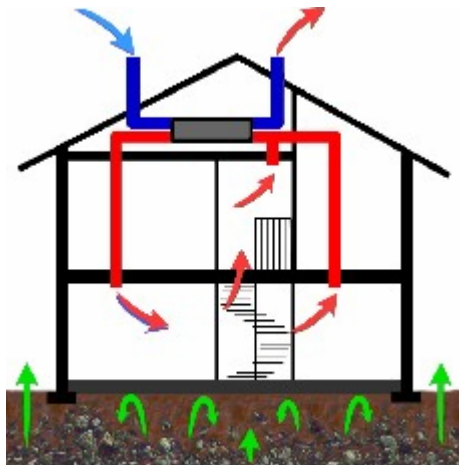


Figura n. 3.2: Ricambio forzato dell'aria con recupero del calore

3.2.1 Descrizione del sistema e limitazioni

È possibile diminuire la concentrazione di radon nella zona abitata, intensificando il ricambio d'aria. Si produce così una riduzione temporanea della concentrazione di radon. Nei periodi freddi questa strategia presenta evidenti controindicazioni: se si aprono spesso le finestre per garantire un forte ricambio d'aria diminuisce la temperatura degli ambienti e di conseguenza anche il comfort abitativo. Una soluzione migliore è costituita dall'installazione di un impianto di ventilazione con recupero del calore. Prima dell'espulsione, tramite uno scambiatore o una pompa di calore, si estraggono il calore e l'umidità dall'aria raccolta e si trasmette il calore all'aria fresca. Gli impianti di ventilazione con recupero del calore consentono un intenso ricambio d'aria (necessario per ridurre la concentrazione di radon) anche durante l'inverno, senza eccessive perdite energetiche. Inoltre, il ricambio d'aria è garantito ininterrottamente e non dipende dalle abitudini degli abitanti. In aggiunta esistono impianti di filtrazione dell'aria muniti di filtri elettrostatici o a carboni attivi in grado di catturare il radon o i figli del radon presenti in un ambiente.

3.2.2 Quando usare il sistema e limitazioni

Il provvedimento è particolarmente indicato ove le concentrazioni non sono troppo elevate. Non indicato per concentrazioni elevate (indicativamente $> 1000 \text{ Bq/m}^3$). Poco indicato per zone dal clima rigido.

3.2.3 Possibilità d'implementazione ed adeguamento del sistema

Questo tipo d'intervento può essere condotto in diverse fasi, che, dalla più semplice alla più complessa, sono: semplice apertura delle finestre, realizzazione di aperture permanenti, aumento forzato dei ricambi d'aria, aumento forzato dei ricambi d'aria con filtrazione dell'aria. Nel caso di un aumento forzato dei ricambi d'aria, l'impianto può essere utilizzato anche per mettere in pressione l'ambiente abitativo.

3.2.4 Costi - complessità - impatto

Tutti questi parametri cambiano molto in funzione della complessità del sistema di ventilazione che può variare dalla semplice apertura manuale di porte ed infissi al grosso impianto di ventilazione con recupero di calore.

3.2.5 Giudizio complessivo

Costi e benefici vanno ben valutati. Spesso va affiancato da altri metodi di riduzione.

3.2.6 Note, osservazioni

Nel caso il provvedimento sia costituito semplicemente dall'apertura manuale di porte/finestre, per essere efficace, tale operazione deve essere ripetuta costantemente. Inoltre la sua efficacia va verificata nell'arco dell'anno e nel tempo.

3.3 Pressurizzazione nell'ambiente di vita e di lavoro

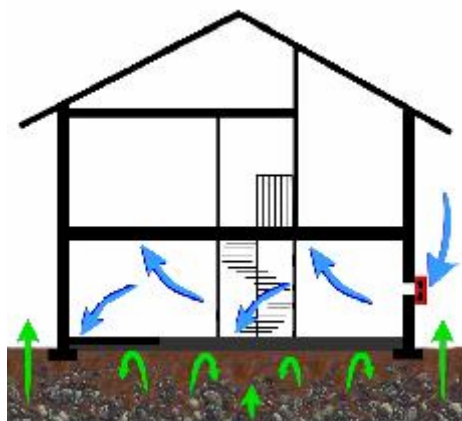


Figura n. 3.3 : Pressurizzazione nell'ambiente di vita o di lavoro

3.3.1 Descrizione del sistema e limitazioni

È possibile diminuire la concentrazione di radon nella zona abitata creando una leggera sovrappressione al suo interno. Allo scopo si possono utilizzare semplici ventilatori che immettano aria esterna oppure impianti di ventilazione con immissione ed asporto dell'aria (con o senza scambio di calore). Per questi ultimi, la quantità d'aria immessa deve superare quella dell'aria asportata.

Nella maggioranza dei casi, per creare una sufficiente sovrappressione, bastano potenze molto ridotte del ventilatore (10 – 20 Watt). L'immissione d'aria esterna può però modificare negativamente il microclima (temperatura, rumore, polveri), quindi, in alcuni casi, può essere opportuno riscaldare o filtrare l'aria e/o isolare acusticamente o temporizzare adeguatamente il ventilatore.

3.3.2 Quando usare il sistema e limitazioni

Il provvedimento è indicato solo se la costruzione è a buona tenuta d'aria e la compartimentazione degli ambienti è sufficientemente garantita. È poco indicato in edifici "vecchi" e locali direttamente collegati con molti altri locali o con l'esterno. Non può essere usato in presenza di camini, cappe o altre aperture permanenti.

3.3.3 Possibilità d'implementazione ed adeguamento del sistema

Possono essere scelti adeguati periodi (p.es. solo inverno) o tempi di funzionamento programmati (p. es. solo di notte) del ventilatore.

3.3.4 Costi - complessità - impatto

Tutti questi parametri variano molto in funzione della complessità del sistema.

3.3.5 Giudizio complessivo

In alcuni casi il rapporto costi e benefici è molto conveniente.

3.3.6 Note, osservazioni

Il sistema costringe ad un'attenzione costante alla chiusura di porte e finestre dopo la loro apertura.

3.4 Aspirazione forzata da canaline o intercapedine; creazione di un vespaio ventilato nell'ambiente di vita o di lavoro

3.4.1 Descrizione del sistema e limitazioni

Aspirazione forzata da canaline: lungo le pareti interne del locale, si dispone un canale di raccolta per il radon, collegato ad un ventilatore che vi genera una leggera depressione e spinge all'aperto tramite un tubo di scarico l'aria carica di radon aspirata dal suolo.

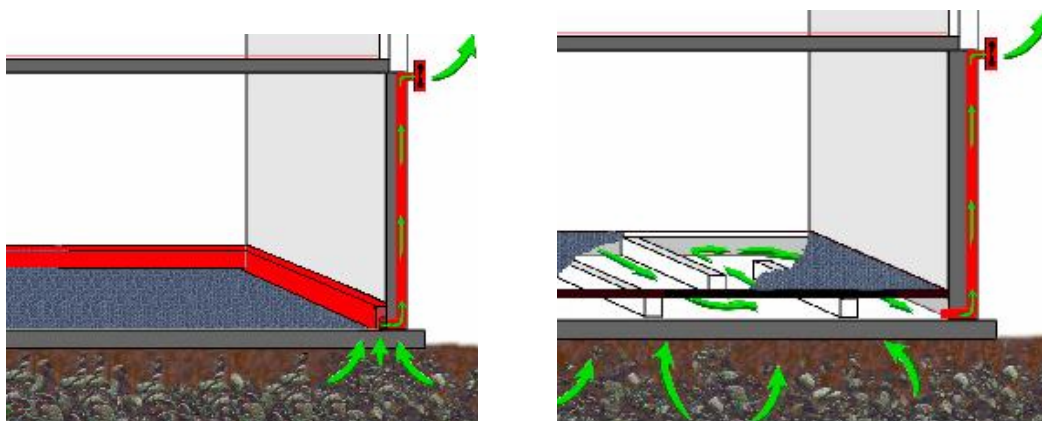


Figura n. 3.4 e 3.5: Aspirazione forzata da canalina e da intercapedine

Aspirazione forzata da intercapedine: Possono essere realizzati al di sopra dei pavimenti esistenti nuovi pavimenti dotati di vuoto sanitario di vario tipo: sul mercato esistono diversi prodotti prefabbricati che, normalmente, vengono impiegati nell'allestimento di uffici per creare un vano tecnico al di sotto del pavimento. Il radon che penetra attraverso il suolo si accumula nel vuoto sanitario e, per espellerlo, basterà provvedere al solo inserimento di una canna d'aspirazione e di un ventilatore. In ogni caso il pavimento deve essere assolutamente stagno rispetto al locale sovrastante.

Creazione di un vespaio ventilato (naturale o forzato): Ove si debbano ripavimentare locali di soggiorno con soletta di pavimentazione a contatto col terreno può risultare conveniente risolvere il problema del radon sostituendo il pavimento esistente con un nuovo pavimento con vuoto sanitario sottostante. Onde impedire l'aspirazione di aria dal locale sovrastante conviene disporre, sopra gli elementi che sorreggono la pavimentazione, una membrana di polietilene. La ventilazione del vespaio può essere realizzata naturalmente, mediante collegamento a camini nuovi o preesistenti o con la creazione d'aperture permanenti, o in maniera forzata con l'ausilio di ventilatori.

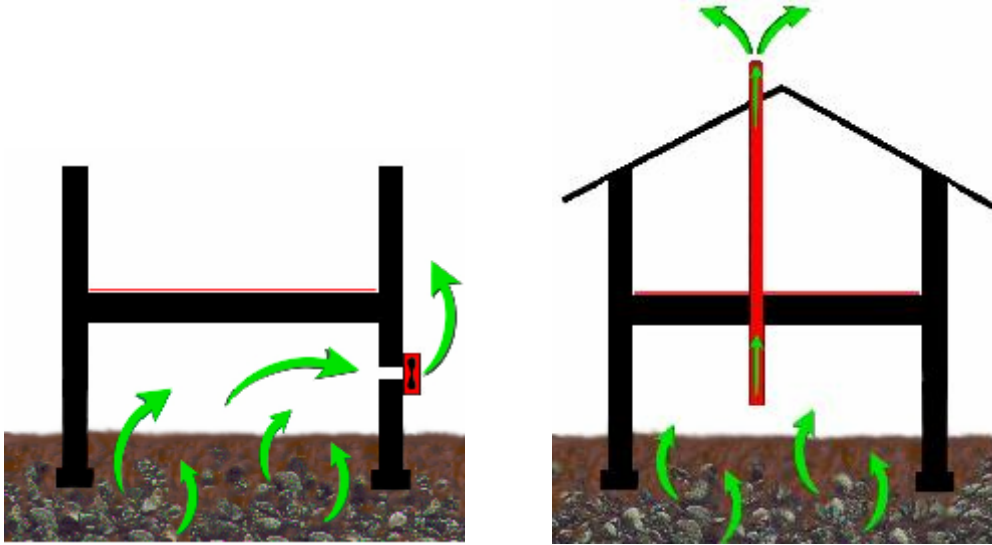


Figura n. 3.6 e 3.7: Creazione di un vespaio ventilato

3.4.2 Quando usare il sistema e limitazioni

L'aspirazione da canalina o da intercapedine è indicata nel caso si debbano risanare unicamente singoli locali di piccole dimensioni. Per evitare una depressione nel locale è assolutamente indispensabile che sia la canalina che la pavimentazione sopra l'intercapedine siano assolutamente a tenuta. Tuttavia il mantenimento delle suddette condizioni nel tempo è di difficile realizzazione.

La creazione di un vespaio risulta più promettente. In considerazione degli alti costi dell'intervento, essa è più indicata nel caso di una ristrutturazione generale.

3.4.3 Possibilità d'implementazione ed adeguamento del sistema

Possono essere scelti adeguati periodi (p.es. solo inverno) o tempi di funzionamento programmati (p. es. solo di notte) del ventilatore. Il vespaio può essere ventilato in maniera naturale o forzata.

3.4.4 Costi - complessità – impatto

Gli interventi di questo tipo risultano mediamente essere piuttosto complessi, costosi e creano disagio durante l'installazione.

3.4.5 Giudizio complessivo

Dati i costi elevati e la complessità dell'intervento, ad esclusione dei casi di ristrutturazione in cui questo metodo può risultare il più conveniente, è opportuno sperimentare prima altri metodi.

3.4.6 Note, osservazioni

Per evitare l'afflusso di radon dalle stanze vicine, nel caso dell'aspirazione da canalina o dall'intercapedine, la porta di accesso al locale in oggetto dovrà essere a chiusura ermetica.

3.5 Ventilazione (passaggio di aria) naturale o forzata, pressurizzazione forzata e depressione forzata del vespaio o cantina

3.5.1 Descrizione del sistema e limitazioni

Vespaio - cantina: con ventilazione (passaggio di aria) naturale o forzata: Poiché il radon si infila dagli scantinati o se, presenti, dai vespai, l'accorgimento più semplice per impedire l'ingresso del radon nei locali superiori può essere costituito dall'incremento del numero di ricambi d'aria in questi spazi (vespaio – cantina). La ventilazione può essere realizzata in maniera naturale, p.es. aprendo finestre già presenti in cantina o praticando dei fori d'aerazione nelle pareti (vespaio, cantina), oppure in maniera forzata applicandovi in aggiunta dei ventilatori.

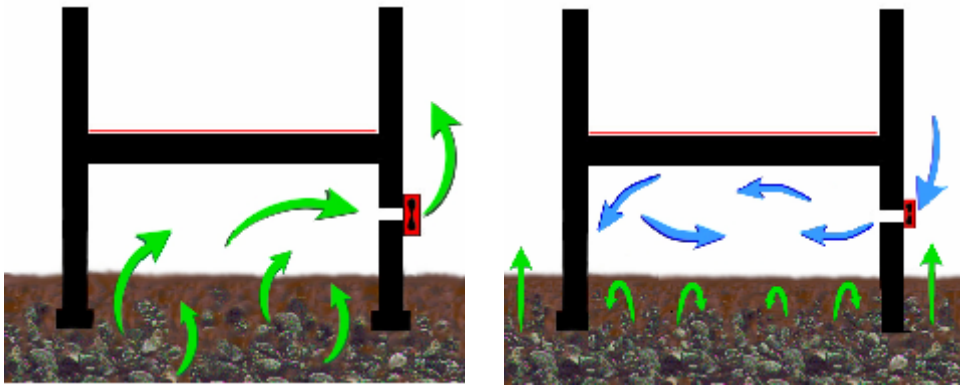


Figura n. 3.8 e 3.9: Depressione e sovrappressione nel vespaio o cantina

Vespaio - cantina: pressurizzazione forzata: Un altro metodo può essere quello di evitare l'ingresso del radon nelle cantine o nei vespai e quindi anche negli ambienti circostanti e superiori, creando una leggera sovrappressione in questi spazi. Allo scopo possono essere utilizzati semplici ventilatori che immettono aria (normalmente aria esterna).

Vespaio - cantina: depressurizzazione forzata (o naturale): In molti casi anche la creazione di una depressione può essere un'efficiente contromisura. La depressurizzazione può essere realizzata in maniera naturale con un condotto verticale che sfocia in un camino sul tetto, oppure, con maggiore efficacia, installando un ventilatore sul condotto stesso oppure direttamente verso l'esterno. Questo metodo generalmente tende ad aumentare la concentrazione di radon in questi ambienti, ma la depressione, agendo nei confronti dei locali circostanti o superiori, impedirà al radon di penetrare in questi ultimi.

In tutti e tre i casi, le cantine/vespai devono essere il più possibile a tenuta, in modo da poter minimizzare la potenza del ventilatore e diminuire le perdite termiche. Nel caso di depressurizzazione della cantina, in presenza di generatori di calore (forno, camino) a livello della cantina o nei locali adiacenti e superiori, la depressurizzazione può provocare un ritorno di fumo con rischio di intossicazione (CO). Quindi questo sistema può essere utilizzato solo in presenza di generatori di calore dotati di camere stagne di combustione, mentre non va utilizzato in presenza di caminetti o apparati simili a fiamma libera.

3.5.2 Quando usare il sistema e limitazioni

Si tratta normalmente delle prime azioni da intraprendersi qualora gli edifici siano dotati di cantine o vespai. La principale limitazione, soprattutto per la ventilazione naturale e la pressurizzazione, è costituita dall'abbassamento della temperatura nei periodi più freddi dell'anno, in conseguenza dell'immissione d'aria esterna. In particolare per la pressurizzazione è indispensabile che la cantina/vespaio sia sufficientemente isolata dalla restante parte dell'edificio.

3.5.3 Possibilità d'implementazione ed adeguamento del sistema

Ove la ventilazione naturale non risultasse sufficiente si può passare ad una ventilazione forzata. L'immissione d'aria esterna può però modificare negativamente il microclima (temperatura, rumore, polveri). In alcuni casi può essere opportuno riscaldare o filtrare l'aria e/o isolare acusticamente o temporizzare adeguatamente il ventilatore.

3.5.4 Costi - complessità - impatto

Tutti questi parametri cambiano molto in funzione della complessità dell'intervento che può variare dalla semplice apertura delle finestre esistenti, fino all'installazione di sistemi di ventilazione con il riscaldamento dell'aria.

3.5.5 Giudizio complessivo

In molti casi il rapporto costi e benefici è molto conveniente.

3.5.6 Note, osservazioni

L'uscita dei sistemi di depressurizzazione deve essere sufficientemente lontana da porte e finestre onde evitare una re-immissione del radon nell'edificio. Si ribadisce che, nel caso di depressurizzazione della cantina, in presenza di generatori di calore (forno, camino) a livello della cantina o nei locali adiacenti e superiori, la depressione può provocare un ritorno di fumo con rischio di intossicazione (CO). Quindi questo sistema può essere utilizzato solo in presenza di generatori di calore dotati di camere stagne di com-

bustione, mentre non va utilizzato in presenza di caminetti o apparati simili a fiamma libera.

3.6 Depressurizzazione del suolo con pozzetto o punto d'aspirazione con condotta interna o esterna, tubi di drenaggio posati nel ghiaio (ventilazione, depressurizzazione naturale o forzata), pressurizzazione del suolo sotto casa

3.6.1 Descrizione del sistema e limitazioni

La depressurizzazione del terreno situato sotto l'edificio consente l'asportazione passiva o attiva del radon direttamente dal suolo e quindi limita il suo ingresso nell'edificio. In alternativa è possibile impedire l'ingresso del radon nell'edificio pressurizzando il suolo sotto la casa. Allo scopo si possono impiegare diverse tecniche:

Depressurizzazione del suolo con pozzetto o punto d'aspirazione con condotta interna o esterna: L'aria del sottosuolo viene raccolta in un semplice pozzo o punto di raccolta realizzato sotto il pavimento esistente. In funzione della superficie da risanare i punti possono anche essere più di uno. La depressione nel suolo si crea naturalmente o mediante aspirazione forzata e l'aria viene dispersa all'esterno tramite una condotta. Il lavoro può essere realizzato o direttamente dall'interno dell'edificio (condotta interna) oppure dall'esterno senza intaccare le opere di pavimentazione (condotta esterna).

In generale la posizione ottimale del punto di raccolta è quella centrale rispetto all'area da risanare. Nel caso in cui sia stato individuato un preciso punto di risalita del radon, quel punto potrebbe rappresentare la scelta più opportuna per il posizionamento del pozzetto. Ove non sia possibile operare queste scelte, anche un punto d'aspirazione esterno all'edificio può risultare adatto allo scopo. In questo caso la profondità del pozzetto deve essere maggiore di quella delle fondamenta dell'edificio. Inoltre per creare una sufficiente depressione anche nel suolo sottostante l'edificio, è necessaria l'aspirazione forzata con ventilatori di potenza generalmente superiore a quelli utilizzati nei casi precedenti.

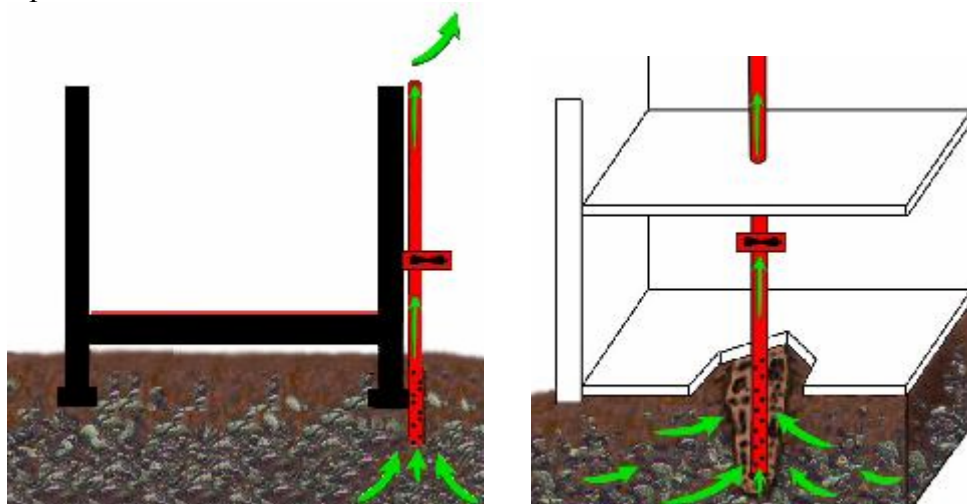


Figura n. 3.10 e 3.11: Pozzetto esterno ed interno alla casa

Tubi di drenaggio posati nel ghiaio (ventilazione, depressione naturale o forzata): In alternativa al pozzetto o ai singoli punti d'aspirazione è possibile creare la depressione attraverso la posa di opportuni tubi di drenaggio (perforati) lungo il perimetro dell'area da risanare. Questi tubi drenanti, uniti tra loro, dovranno formare un singolo anello chiuso collegato alla canna d'aspirazione. Anche in questo caso può essere sufficiente una depressione che si crea naturalmente, in caso contrario si applicherà un aspiratore.

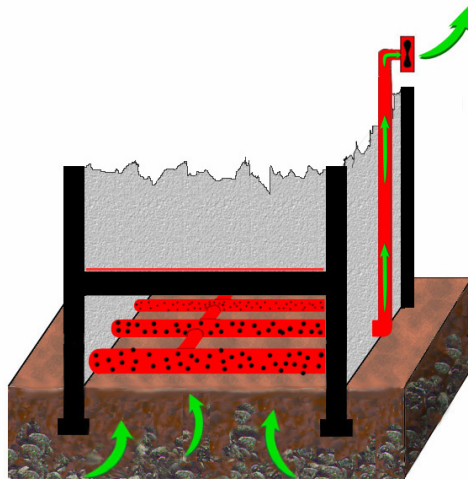


Figura n. 3.12: Tubi di drenaggio posati nel ghiaio con ventilazione, depressione naturale o forzata

Pressurizzazione del suolo sotto la casa. Nei casi in cui la depressurizzazione del suolo non risulti efficace si può valutare la possibilità di pressurizzare il suolo (con le stesse modalità di prima) creando un cuscino d'aria sotto l'edificio. Il metodo in genere è molto efficace ma, se la temperatura scende sotto zero, il congelamento del suolo che ne può derivare, può compromettere la stabilità e l'integrità dell'edificio. Nel caso in cui questa sia l'unica soluzione possibile, allo scopo di limitare il rischio di congelamento del suolo, si consiglia di immettere nel suolo l'aria interna dell'edificio.

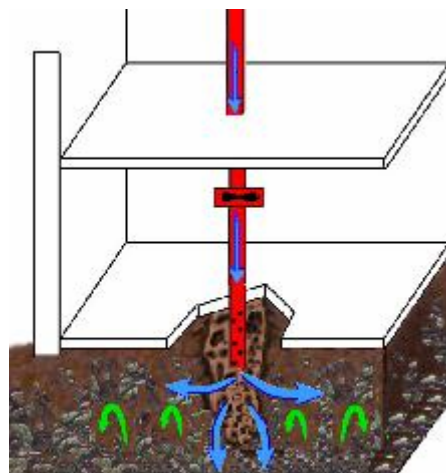


Figura n. 3.13: Pressurizzazione del suolo sotto la casa

La principale limitazione di tutti i metodi sopra descritti, è rappresentata da suoli particolarmente compatti ed impermeabili (limo, argilla) o roccia al di sotto dell'abitazione. Anche nel caso di suoli estremamente permeabili il metodo risulta poco efficace, in quanto è molto difficile creare una sufficiente depressione nel terreno. Questi metodi sono altresì controindicati nel caso di significativa presenza d'acqua nel suolo.

3.6.2 Quando usare il sistema e limitazioni

La depressurizzazione del suolo è indicata ove non sono presenti vespai o cantine nelle quali si possa intervenire come riportato nelle schede precedenti. L'efficienza del sistema cala significativamente qualora la superficie di contatto con il suolo sia su più livelli (gradini o casa in pendio), inoltre l'intervento diventa complesso. Spesso la creazione di una depressione naturale risulta non sufficiente per abbattere il radon. Si consiglia in ogni caso di prevedere anche l'installazione di un ventilatore.

3.6.3 Possibilità d'implementazione ed adeguamento del sistema

Ove la depressurizzazione naturale non risultasse sufficiente si può passare ad una forzata. Sia la potenza che il numero di punti di raccolta possono essere incrementati adeguandoli alle necessità. Spesso è possibile ottimizzare il sistema con una temporizzazione dell'aspirazione forzata.

3.6.4 Costi - complessità - impatto

Tutti questi parametri variano molto in funzione della complessità dell'intervento che può essere a costo molto basso se eseguito nell'ambito di una ristrutturazione generale o molto alto nei casi più complessi.

3.6.5 Giudizio complessivo

Normalmente il metodo ha un'alta efficienza ed è quello più indicato nel caso di ambienti a diretto contatto con il suolo. In genere il rapporto costi e benefici è conveniente.

3.6.6 Note, osservazioni

L'uscita dei sistemi di depressurizzazione deve essere sufficientemente lontana da porte e finestre onde evitare una re-immissione del radon nell'edificio. Dato che in alcuni casi è stata osservata una accidentale depressione anche nei locali prossimi al punto d'aspirazione, il sistema non è applicabile se in questi ambienti sono utilizzati sistemi per il riscaldamento a fiamma aperta, cioè stufe a legna, caminetti, stufe a gas ecc. che non dispongano di una presa separata per l'aria esterna o se nelle stanze non vi sia un'apertura che garantisca in ogni caso una sufficiente ventilazione. Infatti

l'indesiderata depressione nelle stanze può provocare un ritorno di fumo con rischio di intossicazione (CO).

Si ribadisce che, se la temperatura scende sotto zero, il congelamento del suolo che ne può derivare, può compromettere la stabilità e l'integrità dell'edificio.

4. LA VERIFICA DELL'EFFICIENZA DELLE AZIONI DI BONIFICA

L'efficacia delle azioni di rimedio, anche quelle più semplici, va opportunamente verificata, sia su breve che su lungo periodo. Le verifiche di breve periodo vanno eseguite ad azione di rimedio terminata, nelle normali condizioni d'utilizzo degli ambienti risanati e, se possibile, durante i periodi più freddi dell'anno (durante i periodi con il riscaldamento acceso) o comunque quando la concentrazione del radon è più elevata.

Per effettuare la verifica di breve periodo è necessario che le azioni di rimedio applicate possano essere rese momentaneamente inefficaci, in modo che sia possibile osservare il reale effetto dell'azione di rimedio stessa. Ad esempio, nel caso di ventilazione, eventualmente forzata, del vespaio dell'edificio, normalmente il loro effetto può essere reso nullo sigillando provvisoriamente le bocchette di ventilazione o spegnendo gli aspiratori.

Si consiglia un periodo minimo delle misure di verifica di circa venti giorni suddivisi in tre periodi tra di loro contigui e può essere utilizzata sia strumentazione attiva che passiva. Gli strumenti vanno possibilmente posizionati in diversi locali, allo scopo di approfondire la conoscenza della distribuzione spaziale della concentrazione di radon all'interno dell'edificio stesso e di verificare l'eventuale riduzione della concentrazione nei diversi locali.

Il primo periodo di misura viene effettuato ad azione di rimedio "spenta", il secondo ad azione di rimedio "accesa" ed il terzo ad azione di rimedio nuovamente "spenta". La durata del singolo periodo di misura deve essere tale da garantire l'omogeneità dei tre periodi tra di loro. Ad esempio, per i luoghi di lavoro, l'unità minima dovrà essere di una settimana, in modo da garantire la misura durante un ciclo standard di utilizzo dell'edificio, comprendente sia giorni feriali che festivi. L'utilizzo dei locali di un edificio, sia esso un luogo di lavoro o un'abitazione privata, è normalmente diverso nei giorni lavorativi e nel weekend. Possono essere scelti periodi inferiori alla settimana nel caso sia possibile garantire la confrontabilità delle tre situazioni di misura.

La scelta di effettuare tre periodi di misura contigui è dettata dal fatto che alla fine del primo periodo di misura potrebbero cambiare anche le condizioni atmosferiche, con un effetto sulla concentrazione di radon all'interno dell'edificio, impedendo una corretta interpretazione dei dati. Il rischio di false interpretazioni viene ridotto effettuando il terzo periodo di misura. In ogni caso la durata totale del periodo di verifica dovrebbe essere comunque breve, onde ridurre al minimo le fluttuazioni di radon causate dalla variazione dei parametri meteorologici che vanno possibilmente rilevati.

Il sistema descritto può essere utilizzato per la verifica di interventi previsti in diverse fasi a seconda delle necessità (ex.: apertura successiva di un certo numero di bocchette di aerazione, applicazione successiva di ventilazione forzata, ecc.) o per il dimensionamento degli stessi (ex.: scelta del numero di aspiratori, della potenza e/o dei tempi di funzionamento degli stessi). In questo modo è anche possibile effettuare l'ottimizzazione dell'intervento riducendo al minimo il rapporto costo beneficio.

In considerazione delle caratteristiche del radon, già citate nella scheda introduttiva di sintesi, è assolutamente necessario concludere la verifica con misure di lungo periodo, della durata complessiva di un anno.

Inoltre vanno ripetute le misure nei casi di interventi strutturali sull'edificio, interventi atti al risparmio energetico (modifica degli impianti di riscaldamento, isolamento di porte, finestre, tetto ecc.), installazione di un impianto di aria condizionata, ecc.

BIBLIOGRAFIA

- CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation), *Radon: a Guide for Canadian Homeowners*, 1997.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), *Consumer's Guide to Radon Reduction*, August 1992.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), *Radon Reduction Techniques for Existing Detached Houses*, October 1993.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), *Model Standards and Techniques for Control of Radon in New Residential Buildings*, March 1994.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), *Radon Mitigation Standards (RMS)*, April 1994.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), *Buying a New Home? How to Protect Your Family From Radon*, April 1998.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), *A Guide for Installing Affordable Radon Control Systems in New Homes*, October 1999.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), *Home Buyer's and Seller's Guide to Radon*, July 2000.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), *Building Radon Out*, April 2001.
- GEOEX s.a.s, *Il Radon: Tecniche di Misura e di Risanamento*, <http://www.radon.it> .
- IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire- France), *Le radon dans les bâtiments*, 1998.
- UFSP (Ufficio Federale della Sanità Pubblica- Svizzera), *Radon: Guida tecnica destinata ai professionisti dell'edilizia, a Comuni e Cantoni, nonché ai proprietari di immobili*, Berna, Gennaio 2000.
- ARPA Friuli Venezia Giulia, Bertagnin M., Garavaglia M., Giovani C., Russo G., Villalta R., 2003 – *Indicazioni e raccomandazioni per la protezione degli edifici dal radon*, 32pp.
- APPA Bolzano, Minach L., Verdi L., Marchesoni C., Amadori C. , *Il radon in Alto Adige - con esempi di contromisure e risultati di risanamenti realizzati in Alto Adige*. www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/radon/index_i.htm.
- RTI CTN_AGF 4/2004, Minach L., Chiaberto E. M., Bonomi M., Lazzaron R., Trotti F., Caldognetto E., *Linea Guida per la misura del radon in ambienti residenziali*
- ERRICCA2 (European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action)
http://arcas.nuclear.mech.ntua.gr/%7Eerricca/erricca2/Topic_4/ERSD_cs_index.html