



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



CONVEGNO ON LINE
LUNEDÌ 16 SETTEMBRE 2024, ORE 15.00 - 18.00

I¹

Il Piano Nazionale Antiradon: contenuti, obiettivi, azioni ed esempi di bonifica

Focus e approfondimenti per i tecnici dell'ingegneria

Strategie risanamenti vecchi e nuovi edifici

Criteri progettuali di Risanamento Radon

Rassegna delle principali tecniche di misura del Radon e dei principali metodi di intervento per il risanamento degli edifici – CASO STUDIO

Aldo DELIA Ing. - EIRR

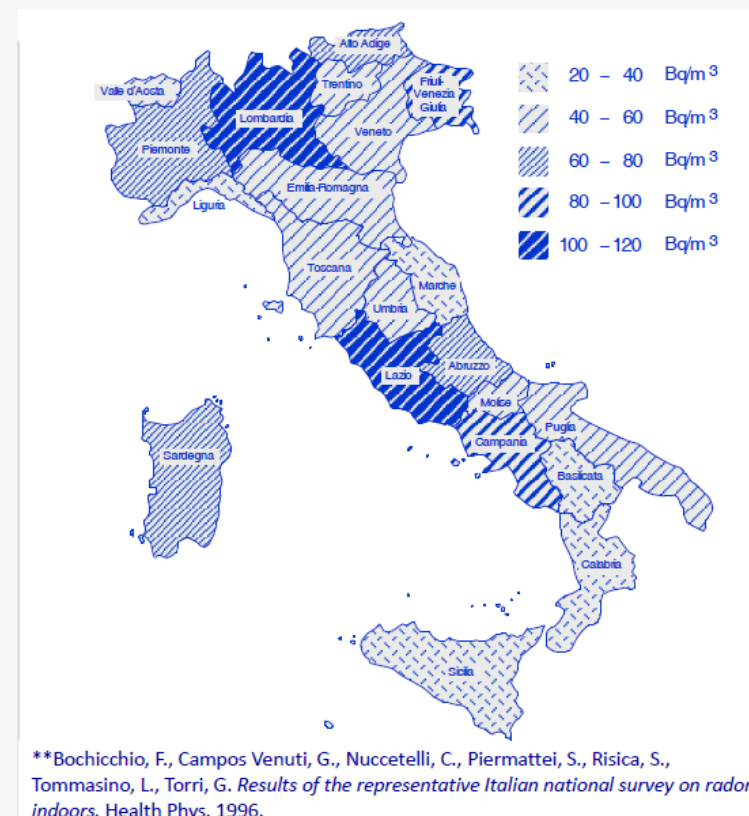
331-75.16.623

aldo.delia.ing@gmail.com

*Esperto di Radioprotezione Grado III N° 541
Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali*

Livelli medi Radon Indoors In Italia

- ✓ La concentrazione media di radon nelle abitazioni italiane è 75 Bq/m^3 , circa il doppio del valore medio mondiale (40 Bq/m^3 - dato UNSCEAR, 2000).
- ✓ Dall'indagine nazionale** è risultato che il 5% delle abitazioni ha livelli di radon superiori a 200 Bq/m^3 e l'1% superiori a 400 Bq/m^3 .
- ✓ Lazio e Lombardia ($100 - 120 \text{ Bq/m}^3$), Friuli Venezia Giulia e Campania ($80 - 100 \text{ Bq/m}^3$), sono le regioni con i valori medi più alti.
- ✓ Necessità di attenzione ai materiali da costruzione di origine naturale. In Lazio e Campania sono stati riscontrati valori particolarmente alti di dose gamma indoor.

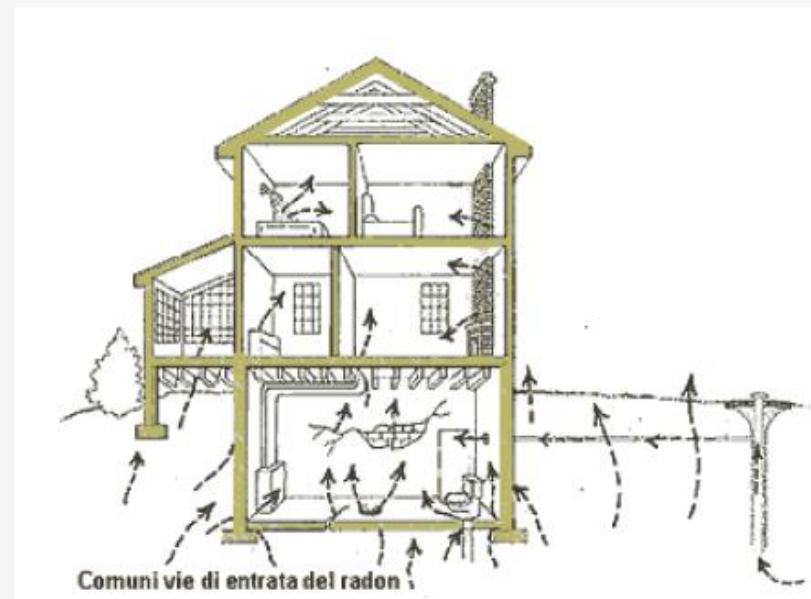


Vie Di Ingresso Del Radon - Sorgenti Del Radon Indor

Aldo DELIA Ing. - EIRR 331-75.16.623 -
aldo.delia.ing@gmail.com

Le principali sorgenti del radon in un edificio sono:

- 1 Suolo
- 2 Materiali Edili
- 3 Acqua
- 4 Aria esterna e gas



Modello UNSCEAR

Per una casa tipica con una conc. di Rn al pianoterra di 50 Bq m^{-3} :
60% proviene dal suolo
20% dai materiali edili
20% da acqua, aria esterna e gas.

Per edifici multipiano ai piani sup. si stima una conc. media di 20 Bq m^{-3} .
I contributi relativi ad ogni sorgente sono di 0%, 50% e 50%.

1. Effetto camino

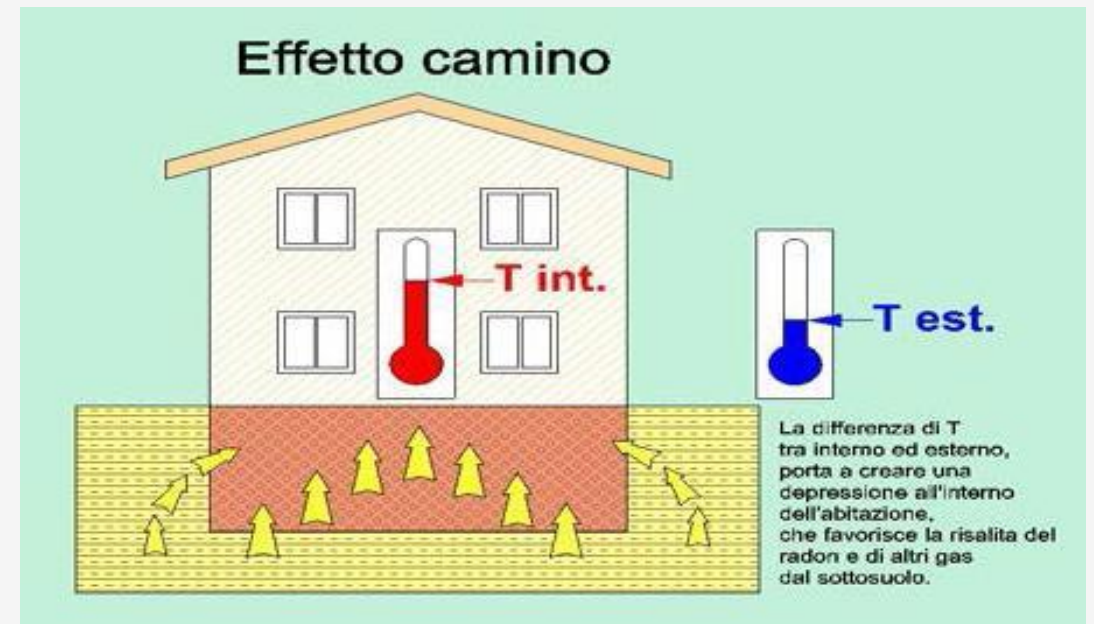
Diff. di pressione (DP) tra l'ambiente interno ed esterno, per la differenza di temperatura tra int. ed est. dell'edificio.

$$\Delta P = \alpha \left(\frac{1}{t_e + 273} - \frac{1}{t_i + 273} \right)$$

dove t_e e t_i sono la temp. est. ed int. (in °C) ed $\alpha = 3462 \text{ Pa/}^\circ\text{K}$.

La leggera depressione interna di fatto richiama aria esterna anche dal sottosuolo. Il fenomeno cresce al crescere della diff. di temperatura

1 - Effetto camino



1. Effetto vento

Il DP int./est. può essere amplificato da venti persistenti che investono direzionalmente l'edificio e creano forti pressioni sulle pareti esterne investite e depressioni sulle altre, così accentuando il richiamo di aria dal suolo verso l'interno

La pressione su una parete è data da:

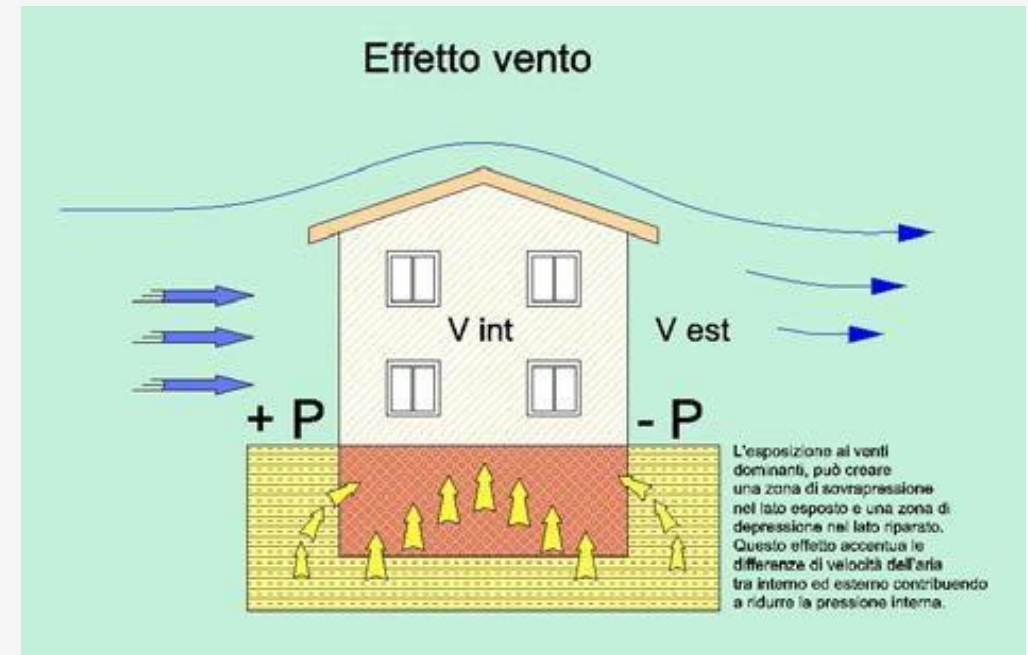
$$P = P_0 + C_p \left(\frac{1}{2} \rho v^2 \right)$$

P_0 è la pressione statica nel vento, v la velocità del vento, ρ è la densità dell'aria e C_p il coefficiente di pressione ottenuto da prove in galleria del vento

L'esposizione ai venti dominanti può creare una zona di sovrappressione nel lato esposto ed una zona di depressione nel lato riparato. Questo effetto accentua le differenze di velocità tra interno ed esterno contribuendo a ridurre la pressione interna

Le differenze di temperatura e di velocità dell'aria rendono la concentrazione di radon indoor variabile a seconda delle condizioni meteo, con sensibili variazioni sia giornaliere che stagionali.

2 - Effetto vento



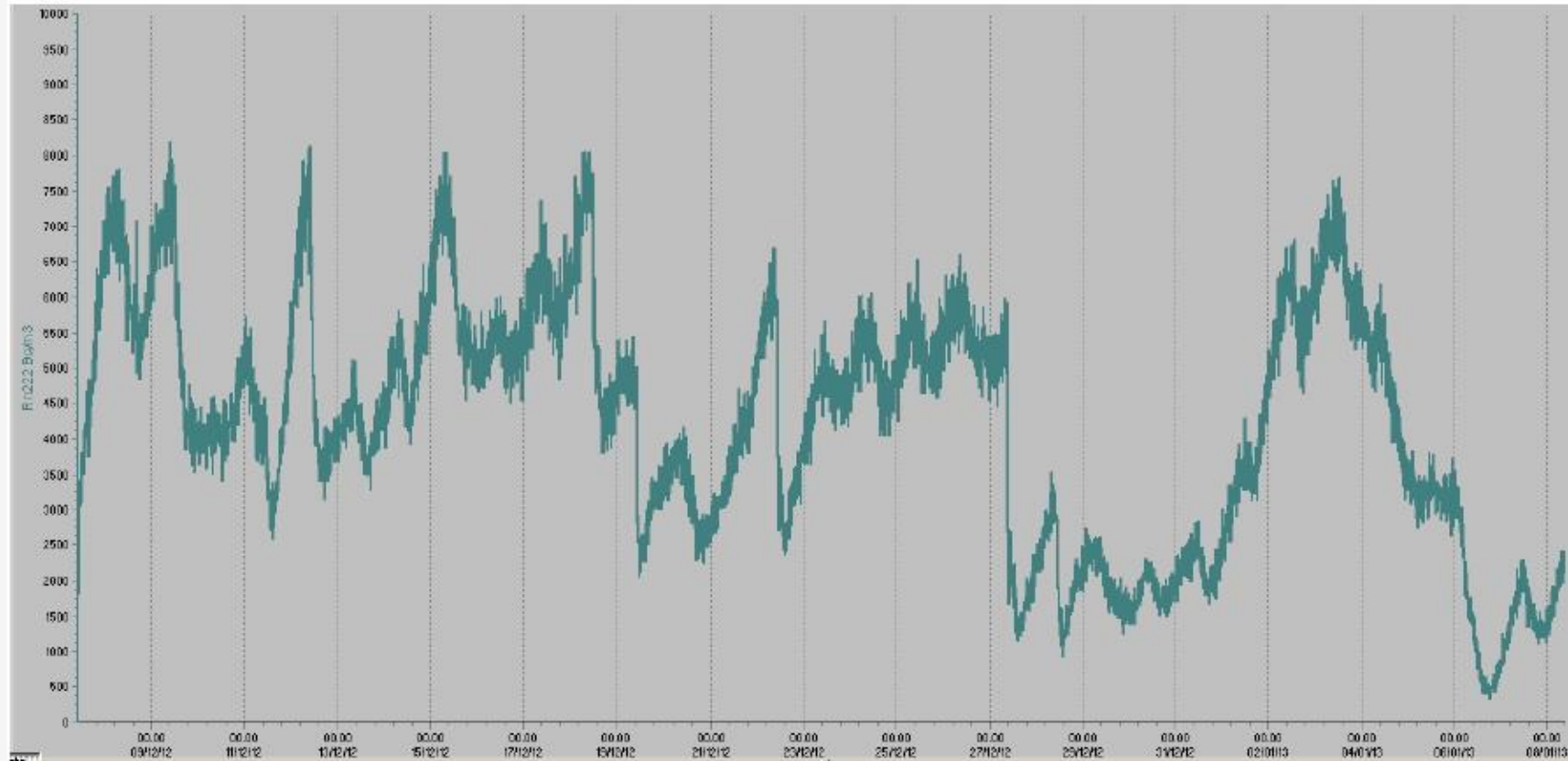
Meccanismi che regolano l'ingresso del Radon negli edifici

La differenza di pressione può essere inoltre accentuata da fattori quali:

- **impianti di aspirazione** (cappe delle cucine, aspiratori nei bagni, etc.) senza un sufficiente approvvigionamento di aria dall'esterno;
- presenza di **canne fumarie** senza prese d'aria esterna;
- **manca** di sigillatura delle tubazioni di servizio;
- **interventi di isolamento termico** per risparmio energetico.

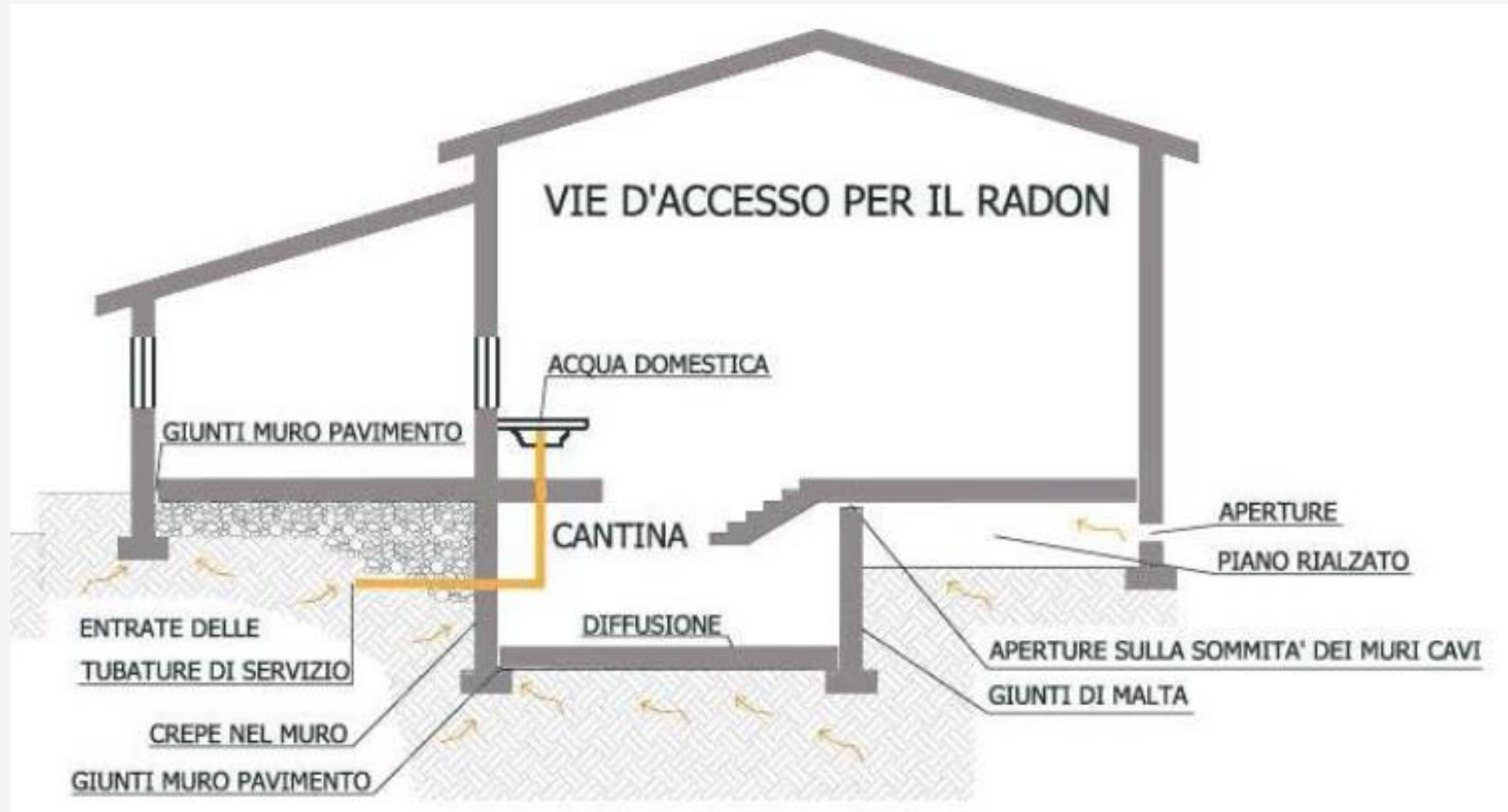
Variazioni orarie/settimanali dei livelli di radon indoor

Aldo DELIA Ing. - EIRR 331-75.16.623 -
aldo.delia.ing@gmail.com



Vie di accesso del Radon

Aldo DELIA Ing. - EIRR 331-75.16.623 -
aldo.delia.ing@gmail.com



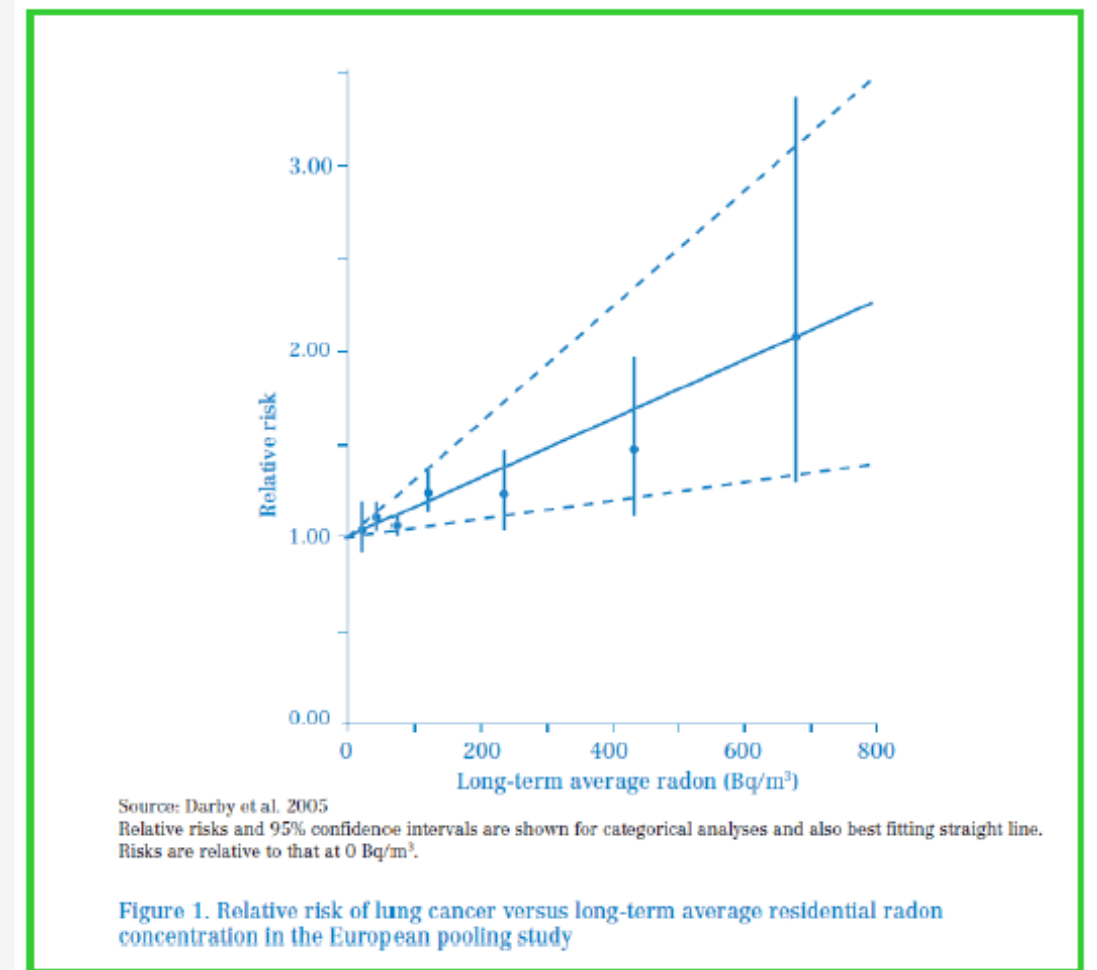
Caratteristiche dell'edificio che aumentano la probabilità di ingresso del radon

Scavo di fondazione	<ul style="list-style-type: none">- effettuato minando la roccia- in area di riempimento, su ghiaia o sabbia- in terreni molto permeabili, anche non in aree a rischio
Attacco a terra	<ul style="list-style-type: none">- contatto diretto del solaio e/o di alcune pareti con il terreno- mancanza di vespaio areato
Superfici permeabili	<ul style="list-style-type: none">- pavimenti naturali in terra battuta, ciotoli, ecc.- solai in legno- pareti in forati- muratura in pietrisco
Punti di infiltrazione	<ul style="list-style-type: none">- fori di passaggio cavi e tubazioni- giunti o fessurazioni in pavimenti e pareti- pozzetti ed aperture di controllo- prese elettriche nelle pareti della cantina- camini, montacarichi, etc.
Distribuzione spazi	<ul style="list-style-type: none">- locali interrati o seminterrati adibiti ad abitazione- presenza di scale aperte che conducono alla cantina
Fruizione	<ul style="list-style-type: none">- nulla o scarsa ventilazione dei locali interrati- lunga permanenza in locali interrati o seminterrati

Da dove partiamo ?

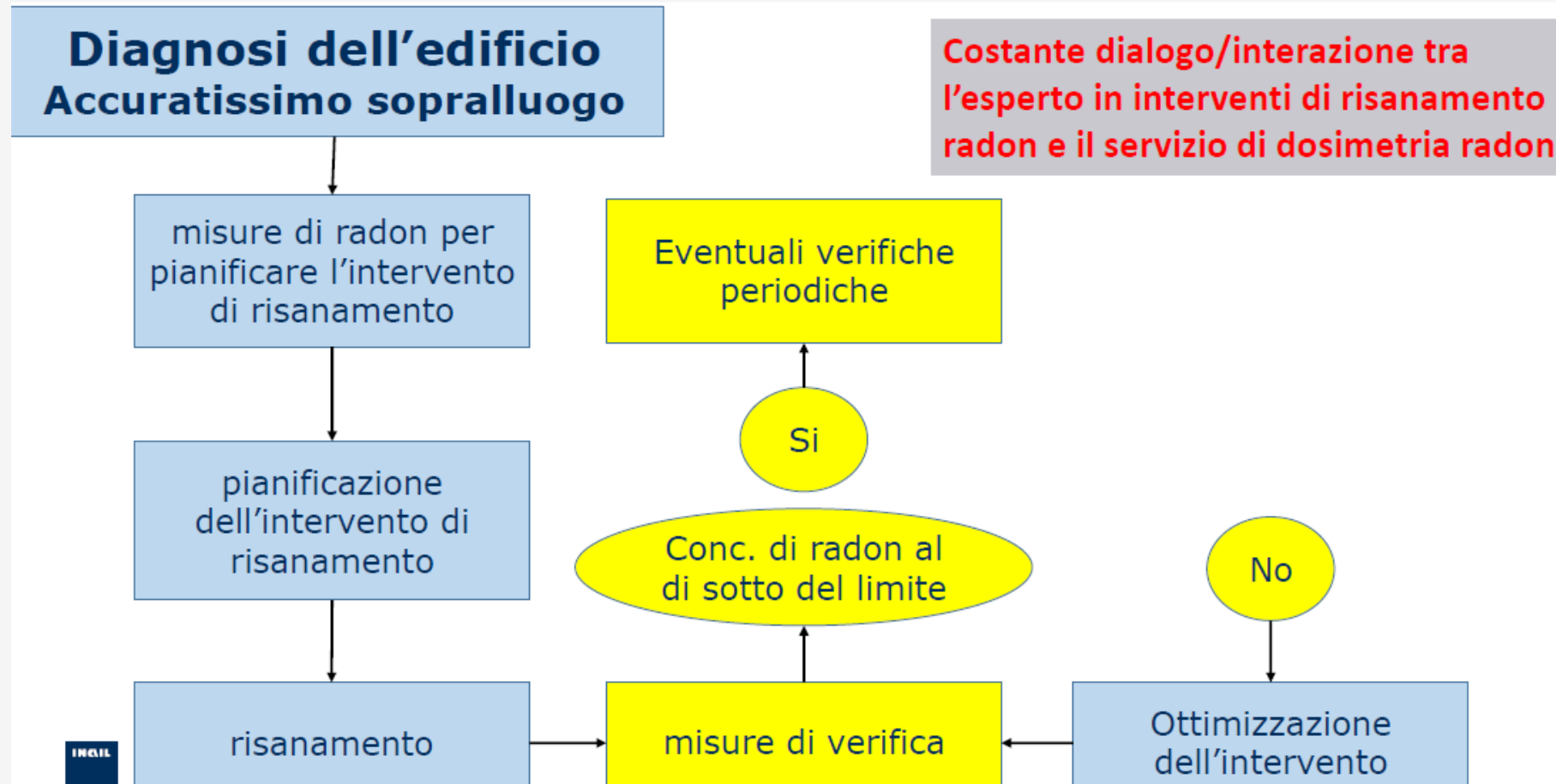
L'intervento di risanamento dell'edificio è un **compromesso** tra un efficace riduzione dei livelli di radon, costi di installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione, incidenza sulle abitudini di vita, durata nel tempo.

Anche se non è possibile eliminare completamente il radon dobbiamo tendere ai valori più bassi possibili (**principio ALARA- As Low As Reasonable Achievable**)



Criterio di progettazione per un risanamento/bonifica del radon

Aldo DELIA Ing. - EIRR 331-75.16.623 -
aldo.delia.ing@gmail.com



Criterio di progettazione per un risanamento/bonifica del radon

Analisi tipo di fondazioni se a platea o con vespaio aerato

Le contromisure di seguito riportate mirano soprattutto ad impedire o limitare l'ingresso del radon dal suolo. Un problema a parte sono le emissioni dei materiali da costruzione che non sono discusse nel seguente testo.

In generale, sia per le misure preventive (casa in fase di progetto) che per i risanamenti (case esistenti con concentrazioni elevate) le metodiche sono simili. Tuttavia mentre nel caso di nuove costruzioni le misure preventive possono essere coordinate in modo chiaro e conducono quasi sicuramente al successo, nel caso di risanamenti è spesso necessario valutare attentamente le diverse alternative possibili ed è a volte difficile prevederne il risultato ed i costi.

Per le nuove costruzioni, i costi aggiuntivi delle contromisure sono normalmente molto contenuti. In ogni caso è molto importante valutare la situazione iniziale. A lavoro ultimato, sono necessarie delle misurazioni di controllo per verificare l'efficacia delle contromisure

Criterio di progettazione per un risanamento/bonifica del radon

Analisi del rischio del territorio

- Se il territorio non è "a rischio" di elevate concentrazioni gli interventi progettuali si "limitano" all'utilizzo di quelli di tipo "passivo" (con o senza l'ausilio di impianti e macchine), cioè senza l'impiego di impiantistica sofisticata.
- In caso di livelli di radon leggermente elevati, la soluzione più semplice è di arieggiare più spesso (p.es. più volte al giorno **aprire le finestre** per qualche minuto per creare un giro d'aria, **lasciare aperte le finestre delle cantine** ecc..) ottenendo subito un certo miglioramento.
- In caso di valori più elevati ($> 1000 \text{ Bq/m}^3$) si è sperimentato che le probabilità di successo sono modeste; normalmente si riesce a dimezzare la concentrazione di radon. L'arieggiare i locali comporta d'inverno una notevole perdita di calore e le persone sensibili al freddo e alla corrente d'aria mal sopportano queste condizioni, per cui tale misura può essere solo una soluzione provvisoria.

Le tecniche di controllo dell'ingresso del radon possono essere schematicamente riassunte in:

- 1. barriere impermeabili** (*evitare l'ingresso del radon all'interno degli edifici mediante membrane a tenuta d'aria*);
- 2. depressione alla base dell'edificio** (*intercettare il radon prima che entri all'interno degli edifici, aspirandolo per espellerlo in atmosfera*);
- 3. pressurizzazione alla base dell'edificio** (*deviare il percorso del radon creando delle sovrappressioni sotto l'edificio per allontanare il gas*).

Efficacia: Fattore di Riduzione

$$FR = \frac{\text{Conc. Rn prima dell'azione}}{\text{Conc. Rn dopo l'azione}}$$

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

La prevenzione in caso di nuove costruzioni:

Analizzare la situazione di partenza prima dell'effettiva progettazione dell'edificio riguardo al sito prescelto occorre verificare se per il sito si verificano le seguenti condizioni:

- se lo scavo si trova in un'area ad elevata concentrazione di radon.
- se lo scavo si trova su un pendio (colata detritica, deposito detritico), una faglia o un terreno molto fratturato, un terreno molto eterogeneo (p.es. in parte su di un letto di un fiume o materiale di riempimento). I terreni di fondazione con delle crepe o molto permeabili sono comunque a rischio radon, anche se si trovano al di fuori delle aree riconosciute ad elevata concentrazione di tale gas. In pendii esposti al sole i moti convettivi nei terreni molto permeabili possono trasportare elevate quantità di radon.
- se un edificio è fondato su terreni argillosi. Terreni argillosi in genere garantiscono una bassa concentrazione di radon. Se però durante lo scavo lo strato d'argilla viene perforato, il rischio radon può aumentare.
- per quanto tempo il terreno rimane gelato? Durante tale periodo il rischio radon è maggiore.
- se la casa del vicino ha problemi con il radon.

La misura del radon nel terreno

Non è possibile prevedere con un buon margine di certezza quale sia la concentrazione del gas radon in un edificio nuovo sulla base della sua tipologia edilizia e delle indagini sulle caratteristiche del suolo su cui saranno realizzate le fondamenta.

Eseguire le misure del radon nell'ambito dello scavo delle fondamenta della casa non dà risultati certi, in quanto lo scavo cambia completamente la situazione nel terreno.

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

Come verrà progettata la casa nuova

Molte scelte effettuate a livello di progettazione possono aumentare o diminuire il rischio d'esposizione al radon. I fattori più importanti sono:

I MATERIALI DA COSTRUZIONE

Che tipo di materiale s'intende utilizzare

Cemento armato, mattoni, legno, pietra,...

Normalmente per la realizzazione delle fondamenta e le mura nelle parti interrato, il cemento dà le maggiori garanzie di isolamento da radon e sono da preferire ai mattoni forati.

Riguardo alla parte superiore della casa, da questo punto di vista, la scelta dei materiali è meno critica.

Ricordiamo che la stabilità dei materiali utilizzati è particolarmente importante per tutti gli isolamenti.

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

LA PROGETTAZIONE E DESTINAZIONE DEI LOCALI

di regola il problema del radon riguarda soprattutto ambienti a contatto diretto con il terreno, soprattutto in edifici costruiti su pendii (su materiale fratturato).

Sono coinvolte però anche abitazioni al piano terreno situate sopra cantine o ambienti vuoti.

Perciò sarebbe opportuno rinunciare all'utilizzo d'interrati o seminterrati a scopo abitativo.

Garage o depositi sempre aperti, al piano terra o interrato, possono proteggere le stanze superiori dal radon.

Questo vale in particolare per i cosiddetti vespai.

Tutte le strategie che mirano a “separare” dal suolo i locali, contribuiscono a proteggere dal radon.

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

I GIROSCALE, I VANI DEGLI ASCENSORI, I CONDOTTI VERTICALI, I CAMINI

Progettare in modo tale che non si creino canali di comunicazione tra aree abitate ed aree a contatto con il terreno che trasportano il radon nella parte abitata della casa.

Le scale che conducono a cantine, almeno in un punto, si dovrebbero poter chiudere con una porta ben sigillata.

Meglio ancora sarebbe un accesso esterno e separato alle cantine.

Questo vale soprattutto se la cantina possiede una pavimentazione naturale (terra).

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

PASSAGGI DI CONDOTTE DAL TERRENO

Qualsiasi parte dell'edificio penetri nel terreno, costituisce un potenziale punto d'infiltrazione di radon.

- Le condotte dell'acqua e del gas,
- le condotte del gasolio da riscaldamento provenienti da serbatoi interrati,
- serbatoi per la raccolta dell'acqua piovana, ecc.

andrebbero introdotte dalle pareti laterali e non dal pavimento, assicurando una buona ventilazione della tubazione in prossimità della casa (riempimento con ghiaia, lastre di drenaggio).

Lo stesso vale sostanzialmente anche per condutture di piccolo diametro, come cavi elettrici e d'antenna, che vanno sigillati con materiali elastici.

Un impianto di fognatura dovrebbe attraversare il pavimento della cantina nel minor numero possibile di punti. Attenzione al riempimento con terra dei canali di sterro scavati per le canalizzazioni che spesso fungono da vero e proprio veicolo per l'ingresso del radon. Il progetto delle fognature dovrebbe dunque prevedere il minimo indispensabile di condotte di scarico, possibilmente senza diramazioni ed isolamento o sfiato delle condutture

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

ISOLAMENTO TERMICO

Un edificio costruito o risanato a regola d'arte dovrebbe essere munito di uno strato d'isolamento termico e di una guaina a tenuta stagna appropriata tra i locali riscaldati e quelli non riscaldati.

Anche nel caso dell'isolamento esterno delle mura di una casa bisogna prestare attenzione al radon. Se il rivestimento isolante penetra nel terreno, il radon può diffondersi fino ai piani alti della casa attraverso gli spazi vuoti dello strato isolante.

È importante sigillare completamente lo strato isolante o interromperlo per un breve tratto, per permettere al radon di uscire all'aperto

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

IL SISTEMA DI AERAZIONE

Pianificare il sistema di aerazione in modo tale da evitare che al piano terra e in cantina si crei una depressione.

Questa depressione aumenta in presenza di: finestre aperte sul lato dell'edificio protetto dal vento, ventilatori in bagni e cucine (cappe di ventilazione), correnti termiche ascensionali in camini in caso d'aperture di aerazione assenti o insufficienti

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

L'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Esempi possono essere:

- il riscaldamento a pavimento,
- stufa a legna,
- centralizzato con termosifoni,
- impianto di condizionamento con ricambio forzato dell'aria,
- ecc..

Nel caso del riscaldamento a pavimento bisogna prestare la massima attenzione ad un buon isolamento, poiché con il calore si dilatano le crepe.

Le stufe a legna senza un proprio rifornimento d'aria esterna aumentano la depressione in casa.

Un impianto di condizionamento con ricambio forzato dell'aria normalmente riduce il problema del radon

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

LA VENTILAZIONE NATURALE DEL SUOLO

L'aria presente nel sottosuolo che trasporta il radon dal suolo, originariamente era aria esterna.

Essa viene continuamente rinnovata e scambiata.

Conviene favorire questo scambio naturale p. es. collegando opportunamente lo strato (relativamente permeabile) al di sotto della piastra di fondazione con il materiale di riempimento laterale, altrettanto permeabile.

In questo modo l'aria sotto l'edificio si rinnoverà più rapidamente e la concentrazione di radon diminuirà

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

L'ISOLAMENTO DEL FONDAMENTO PER LA CASA NUOVA

Bisogna precisare subito che a riguardo attualmente non esistono ancora esperienze sufficientemente lunghe per dare delle indicazioni definitive e univoche.

I seguenti suggerimenti vanno considerati come delle indicazioni di base che vanno poi valutate e rielaborate da esperti del settore edilizio, allo scopo di giungere alla fine ad un regolamento edilizio per zone a rischio radon. Si premette che in una regione a rischio radon la principale misura precauzionale consiste nel prevedere un ottimo isolamento del fondamento. In proposito esistono diverse possibilità

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

IL FONDAMENTO A PLATEA IN CEMENTO ARMATO

In zone a rischio radon si consiglia di realizzare un fondamento a platea in cemento armato (spessore ca. 30 cm) che ricopra tutta la superficie orizzontale dello scavo della futura casa; di realizzare tutte le mura esterne (verticali) nella parte interrata in cemento armato (spessore ca. 30 cm), prestando la massima attenzione alla congiunzione tra muro e platea (punto estremamente critico).

Importante sarebbe anche evitare assolutamente di bucare la platea. Se questo non fosse possibile, si consiglia di isolare tutte le perforazioni (condotte di tubazioni, corrente elettrica ecc.) con materiali isolanti o flange elastiche.

A proposito ricordiamo che il successo della prevenzione radon si basa soprattutto sulla scrupolosa esecuzione dei lavori di dettaglio. In aggiunta è possibile realizzare il fondamento a platea su di uno strato in cemento armato e fra questi posare uno strato isolante (membrane impermeabilizzanti in polimeri bituminosi plastificati o membrane di plastica).

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

IL FONDAMENTO A PLATEA IN CEMENTO ARMATO

Non è ancora chiaro se allo scopo sia meglio utilizzare delle membrane in plastica impermeabili, ma di maggiore costo, come vengono per esempio usate per impermeabilizzare le discariche, oppure siano sufficienti delle semplici coperture in bitume o plastica molto bene incollate fra di loro. Dalle esperienze conseguite fino ad ora in Svizzera, sembrerebbe che possa bastare una copertura semplice. Se si è deciso di isolare aggiuntivamente con una membrana in plastica, questa va posata sul ripiano dello scavo di fondazione su uno strato sufficientemente resistente di cemento armato (ev. la membrana ai due lati va protetta da un tessuto non tessuto): sopra va collocata la fondazione a platea e una volta costruita la cantina, la membrana va tirata su lungo le pareti esterne. Si raccomanda di sigillare con cura le giunzioni, incollare o saldare le membrane senza lasciare fessure, sigillare accuratamente tutti i punti di perforazione.

Per l'impermeabilità al radon è essenziale l'assenza di fessure nella barriera impermeabile installata. In zone con concentrazioni di radon molto elevate può essere opportuno stendere aggiuntivamente uno strato di ghiaia (con tubi di drenaggio) orizzontalmente sotto il fondamento a platea e verticalmente a ridosso delle mura della cantina intorno a tutta la casa. Si consiglia in ogni caso di proteggere all'esterno le pareti interrato con della ghiaia e delle lamine di plastica isolanti.

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

IL FONDAMENTO A PLATEA IN CEMENTO ARMATO

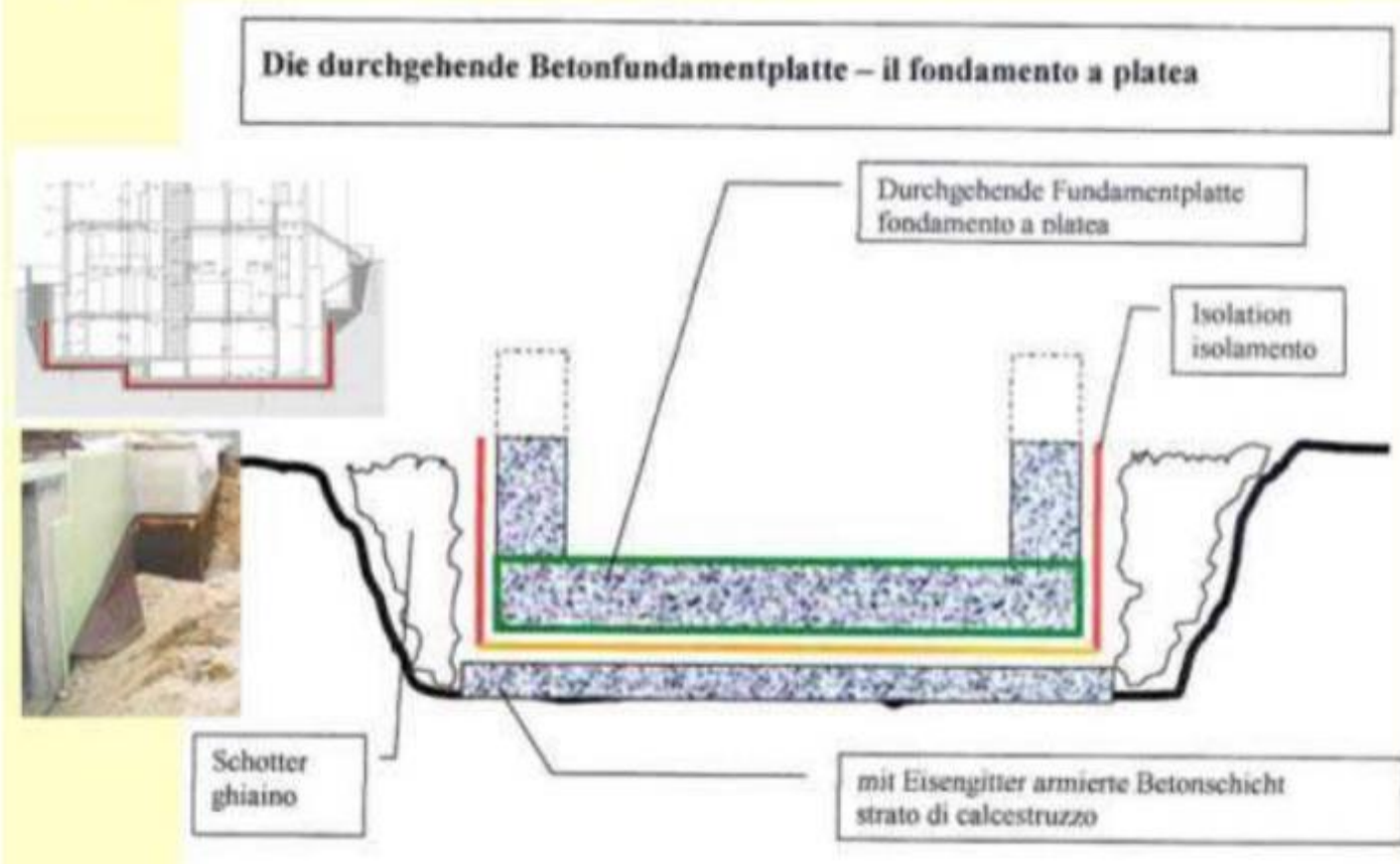
Lo strato di ghiaia oltre a permettere una fuoriuscita naturale del radon, è anche un'ottima protezione contro l'umidità. Anche lo strato orizzontale di ghiaia sotto la platea ha un vantaggio: nel caso che dopo anni, in conseguenza del deterioramento dei materiali, dovesse entrare del radon in casa, esisterebbero già tutti i presupposti per realizzare un sistema di aspirazione di aria dal suolo (vedi di seguito). Per motivi statici (deformazione e conseguente formazione di crepe) il fondamento a platea può essere più indicato per edifici di piccole dimensioni.

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

IL FONDAMENTO A PLATEA

Lo strato di ghiaia oltre a permettere la platea ha un vantaggio: nel caso di presupposti per realizzare un sistema di fondamento a platea può essere

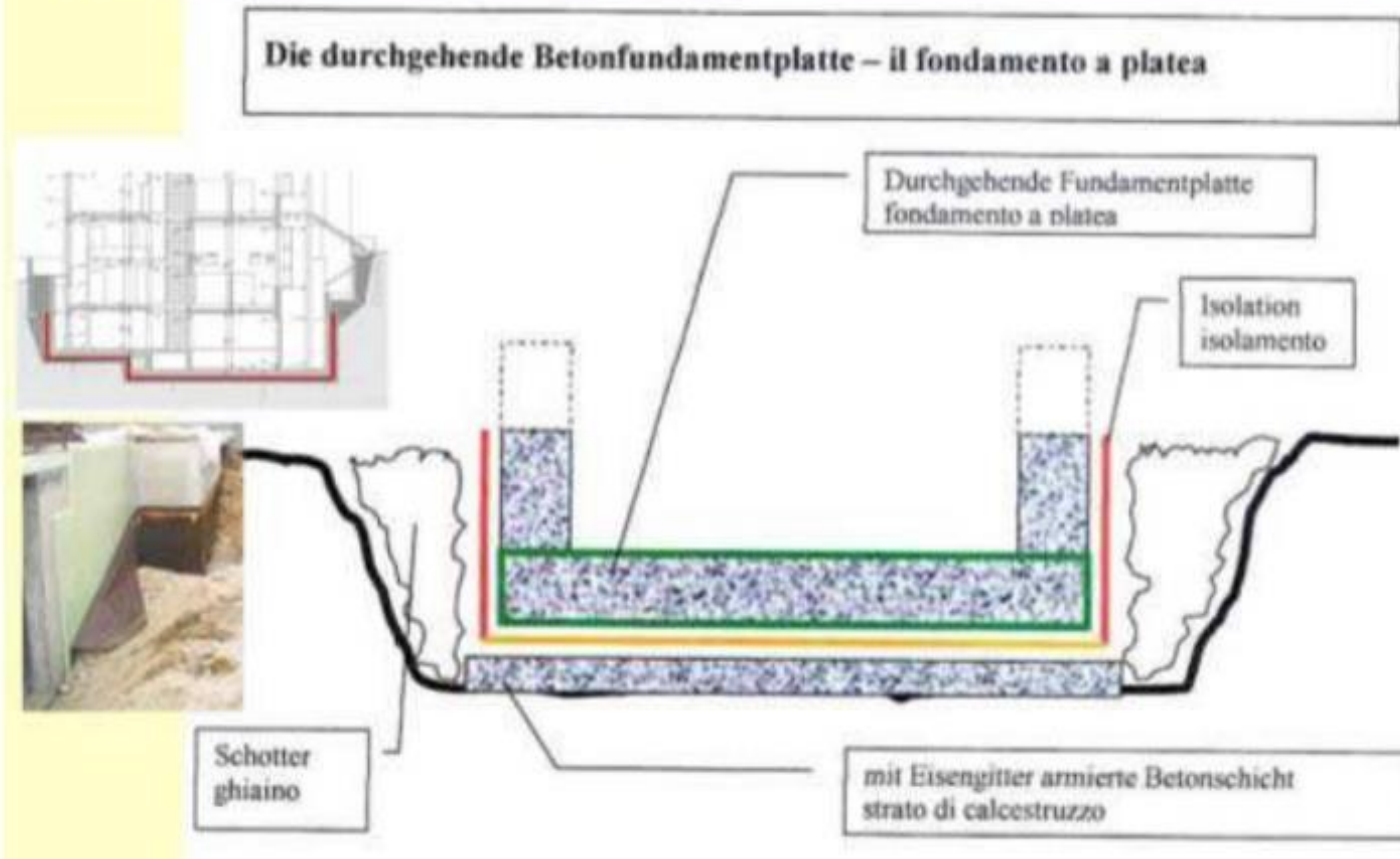
Una proposta (principio) da elaborare in dettaglio



rizzontale di ghiaia sotto
sisterebbero già tutti i
mazione di crepe) il

Interventi di riduzione/prevenzione – **FONDAMENTA A PLATEA**

Una proposta (principio) da elaborare in dettaglio



Interventi di riduzione/prevenzione

Le contromisure nel caso di fondazioni a strisce

LE CONTROMISURE NEL CASO DI FONDAZIONI A STRISCE

In linea di massima per piccoli edifici in zone con elevata concentrazione di radon, alle fondazioni a strisce, è da preferire la fondazione a platea.

Se contrariamente a quanto detto vengono progettate delle fondazioni a strisce, è assolutamente necessario realizzare la pavimentazione in cemento, con uno strato isolante d'ottima fattura. Lo strato isolante non dovrebbe ricoprire solo la pavimentazione, ma anche almeno 0.5m delle pareti interne.

Occorre in ogni caso prestare la massima attenzione a non danneggiare le membrane isolanti, evitando curvature a spigoli.

Interventi di riduzione/prevenzione

Le contromisure nel caso di fondazioni a strisce

LE CONTROMISURE NEL CASO DI FONDAZIONI A STRISCE

Si consiglia in ogni caso di proteggere all'esterno le pareti interrato con della ghiaia e delle lamine di plastica isolanti. Inoltre è indispensabile prevedere un sistema d'aspirazione di aria dal suolo. Allo scopo sotto la pavimentazione vanno messi dei tubi di drenaggio in uno strato di ghiaia (vedi la figura 20).

La ghiaia va posata direttamente sul terreno compattato, nel caso di un terreno poco o mediamente permeabile. In terreni molto permeabili conviene invece posare la ghiaia su di uno strato di cemento magro, che funge da strato isolante verso il terreno. In questo modo, aspirando l'aria con un ventilatore, diventa più semplice realizzare una depressione. I tubi di drenaggio vanno posati in parallelo e collegati tra loro da una condotta collettoria. Se possibile collegare lo strato di ghiaia con aperture laterali, in modo che vi possa entrare aria esterna (bisogna però anche prevedere la possibilità di poter chiudere queste aperture).

Interventi di riduzione/prevenzione

Le contromisure nel caso di fondazioni a strisce

LE CONTROMISURE NEL CASO DI FONDAZIONI A STRISCE

Se entra aria esterna, bisogna prevedere un adeguato isolamento termico per la pavimentazione. Il tubo collettore può condurre direttamente fuori casa, oppure arrivare internamente fino al tetto. In tal modo si crea un'aspirazione naturale che fa fuoriuscire il radon dal terreno.

Se ciò non basta, si può aumentare l'azione aspirante con un piccolo ventilatore. In questo caso può essere più conveniente chiudere le aperture laterali alla ghiaia (questo va appurato sperimentalmente). Riguardo al tubo collettore è importante sapere che l'aria estratta dal terreno è molto umida e perciò d'inverno si formano notevoli quantità di ghiaccio che possono ostruire il tubo. Conviene perciò prevedere un condensatore, oppure realizzare tutti i tubi in pendenza, di modo che l'acqua di condensa formatasi possa defluire nel terreno

Interventi di riduzione/prevenzione

Le contromisure nel caso di fondazioni a strisce

Una proposta (principio) da elaborare in dettaglio



Proposta di un sistema d'aspirazione dell'aria dal sottosuolo per mezzo di una rete di tubi di drenaggio incorporati nel ghiaia

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

ISOLAMENTO TRA I DIVERSI PIANI

Anche dal punto di vista dell'isolamento termico conviene pianificare uno strato d'isolamento tra l'interrato (cantina) ed il piano rialzato p.es. con delle membrane di plastica o altro.

Se possibile converrebbe realizzare un'intercapedine ventilata (vespaio) che assicura un'ottima protezione dal radon.

Al di fuori delle regioni ad alta concentrazione di radon, normalmente sarà sufficiente che il piano interrato sia interamente costruito in cemento armato per proteggere sufficientemente dal radon proveniente dal sottosuolo. Una certa attenzione é sempre opportuna soprattutto per i pendii.

Interventi di riduzione/prevenzione – NUOVA COSTRUZIONE

ISOLAMENTO TRA I DIVERSI PIANI

E' opportuno far transitare le tubazioni degli impianti dalle pareti perimetrali anziché dal solaio a terra.

In questo modo si evitano rischi di transito del gas dal terreno attraverso i fori delle canalizzazioni e problemi di sigillature a tenuta d'aria

I cavedi delle utenze comunali all'interno dei quali corrono le canalizzazioni dei servizi sono dei luoghi in cui il radon si concentra.

Anche le riprese di getto, le crepe lungo la linea di connessione fra parete verticale e solaio a terra, le fessure passanti nella pavimentazione, ecc.

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

RISANAMENTO

Il risanamento in case con concentrazioni di radon elevate

Contro il radon esistono diverse possibilità d'intervento e quale delle possibili contromisure convenga adottare dipende da molteplici fattori, p. es. l'entità dei valori di radon misurati, la permeabilità del terreno, la distribuzione delle stanze, il tipo di costruzione, ecc..



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

LA FINESTRA DELLA CANTINA SOCCHIOSA

Il radon penetra nelle case per via dell'effetto camino, cioè in conseguenza della depressione che va a crearsi nella parte bassa della casa. Se porte e finestre della casa sono ben chiuse, verrà anche aspirata aria dalla fondazione.

Un mezzo efficace per ridurre la depressione in casa è quello di tenere socchiusa una finestra in cantina, oppure di realizzare una apertura di ventilazione nel muro della stanza.

Questo accorgimento molto semplice può ridurre di molto la concentrazione del gas radon



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

SIGILLARE CREPE, FESSURE E FUGHE

Operare con materiali isolanti e membrane adatti, tenendo conto che la zona di collegamento tra pavimento e muro è un punto particolarmente critico, può servire ridurre le concentrazioni di radon. In caso di valori elevati ($> 1000 \text{ Bq/m}^3$) e di superfici maggiori, un isolamento duraturo è costoso e difficile da realizzare e difficilmente da solo risolve la situazione.

In ogni caso, se il radon penetra attraverso grosse crepe nella roccia sottostante la casa sarà importante sigillare queste aperture in modo adeguato.

Occorre anche fare attenzione agli scarichi ed alle condutture elettriche. Le perforazioni rimaste aperte ai lati dei tubi, i rivestimenti delle tubazioni e le canaline di plastica possono essere un ottimo conduttore per il radon dalla cantina ai piani superiori.

Lo stesso vale per le perforazioni per le condotte delle tubazioni che vanno sigillate con cura.



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

PRESENZA DI UN TERRENO NATURALE IN CANTINA

In presenza di un terreno naturale in cantina, spesso un metodo valido è quello di isolare e cementare il pavimento in cantina. In presenza di concentrazioni elevate ($>1000 \text{ Bq/m}^3$) questo provvedimento normalmente non è sufficiente, dato che con il tempo è normale che si formino delle crepe. Come punti deboli rimangono le congiunzioni tra le pareti ed il pavimento. Sigillare questi punti in maniera duratura è molto difficile.

Qualora nell'ambito di una generale ristrutturazione venisse rifatta la pavimentazione, converrebbe in ogni caso prevedere al di sotto di essa una specie di intercapedine o una rete di tubi di drenaggio incorporati nella ghiaia per bloccare ed asportare l'aria carica di radon.

Areazione ed espulsione di aria da cantine e vespai: In molti casi può essere sufficiente aumentare il ricambio d'aria nelle cantine o in un vespaio eventualmente presente sotto le stanze con valori elevati di radon. Ove possibile, si può anche aspirare con un ventilatore l'aria dal vespaio creando così una depressione in questo spazio.

Aspirazione dell'aria dal sottosuolo. Nella maggiore parte dei casi questo metodo è semplice da adottare, è molto efficace e pertanto particolarmente indicato per elevate concentrazioni di radon. In pratica consiste nello scavare un pozzetto nel pavimento della casa dal quale in modo adeguato si estrae l'aria carica di radon dal sottosuolo prima che possa entrare in casa. Per una maggiore efficienza, il pozzetto va realizzato più vicino possibile al punto d'ingresso del radon e possibilmente in un punto centrale della casa.

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

PRESENZA DI UN TERRENO NATURALE IN CANTINA

Il metodo è particolarmente indicato in una casa senza stanze interrato. In questi casi con un pozzetto profondo 1,5 – 2 m e largo circa 0,5 m ed un ventilatore da ca. 24 Watt, si riesce a risanare un'area di circa 200 m².

Se le stanze a contatto con il terreno si trovano invece a diverse profondità (p. es. in una casa su di un pendio), le possibilità d'ingresso per il radon aumentano notevolmente e diventa più difficile individuare una buona posizione per il pozzetto radon. Normalmente in questi casi l'efficienza del pozzetto diminuisce e può essere necessario aspirare l'aria da più buchi posizionati in diverse stanze e collegati tra di loro con un tubo collettore, oppure realizzare sotto l'intera superficie della pavimentazione un sistema con tubi di drenaggio,

come già descritto per gli edifici nuovi (vedi 9.2.4.b). Se anche le pareti sono a contatto con il terreno, può essere conveniente scavare il pozzetto orizzontalmente, praticando un foro nelle pareti.

Il costo dell'impianto per una casa di medie dimensioni (100 - 200m²) va da alcune centinaia di euro (fai da te) a qualche migliaia di euro se si incarica una ditta. In dipendenza dalla concentrazione di radon misurata, il ventilatore deve funzionare in continuo o può essere utilizzato in modo discontinuo.

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

REALIZZAZIONE DEL POZZETTO RADON NELLA CASA

La fasi di realizzazione pratica di un pozzetto radon in casa. Se viene rinnovato tutto il pavimento, allo stesso scopo si può realizzare anche una rete di tubi di drenaggio incorporati nella ghiaia.



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

POZZETTO

Perché il **metodo dell'aspirazione dell'aria dal sottosuolo** funzioni, è necessario che nel pozzetto si **crei una leggera depressione**.

Solo in questo caso l'aria carica di radon dal terreno convergerà verso quest'ultimo, e potrà essere espulsa, piuttosto che diffondersi in casa.

Dalle esperienze conseguite possiamo dire che questa metodica è normalmente molto efficace per **terreni con una permeabilità "media"**.

In generale, in base alle nostre esperienze le probabilità di successo sono nell'ordine del 80%. Nel caso di terreni molto permeabili, l'afflusso d'aria nel terreno può essere talmente elevato che con un normale sistema d'aspirazione non si riesce a creare il vuoto sufficiente per il buon funzionamento del sistema. In questo caso conviene ripiegare su altre tecniche. Anche in presenza d'acqua nel sottosuolo della casa il metodo non è applicabile.

Nel caso in cui l'inquinamento da radon interessi più case vicine l'una all'altra ed il terreno sia molto permeabile, è anche possibile realizzare un sistema unico, costituito da un pozzo scavato vicino alle case, dal quale si estrae l'aria con un ventilatore di maggiore potenza. Quest'ultima possibilità va però valutata con molta cura e in ogni caso conviene fare prima delle misure di permeabilità nel terreno.

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

POZZETTO

Attenzione:

in base a nuove conoscenze, si avverte che tale metodo non è applicabile se nelle stanze abitate che si trovano direttamente sopra il pozzetto o sono adiacenti ad esso, 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 è un'apertura che garantisca in ogni caso una sufficiente ventilazione.

Non si può escludere che in presenza di già esistenti o future crepe nella pavimentazione o nelle mura, il ventilatore possa causare una leggera depressione anche nelle stanze sopra o vicine al pozzetto e, di conseguenza, se le stanze non sono sufficientemente ventilate, provocare una pericolosa emissione di monossido di carbonio (gas tossico) dalla stufa accesa.

INTERCAPEDINI PRESENTI

Aspirare l'aria da pavimenti con intercapedine. A volte può risultare più conveniente realizzare un nuovo pavimento con intercapedine e aspirare l'aria dall'intercapedine anziché con tubi di drenaggio o pozzi per radon sotto il pavimento. I pavimenti con intercapedine possono essere di vario tipo. Sul mercato ci sono anche diversi prodotti prefabbricati che normalmente vengono impiegati per la costruzione di uffici, dove l'intercapedine viene utilizzata come spazio per le installazioni.

Ricordiamo che lo spessore dell'intercapedine necessario è minimo, qualche centimetro di spazio vuoto è più che sufficiente per raccogliere il radon e convogliarlo verso un punto di raccolta, dal quale viene aspirato con un piccolo ventilatore, oppure per mezzo di un tubo che porta fino al tetto. In quest'ultimo caso può essere anche conveniente realizzare l'intercapedine con dei punti d'ingresso per l'aria esterna. In questo modo si formerà un ricambio naturale dell'aria presente nell'intercapedine. Se si aspira aria esterna bisognerà però isolare anche termicamente la pavimentazione per evitare la formazione di condensa nei mesi freddi.

In ogni caso va ricordato che a protezione dal radon sopra l'intercapedine va posata con la massima cura una membrana isolante che deve non solo coprire il pavimento ma essere anche saldamente incollata per almeno mezzo metro alle pareti laterali. Nel caso di terreni molto permeabili può essere utile isolare anche la superficie inferiore dell'intercapedine, in modo da ridurre l'afflusso d'aria dal terreno. In questo caso, di volta in volta, dovrà essere valutato se convenga tenere aperti i punti d'ingresso laterali per l'aria esterna (circolazione naturale dell'aria) oppure chiuderli utilizzando un ventilatore che lavori in depressione.

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

SOVRAPPRESSIONE ARTIFICIALE NELL'EDIFICIO

Per impedire infiltrazioni d'aria del sottosuolo ricca di radon, anziché creare una depressione sotto la pavimentazione dell'edificio, si può anche creare una leggera sovrappressione all'interno delle stanze con un ventilatore.

Affinché il metodo funzioni l'edificio deve essere il più possibile isolato p. es. con guarnizioni alle porte e finestre. Solo allora potrà formarsi una sovrappressione nelle stanze. Se le stanze sono a tenuta sono sufficienti ventilatori molto piccoli (ca. 10 – 20 W) per ridurre il problema del radon.

D'inverno può essere necessario riscaldare l'aria immessa. Il metodo è semplicissimo e poco costoso da realizzare (p.es. un piccolo ventilatore nella finestra) solo che richiede una certa attenzione da parte degli inquilini (chiudere sempre le porte ad ogni passaggio).

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

SOVRAPPRESSIONE ARTIFICIALE NEL TERRENO SOTTO LA CASA

Questo metodo è relativamente nuovo e per quanto ne sappiamo raramente impiegato. Solitamente è stato adottato quando, in conseguenza di una permeabilità estremamente alta del terreno, le altre contromisure sono risultate inefficaci.

Il metodo consiste nell'immettere con un ventilatore l'aria interna della cantina, attraverso il pozzetto radon o il sistema di drenaggio, nel terreno sotto l'edificio. In pratica si crea un cuscino d'aria sotto la casa che riduce l'infiltrazione del radon in casa oppure ne diluisce la concentrazione.

È assolutamente importante che nei mesi freddi non venga pompata aria esterna (fredda) nel sottosuolo, dato che il terreno potrebbe gelare (dilatazione) e compromettere la stabilità dell'edificio. Il metodo è estremamente efficiente e, in un caso sperimentato, è stato l'unico metodo con il quale si è riusciti ad abbassare significativamente la concentrazione del radon.

Almeno per il momento, dopo tre anni di funzionamento (solo nei mesi invernali), non sono stati rilevati problemi all'edificio

SOVRAPPRESSIONE ARTIFICIALE NEL TERRENO SOTTO LA CASA

Attenzione

In particolare riguardo al caso appena esposto, a tutt'oggi non vi sono elementi per stabilire se pompare aria nel sottosuolo modifichi sostanzialmente la struttura del terreno e possa quindi a lungo andare compromettere la stabilità dell'edificio (p.es. formazione di ghiaccio sulla parte esterna delle pareti). Si tratta perciò di un provvedimento molto efficace ma assolutamente provvisorio e da realizzarsi esclusivamente sotto la propria responsabilità.

L'aspirazione di aria dal sottosuolo è un intervento meno problematico e fino ad oggi le esperienze maturate da diversi anni in Svizzera ed Alto Adige non hanno evidenziato problemi in merito.

In un solo caso, ad Umhausen, in Austria, in un edificio nel quale sono state realizzate molte perforazioni nelle pareti dell'interrato, dopo nove anni di aspirazione, sono comparse delle piccole crepe che però non preoccupano più di tanto il proprietario. Il problema è ancora aperto e dovrà essere studiato a fondo. È sicuramente chiaro che in molti casi l'aspirazione d'aria dal suolo è l'unico metodo sufficientemente efficace per risanare una casa con concentrazioni di radon molto elevate. In sintesi il metodo prescelto non deve essere solo efficace ma anche essere sicuro e funzionale nell'utilizzo. In ogni caso un controllo del buon funzionamento dell'impianto e il rispetto del modo d'utilizzo è fondamentale.

CASO DI RISTRUTTURAZIONE

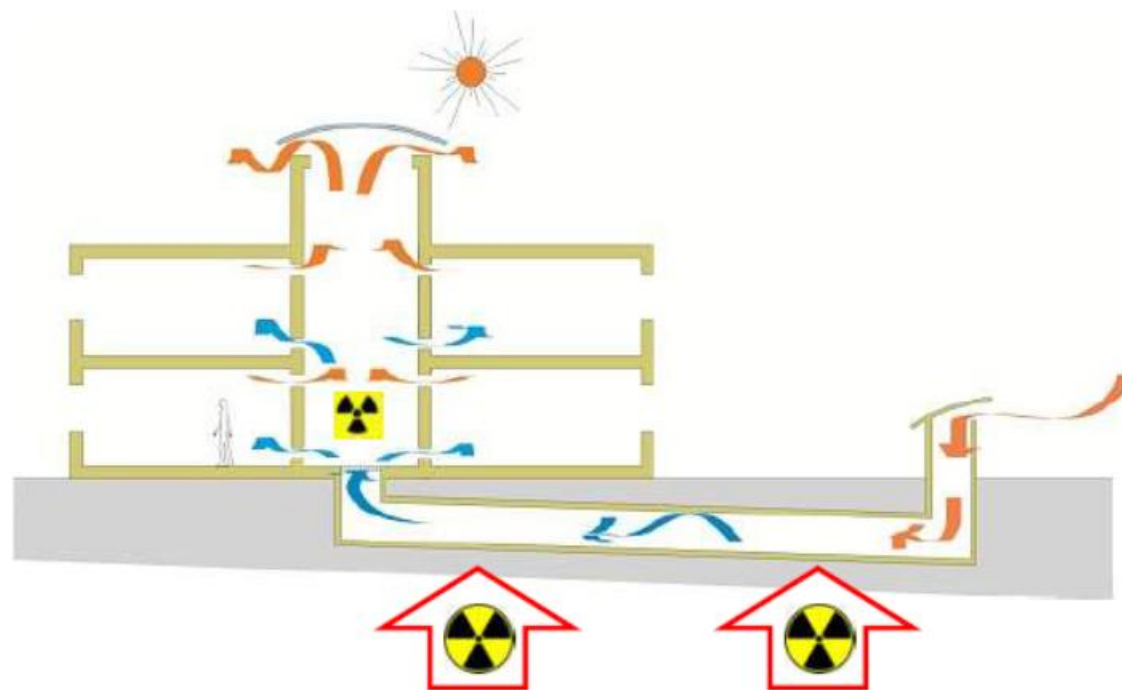
Occorre impiegare e posare, con gli ottimali criteri, speciali barriere impermeabili al Radon.

Ottima soluzione è la ventilazione naturale del vespaio e, ancora meglio, se si riesce a creare un "effetto camino" che incrementa la ventilazione portando la tubazione dall'uscita del vespaio fino in copertura oltre il cornicione.

In mancanza di risultati soddisfacenti, si ricorre ad un sistema di tipo "attivo" cioè a un ventilatore collegato alle tubazioni esistenti.

Se nel caso di ventilazione naturale è indispensabile mantenere aperte una doppia serie di fori contrapposti: di ingresso e di uscita dell'aria, per ventilare il volume del vespaio con ventilazione forzata, risulta più utile chiudere i fori di ingresso dell'aria per realizzare una maggiore depressione/pressione, nei confronti del terreno.

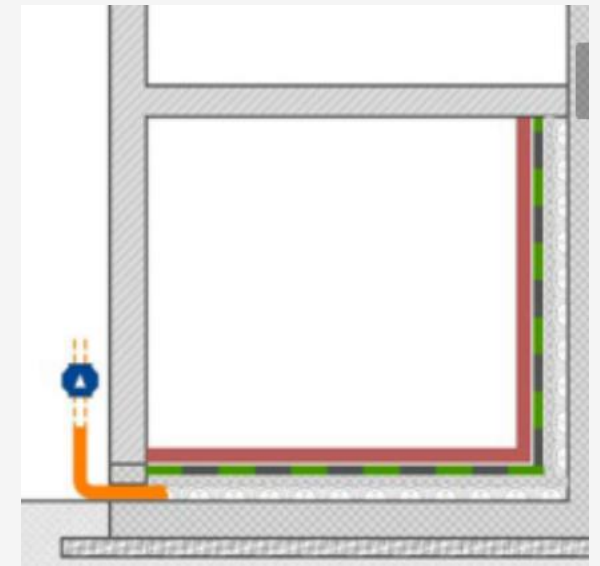
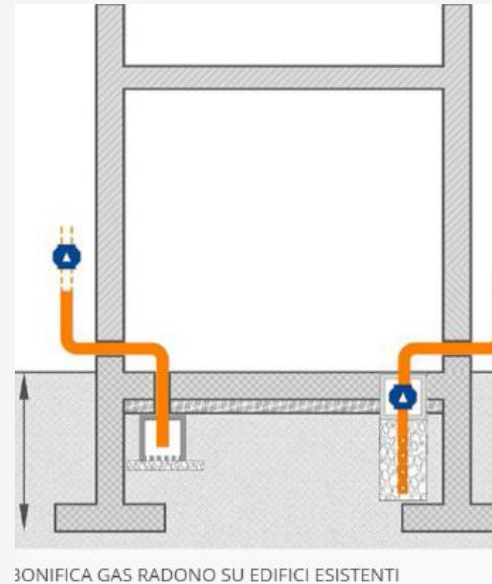
Ristrutturazioni importanti ed edifici nuovi



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

INDAGINE DI MISURA PRELIMINARE

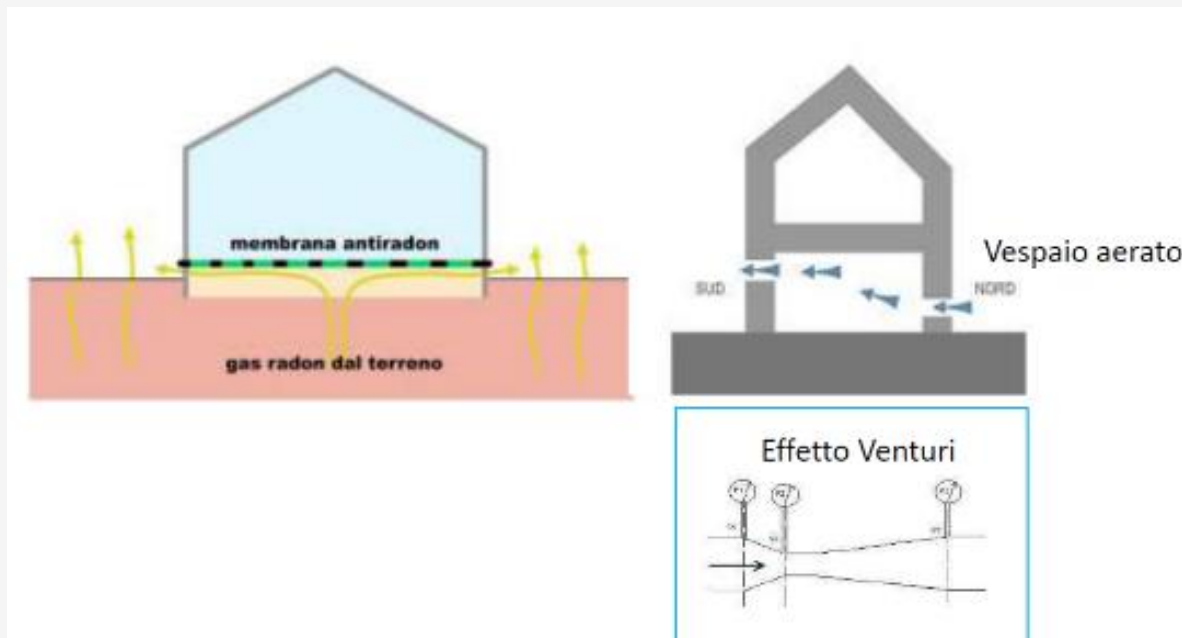
In base alla misura di concentrazione di radon risultata nell'indagine, si sceglie l'intervento di tipo "attivo" o "passivo" (senza o con l'ausilio di impianti e macchine), considerando la tipologia costruttiva dell'edificio, l'impegno di spesa e i tempi delle lavorazioni ad esempio ventilazione naturale, impiego di barriere al radon, impianti che aspirano l'aria (depressione) o che insufflano l'aria (pressurizzazione) alla base dell'alloggio o edificio.



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

Messa in opera di un pozzetto su edifici esistenti

In caso di intervento su edifici esistenti nei quali siano stati riscontrati valori di radon oltre la soglia suggerita e che presentino alcune pareti perimetrali di contenimento controterra può essere sicuramente funzionale la messa in opera di un pozzetto al perimetro dell'edificio per la messa in opera di un pozzetto al perimetro dell'edificio per porre in depressione del terreno o dell'eventuale vespaio.

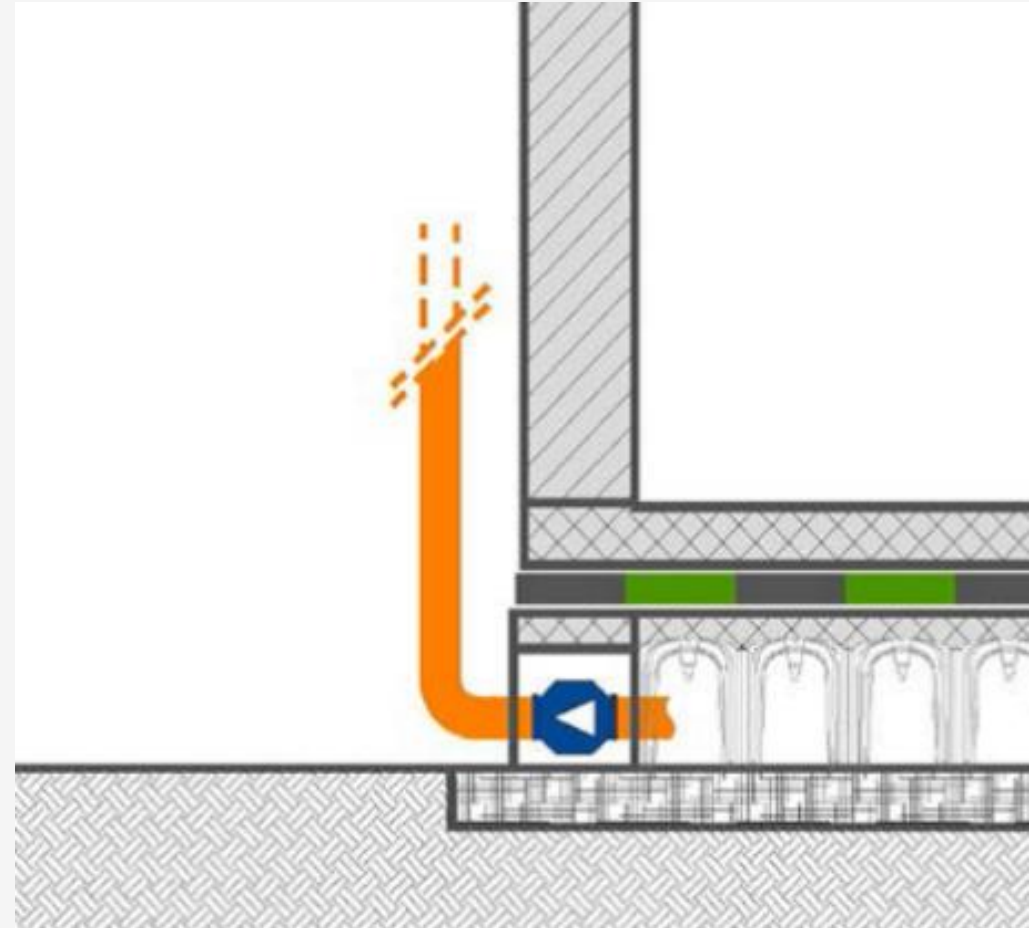


Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

Aldo DELIA Ing. - EIRR 331-75.16.623 -
aldo.delia.ing@gmail.com

Messa in opera di igloo

Ancora più funzionale risulta la realizzazione di una intercapedine ventilata meccanicamente realizzata all'interno dell'edificio tramite la messa in opera di elementi prefabbricati (igloo) di basso spessore sia sul solaio a terra che sulla parete verticale controterra, previa messa in opera di una **membrana impermeabile** al gas radon e con successivo rivestimento a pavimento e a parete.



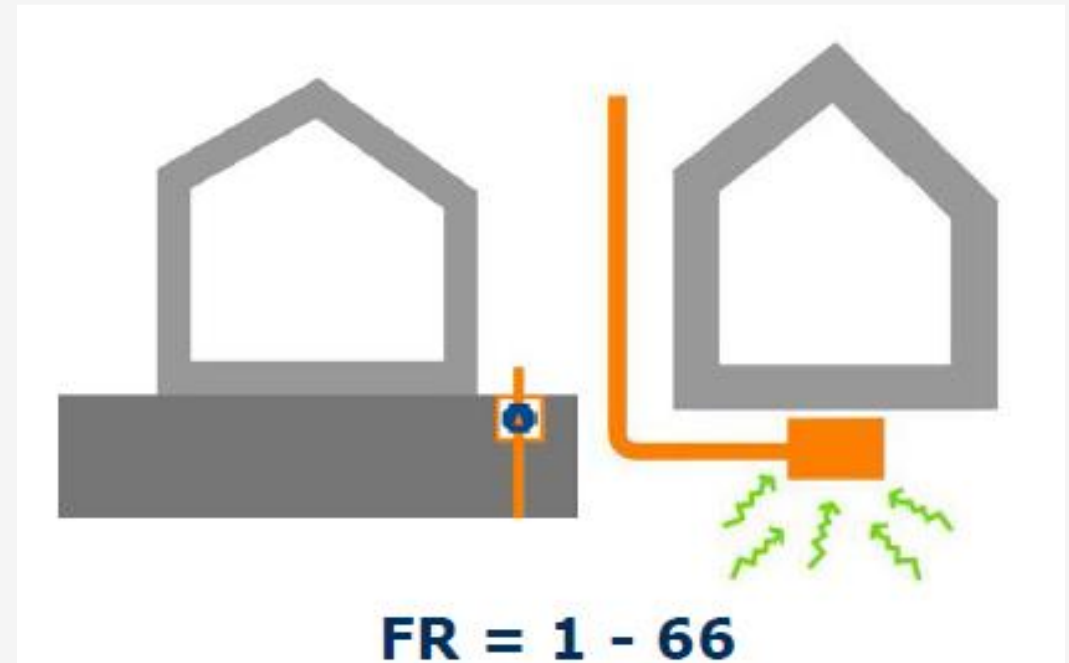
Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO

E' un intervento basato sull'aspirazione del gas prima penetri nell'edificio, creando una depressione d'aria al di sotto o in prossimità dell'edificio tramite un ventilatore di adeguata potenza.

Questo intervento tecnico può essere realizzato in diversi modi in funzione della tipologia della costruzione (in particolare dell'attacco a terra) e a seconda che si intervenga su edifici **esistenti** o **di nuova costruzione**.

I punti di aspirazione possono essere anche più di uno in funzione della dimensione del fabbricato. In linea di massima, **l'efficacia** di questo intervento si esplica all'interno di un **raggio di 6-8 metri dal punto di aspirazione**



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

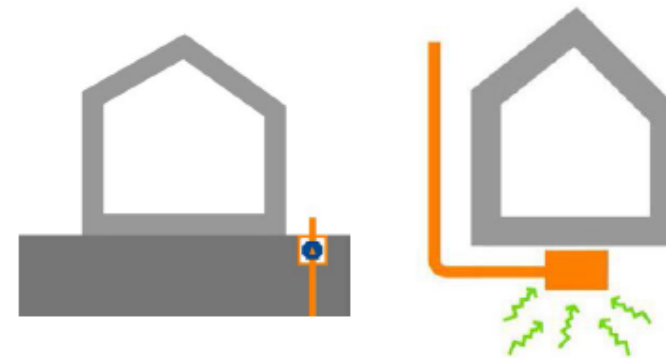
DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO

PRO

- **é il più studiato e applicato**
- **unico per conc. molto elevate**
- **piccoli ventilatori (bassi consumi)**
- **non influisce sulle attività degli occupanti**

CONTRO

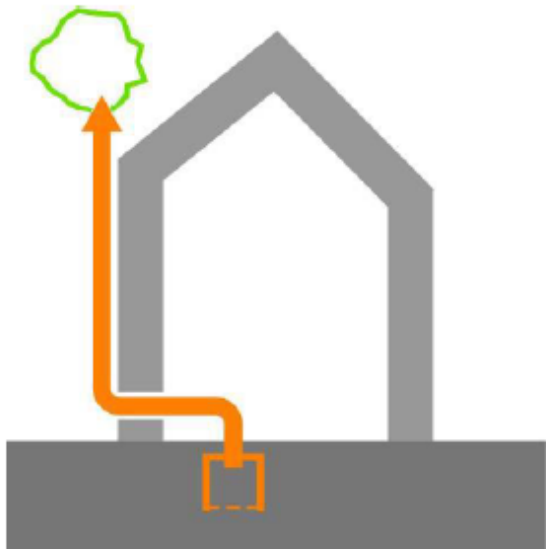
- **solo radon e non IAQ in genere**
- **comunque sigillare le fessure del solaio**



FR = 1 - 66

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO

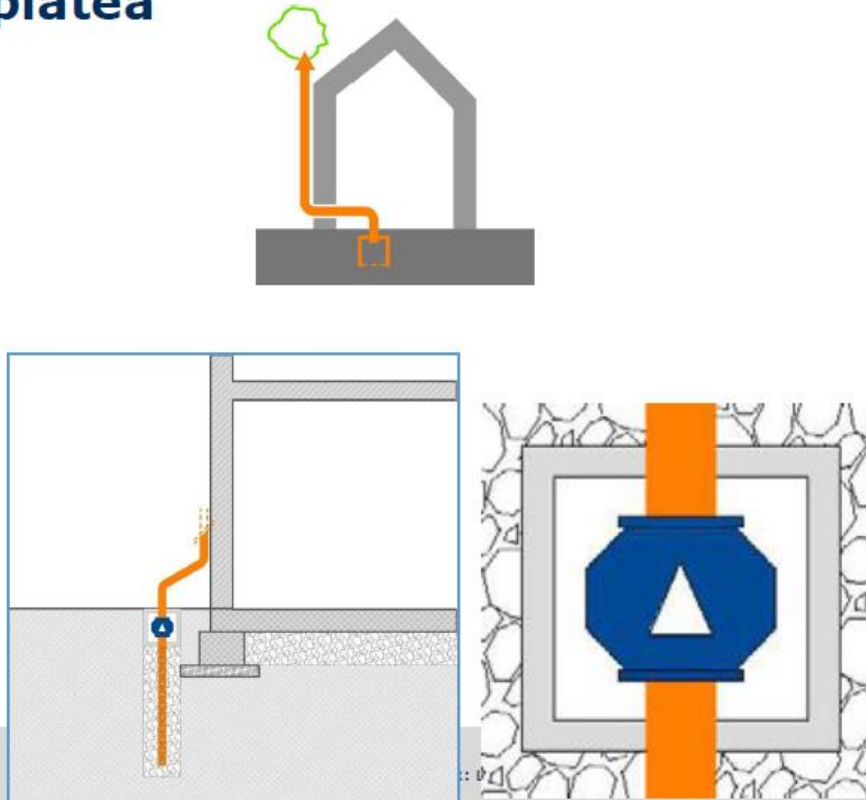


Nel caso di **fondazioni a platea**, l'intervento di depressione consiste nel posizionamento sotto l'edificio di **un pozzetto di aspirazione (detta anche pozzetto radon o radon sump) collegato a una canalizzazione di evacuazione (in pvc) fino al perimetro dell'edificio.**

In caso di necessità (livelli di radon elevati) potrà essere collegato alla tubazione **un sistema elettromeccanico di aspirazione.**

DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO CON FONDAZIONE A PLATEA

2) Depressione alla base dell'edificio con fondazione a platea



Procedura

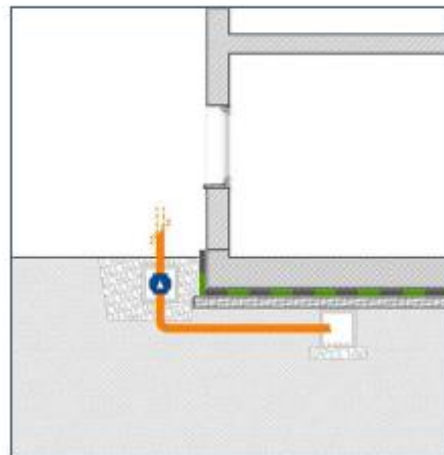
1. Si pongono uno o più pozzetti (dim. 50x50x50 cm³), forati nella parte inferiore e che poggiano su uno strato di circa 10-12 cm di ghiaia grossa.
2. Sotto i pozzetti si pongono dei tubi in pvc ($\phi=10-12$ cm) forati sulla superficie e rivestiti di tessuto non tessuto, circondati da materiale drenante (es. ghiaia).



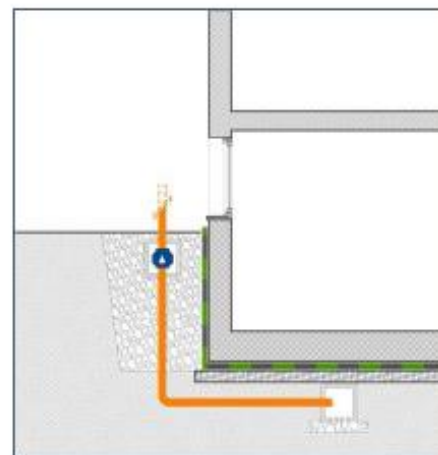
DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO CON FONDAZIONE A PLATEA

Procedura

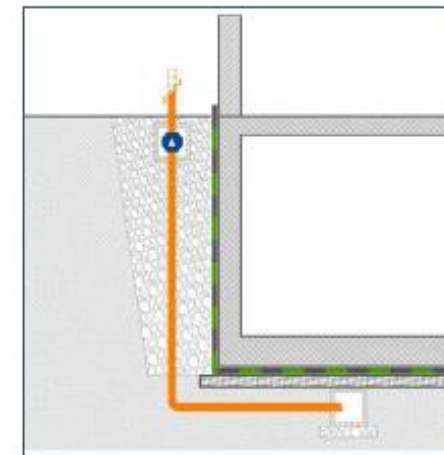
3. In caso di alti livelli, il secondo pozzetto servirà per l'alloggiamento di un ventilatore per la depressione/pressurizzazione del terreno sotto l'edificio tramite la canalizzazione predisposta e collegata al pozzetto aspirante sotto la casa.



(a)



(b)



(c)

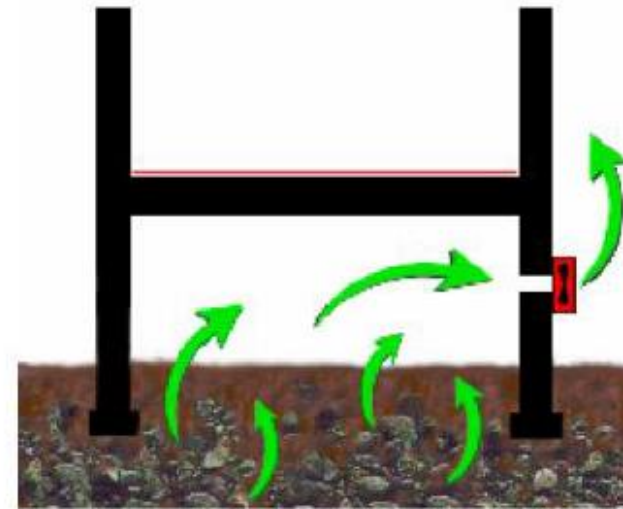
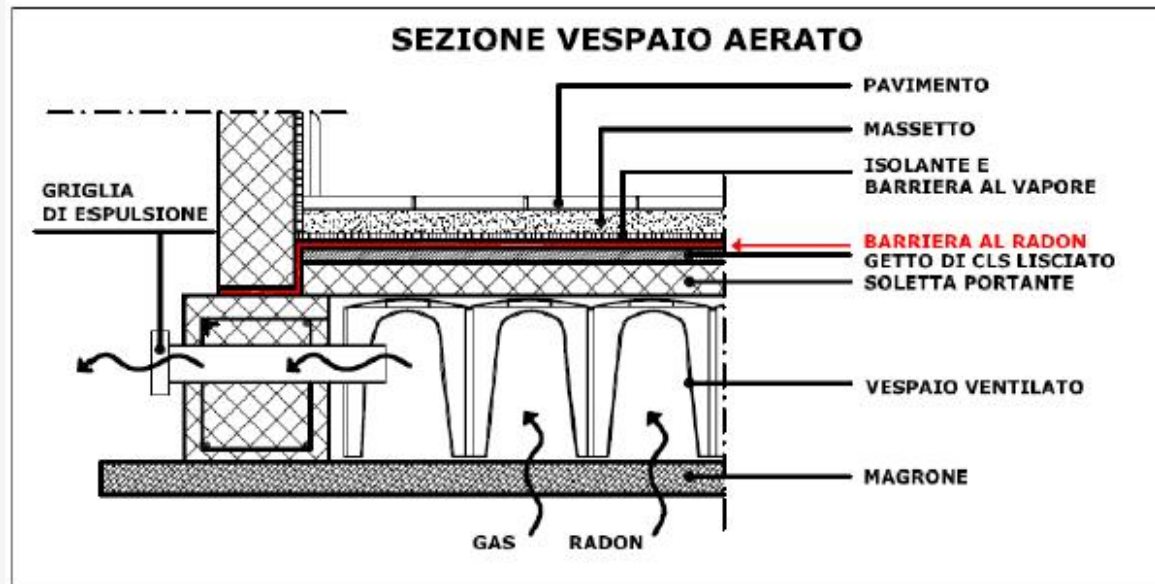
DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO

2) Depressione alla base dell'edificio – tecniche abbinata

Laddove possibile, è comunque sempre opportuno e funzionale la messa in opera **anche** di una membrana impermeabile all'interno degli strati che costituiscono l'attacco a terra.



DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO CON VESPAIO



Questo approccio è applicabile anche ad edifici con locali interrati/seminterrati (ad esempio cantine) che possono essere usati come un vespaio: depressurizzare questi locali evita la risalita del radon ai piani superiori dell'edificio.

DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO CON VESPAIO

PRO

- Buona per concentrazioni elevate
- ventilazione anche di tipo passivo
- piccoli ventilatori (bassi consumi)
- non influisce sulle attività degli occupanti

CONTRO

- solo radon e non IAQ in genere
- comunque sigillare le fessure del solaio



FR = 1-10

Tecnica barriera impermeabile

Si tratta di una tecnica applicabile prevalentemente nella nuova edificazione ma adattabile anche in edifici esistenti e consiste nello stendere sull'intera superficie dell'attacco a terra dell'edificio una membrana impermeabile che separi fisicamente l'edificio dal terreno.

In questo modo il gas che risalirà dal suolo non potrà penetrare all'interno dell'edificio e devierà verso l'esterno disperdendosi in atmosfera. E' una tecnica che già viene normalmente eseguita in diversi cantieri allo scopo di evitare risalite dell'umidità capillare dal terreno.

Spesso tuttavia la membrana viene posta solo sotto le murature (membrana tagliamuro per evitare il rischio di umidità sulle murature a piano terra) ma per essere efficace anche nei confronti del gas radon deve essere posata su tutta l'area su cui verrà realizzato l'edificio.

In commercio sono disponibili numerose membrane "antiradon"; è opportuno tuttavia evidenziare che anche una membrana impermeabile (bituminosa, PVC, ecc.) fornisce adeguate prestazioni, specie se del tipo "barriera al vapore" e sottolineare che la posa in opera riveste un ruolo determinante sull'efficacia della barriera.

Per questo motivo possiamo innanzitutto una striscia di membrana al di sotto delle murature portanti facendola risvoltare in parte sul piano orizzontale di calpestio.

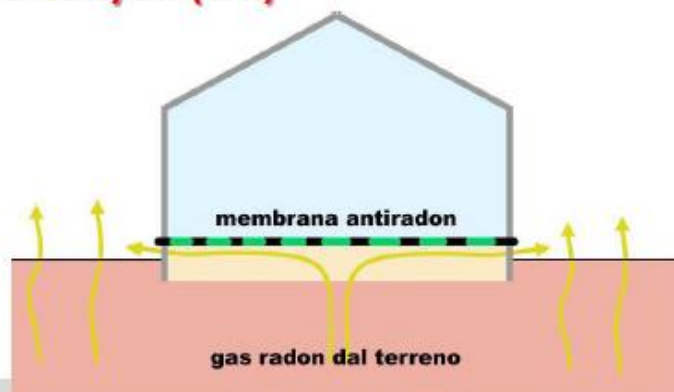
Una volta completata l'esecuzione delle murature, e poco prima della posa dello strato isolante, oppure del getto del massetto impiantistico o di altro strato di completamento, sarà posata la membrana sull'intera superficie sovrapponendola per una quindicina di centimetri con la parte sporgente della membrana tagliamuro e sigillando o incollando i lembi sovrapposti. In questo modo si limiterà al minimo il calpestamento della membrana e il rischio di rotture.

Tecnica barriera impermeabile

E' una tecnica già normalmente utilizzata per evitare risalite dell'umidità capillare dal terreno. Nel caso del radon, la membrana deve essere posta anche sotto le murature (*membrana tagliamuro*) per ostacolare l'ingresso del radon oltre che la risalita dell'umidità sulle murature a contatto con il terreno.

La presenza di membrane, così come sigillatura delle fessure, da sole non risolvono il problema. Accompagnare sempre (ove possibile) qualsiasi intervento di risanamento.

Un atomo di radon passa attraverso una fessura (non visibile) come una pallina da golf nel Grand Canyon (cit.)



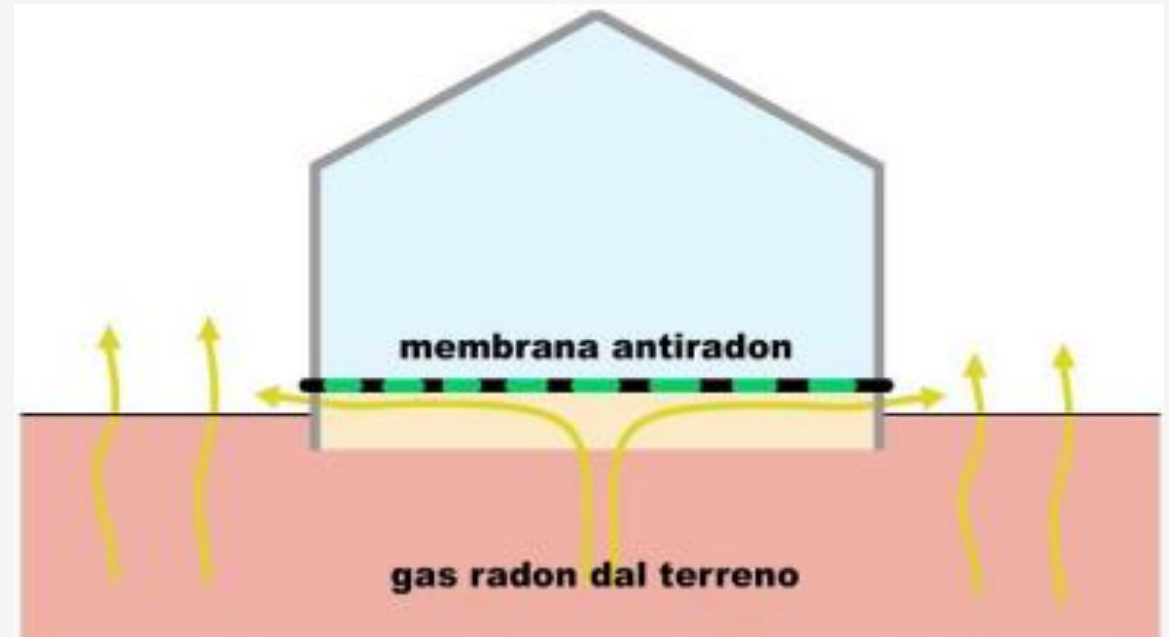
Per essere efficace anche nei confronti del gas radon deve essere posata su tutta l'area su cui poggia l'edificio.

Immagine tratta da: Linee guida per la prevenzione delle esposizioni al gas radon in ambienti indoor – Regione Lombardia 2011

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

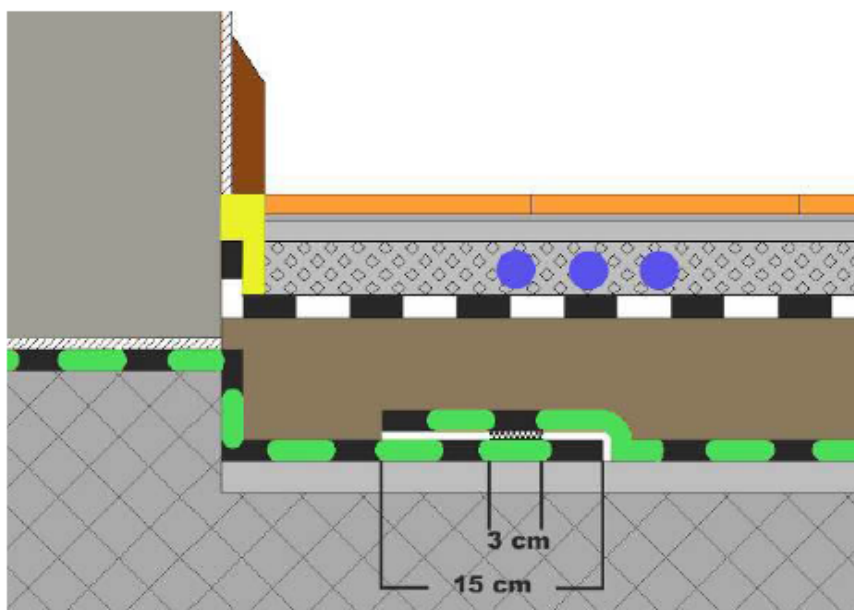
Tecnica barriera impermeabile

Va ricordato infatti che il radon **non** fuoriesce dal terreno in pressione, **ma viene richiamato dalla leggera depressione** che si crea all'interno dell'edificio ed è quindi sufficiente ostacolare questo leggero flusso di gas con una barriera sintetica.



Tecnica barriera impermeabile

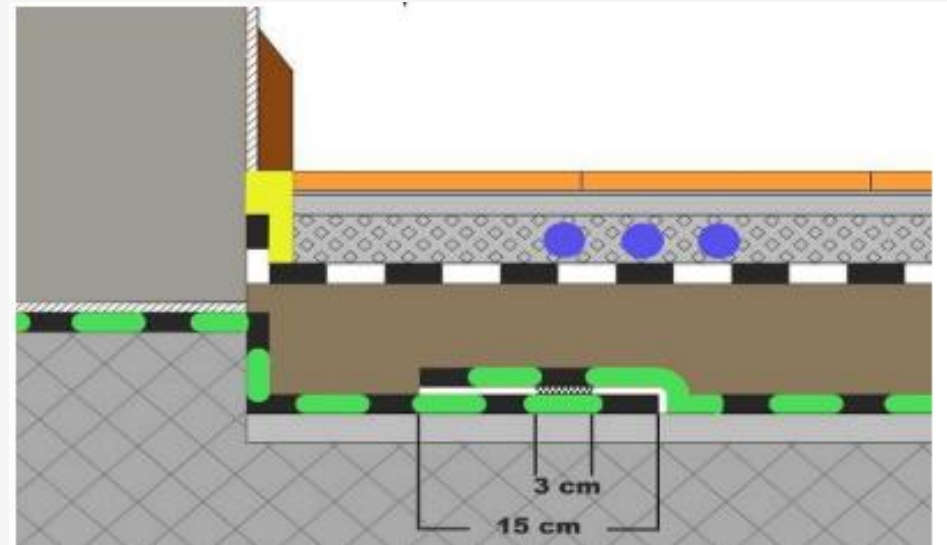
In commercio disponibili numerose **membrane "antiradon"** ma anche una membrana **impermeabile** (bituminosa, PVC, ecc.) fornisce adeguate prestazioni, specie se del tipo **"barriera al vapore"**.



La posa in opera riveste un ruolo determinante sull'efficacia della barriera evitando qualsiasi tipo di bucatura o lacerazione, poco importante nell'arresto della risalita dell'umidità ma sicuramente critica per il radon.

Tecnica barriera impermeabile ACCORGIMENTI

1. Posare innanzitutto una striscia di membrana - se possibile anche al di sotto delle murature portanti - facendola risvoltare in parte sul piano orizzontale di calpestio.
2. Proseguire con la posa della membrana sull'intera superficie sovrapponendola per circa 15 cm con la parte sporgente dalla membrana tagliamuro.
3. Sigillare o incollare i lembi sovrapposti e limitare al minimo il calpestamento della membrana per il rischio di rotture.



Tecnica barriera impermeabile - COSTI

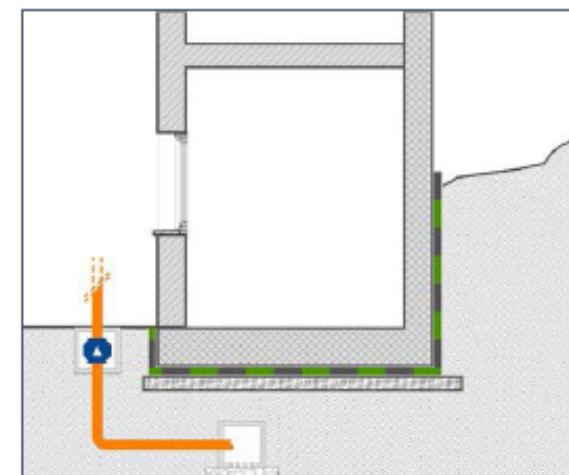
**Le membrane per essere *antiradon* devono avere
Permeabilità $< 1\text{cm}^3/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times \text{atm}$**

Membrane bituminose "barriera al vapore" non certificate "anti-radon"	2,50-3,00 €/m ²
Membrane sintetiche certificate "anti-radon" – base	5,00-6,00 €/m ²
Membrane sintetiche certificate "anti-radon" – rinforzate (resistenti all'usura ed al calpestio)	9,00 €/m ²
Messa in opera	Circa 3,00 €/m ²

PRESENZA DI MURATURE VERTICALI CONTROTERRA

Nel caso in cui alcune pareti perimetrali dell'edificio siano **muri di contenimento controterra**, soprattutto in caso di edificazione in terreni non pianeggianti, è sempre opportuna la predisposizione di un pozzetto al di sotto dell'edificio per l'attivazione di un sistema di depressione/pressurizzazione laddove si verifichi in seguito la presenza di radon.

Accorgimento:
La membrana impermeabile dovrà risalire anche all'esterno del muro controterra per proteggere questa superficie dall'umidità e dal radon.



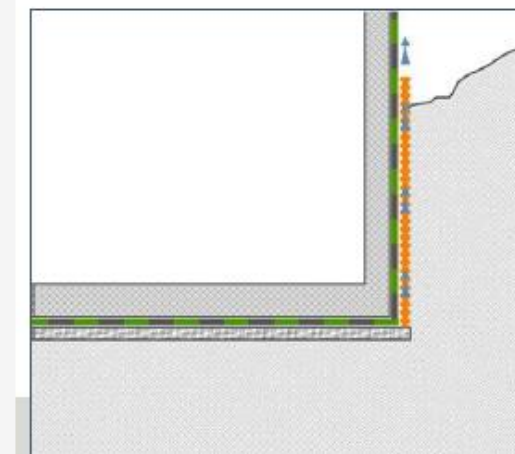
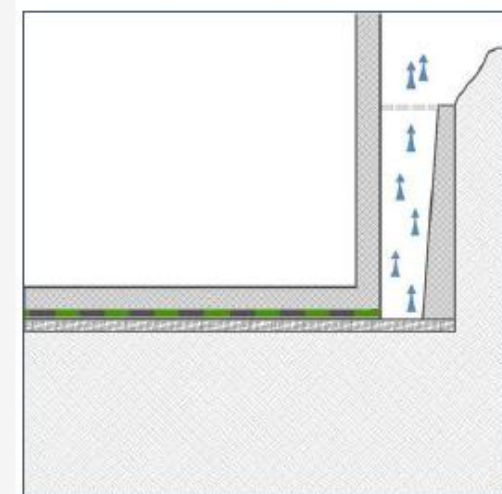
PRESENZA DI MURATURE VERTICALI CONTROTERRA

PRESENZA DI MURATURE VERTICALI CONTROTERRA - 2

Tecnica sicuramente efficace per la protezione sia dall'umidità che dal radon della muratura controterra consiste nel realizzare uno **scannafosso** fra terreno e muratura così da allontanare il terreno e **attivare una buona circolazione d'aria**.

In questo caso la membrana verticale, peraltro sempre consigliabile, può anche essere evitata.

In alternativa allo scannafosso, più semplice da realizzare e meno invasiva, è la realizzazione di una parete controterra ventilata con appositi elementi ventilanti in plastica che realizzano una intercapedine che consente il transito dell'aria fra terreno e muratura.



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

Aldo DELIA Ing. - EIRR 331-75.16.623 -
aldo.delia.ing@gmail.com

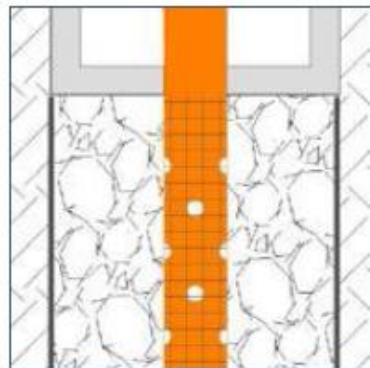
ESEMPI DI REALIZZO



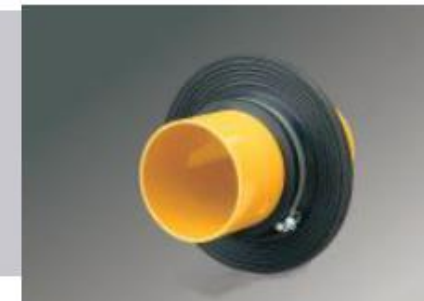
DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO – ACCORGIMENTI

La tubazione in pvc ($\phi = 10-12$ cm) è aperta all'estremità inferiore, nel tratto che precede il pozzetto e deve presentare una serie di **bucature** del diametro di 25-30 millimetri sul perimetro.

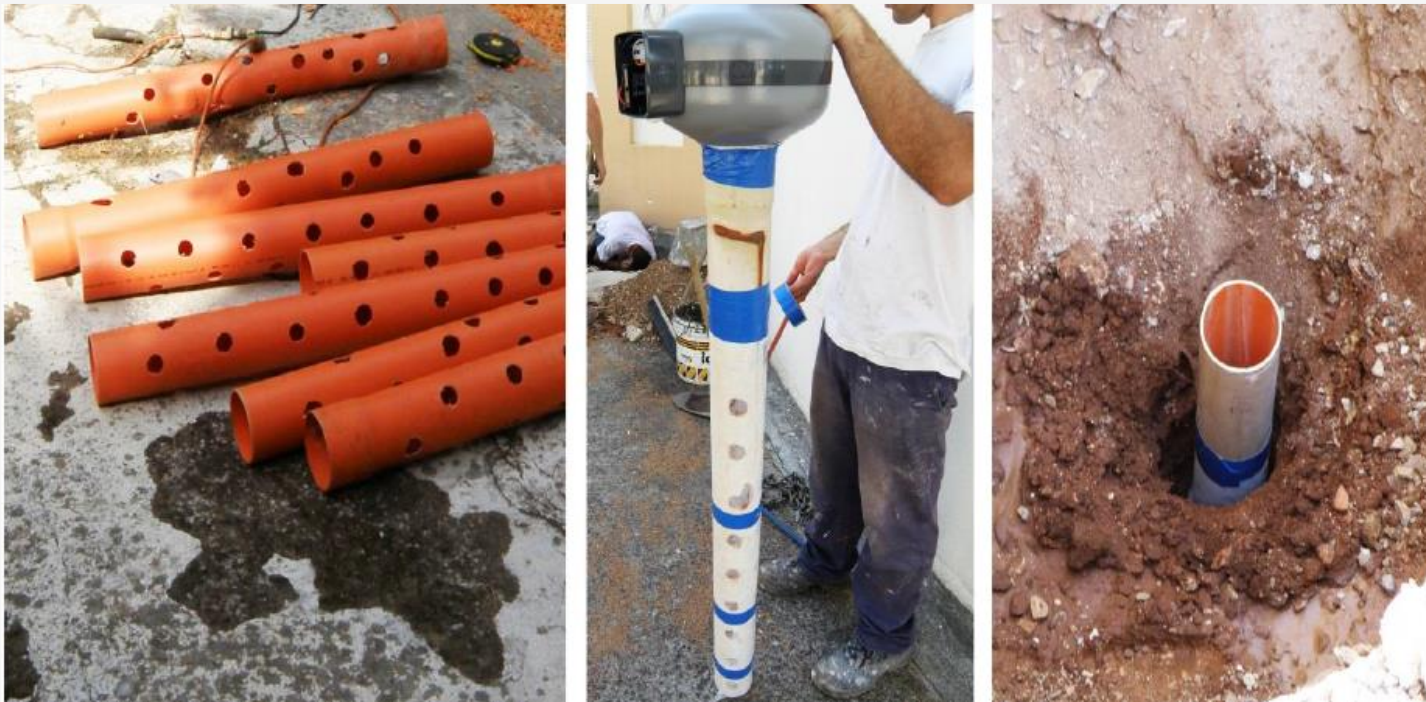
Deve essere avvolta e protetta da un **tessuto-non-tessuto** per evitare che il materiale di riempimento dello scavo, ghiaia di grossa pezzatura, penetri nella tubazione.



**Attenzione alla sigillatura
delle tubazioni degli
impianti che entrano
nell'edificio**



DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO – ACCORGIMENTI



Fonte: Tunno T.; Caricato A.; Fernandez M.; Leonardi F.; Tonnarini S.; Veschetti M.; Zannoni G.; Trevisi, R. 2017. Critical aspects of radon remediation in karst limestone areas: some experiences in schools of South Italy. J. Radiol. Prot. 37: 160–175.

DEPRESSIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO

Questa tecnica mira ad aspirare il gas Radon prima che possa penetrare nell'edificio.

Si realizza creando una depressione al di sotto o in prossimità dell'edificio tramite un aspiratore di adeguata potenza.

I punti di aspirazione possono essere anche più di uno in funzione della dimensione del fabbricato.

Per gli edifici esistenti l'aspirazione può essere effettuata direttamente nel terreno al di sotto o nel perimetro dell'edificio, nel caso di solaio che poggia direttamente sul terreno senza alcuna intercapedine, oppure all'interno di un volume preesistente, per esempio un vespaio, che funge da volume da mettere in depressione che intercetta il gas prima che entri nell'edificio.

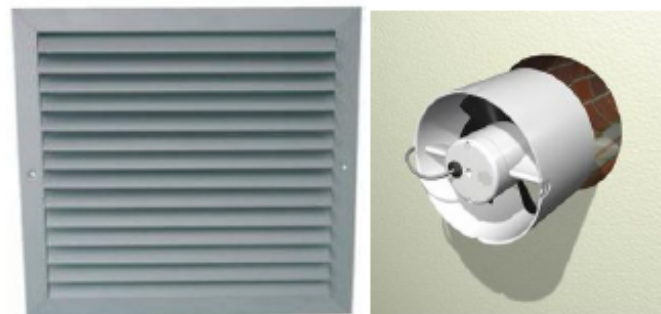
Nel caso di edifici di nuova costruzione, l'impianto di aspirazione che mette in depressione la base dell'edificio potrà essere predisposto in fase di costruzione e sarà costituito da un pozzetto di aspirazione, o da un sistema di tubazioni forate, collegato a una canalizzazione di evacuazione in pvc canalizzata all'esterno.



SISTEMI DI ASPIRAZIONE - temporizzazione

Le potenze dei ventilatori utilizzati per pressurizzare o depressurizzare possono variare da pochi a 120 Watt con portate da 200 a 1000 m³/h, a seconda

- della tipologia costruttiva,
- dei livelli di concentrazione del gas
- della tecnica costruttiva dell'attacco a terra.



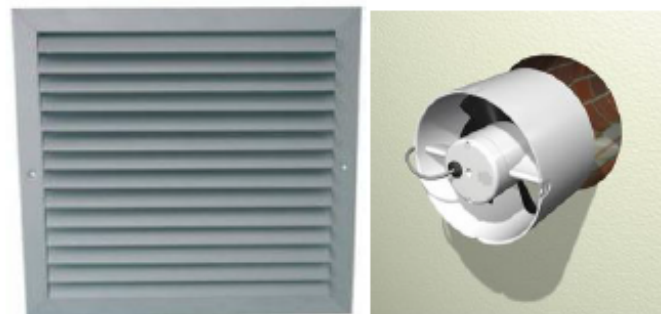
In genere è da preferire bassa potenza dei ventilatori ma maggior numero di punti di aspirazione. L'uso dei ventilatori può essere **temporizzato** in funzione dei livelli di radon indoor e in funzione della velocità di risalita del radon. **Costo di esercizio circa 240-270 Euro/anno.**

Questo tipo di valutazione può essere fatto solo con una misurazione con strumentazione di misura attiva.

SISTEMI DI ASPIRAZIONE - temporizzazione

Le potenze dei ventilatori utilizzati per pressurizzare o depressurizzare possono variare da pochi a 120 Watt con portate da 200 a 1000 m³/h, a seconda

- della tipologia costruttiva,
- dei livelli di concentrazione del gas
- della tecnica costruttiva dell'attacco a terra.



In genere è da preferire bassa potenza dei ventilatori ma maggior numero di punti di aspirazione. L'uso dei ventilatori può essere **temporizzato** in funzione dei livelli di radon indoor e in funzione della velocità di risalita del radon. **Costo di esercizio circa 240-270 Euro/anno.**

Questo tipo di valutazione può essere fatto solo con una misurazione con strumentazione di misura attiva.

PRESSURIZZAZIONE ALLA BASE DELL'EDIFICIO

E' l'inverso della tecnica precedente.

Consiste nell'insufflare aria al di sotto dell'edificio per creare una zona di **sovrapressione**.

L'effetto «**richiamo**» creato dalla casa nei confronti del terreno (per minore pressione interna) spinge il gas al di fuori del perimetro della costruzione lasciando che si disperda in atmosfera.

Si tratta della medesima tecnica della depressione nel quale viene semplicemente invertito il flusso del ventilatore sulla canalizzazione.

PRO

- **può ridurre concentrazioni elevate**
- **migliora quasi sempre l'IAQ**
- **bassi costi (quando già presente un impianto)**
- **effetto di diluizione**

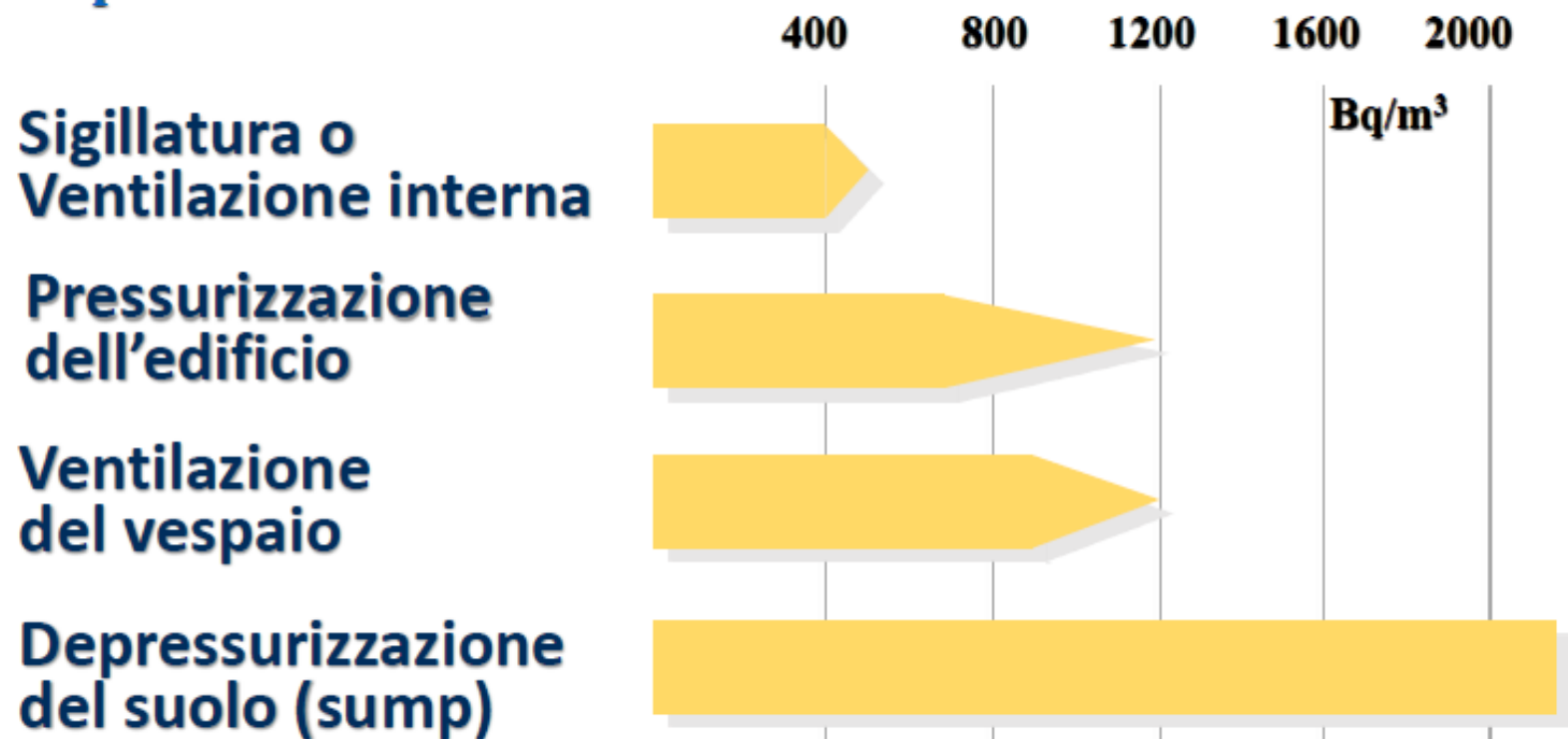
CONTRO

- **influenza il comportamento degli occupanti**
- **Difficile mantenimento di buoni standard operativi nel tempo**
- **Costi di installazione (quando non presente)**

IAQ: Indoor Air Quality

Linee guida per la scelta del tipo di intervento di risanamento (BRE-UK)

Tipo di intervento



Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

Technique	Typical Radon Reduction in [%]	Typical Contractor Installation Costs [€] ^c	Typical Annual Operating Costs [€] ^d	Notes
ASD ^e : High to Low Porosity Subslab	50 to 99	850 to 2 700	50 to 275	Subslab suction is placed in porous stone subslab fill, ground-water control components, and/or a perforated sump
ASD ^e : Very Low Porosity Subslab	50 to 99	850 to 2 700	50 to 275	Also known as subslab depressurization
ASD ^e : Submembrane Depressurization	50 to 99	1 100 to 2 700	50 to 275	In accessible crawlspaces, a membrane is placed over exposed soil and suction is applied under the membrane
Under Floor Active Ventilation	50 to 99	550 to 1 600	50 to 275	Uses a fan to pressurize or depressurize inaccessible spaces separating the soil and the occupied space (caution: if plumbing exposed to freezing conditions)
Under Floor Passive Ventilation	0 to 50	0 to 550 if additional vents added	Variable	Not effective in heating dominated regions and in homes with non-air tight floors (caution: plumbing freeze up)
Radon Wells	60 to 95	2 150 to 4 300	Variable	Most effective in very porous soils (such as eskers). May be used to reduce radon entry into multiple homes
Soil Pressurization	50 to 99	550 to 1 600	50 to 275	Most effective in very porous soils with moderately elevated soil radon and a very air-tight soil contacted concrete slab
Soil Contacted Crawlspace Pressurization	50 to 99	550 to 1 600	150 to 550	Most effective when the soil contacted space is relatively air-tight and isolated from outdoors and other indoor spaces
Passive Ventilation of Occupied Space	Variable/temporary	None	100 to 750	Significant loss of heated or cooled air; not a permanent mitigation strategy, especially in more severe climates
Active Ventilation of Occupied Space	30 to 70	225 to 2 700	7 to 550	Ranges from a very small supply fan ^f to a balanced heat recovery ventilator (both operating continuously)

La scelta del tipo di intervento dipende dalla struttura dell'edificio, dai livelli di radon presenti e dal livello di riferimento

Tratto da WHO Radon handbook, 2009



Ottimizzazione dell'intervento

Ogni modifica/intervento è bene che sia seguita da un monitoraggio dei livelli di radon di 7-15 gg per valutare i livelli medi nei diversi locali interessati dall'intervento stesso.

Qualora la riduzione sia soddisfacente e l'intervento richieda l'uso di ventole può essere utile ottimizzare il loro funzionamento (temporizzazione) per garantire una vita più lunga delle ventole e maggior comfort.

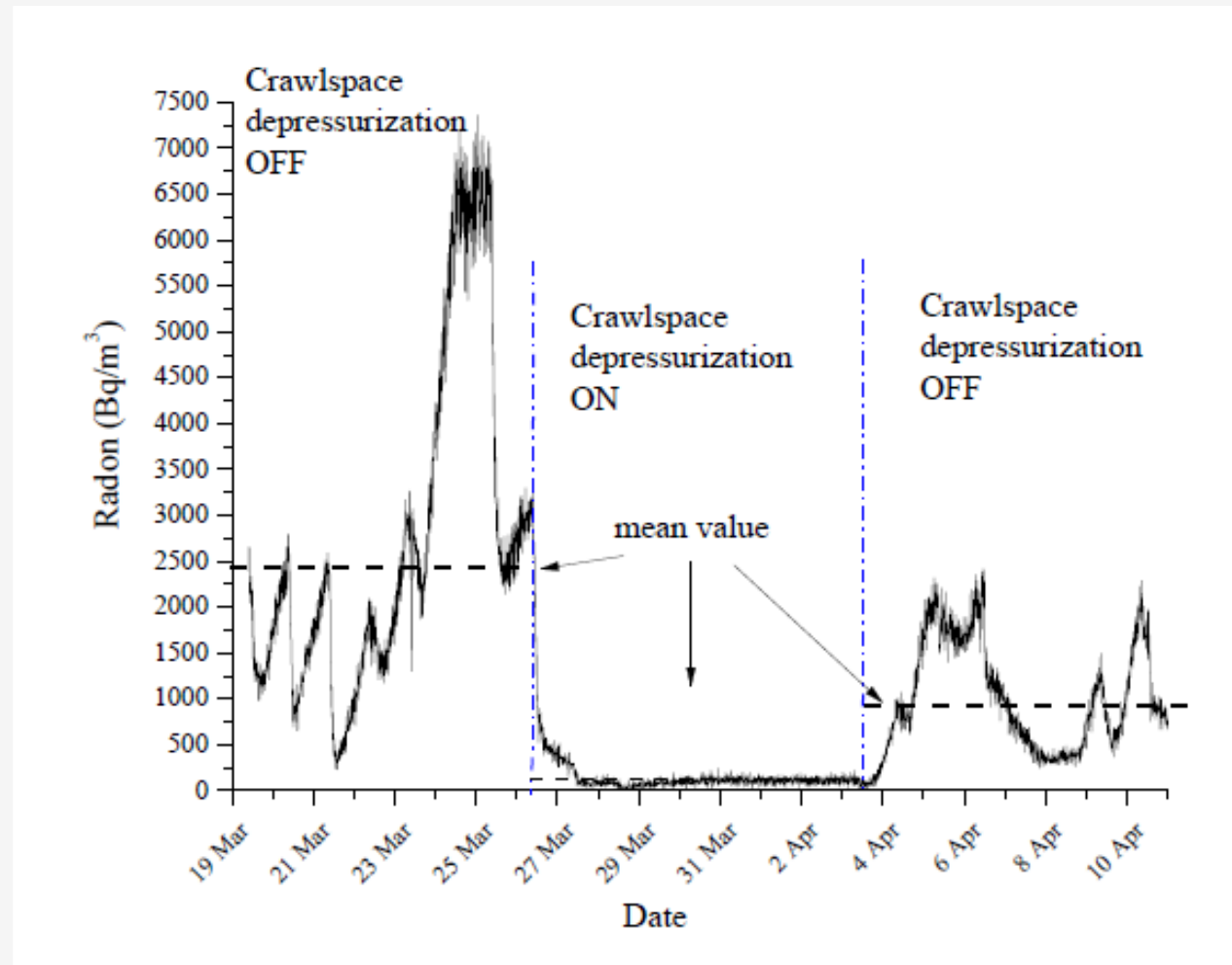
Temporizzazione: programmazione di cicli ON/OFF

Accorgimento: ogni ciclo va accompagnato da un monitoraggio orario di 7-15 gg per valutare:

- **a che ora del giorno i livelli di radon aumentano**
- **il tempo di risalita del radon**
- **i valori medi**

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

Aldo DELIA Ing. - EIRR 331-75.16.623 -
aldo.delia.ing@gmail.com



ISOLAMENTO TERMICO

L'isolamento termico degli edifici (per politiche di risparmio energetico) riduce il ricambio di aria. **Questo fenomeno può anche far aumentare la concentrazione di radon indoor.**

A questo scopo occorre garantire un **adeguato ingresso di aria fresca** dall'esterno al fine di evitare la depressione interna e per «diluire» il radon presente.

Per ulteriori dettagli sull'argomento consultare:
Radon Prevention and Remediation – RADPAR ([www.
http://web.jrc.ec.europa.eu/radpar/](http://web.jrc.ec.europa.eu/radpar/))

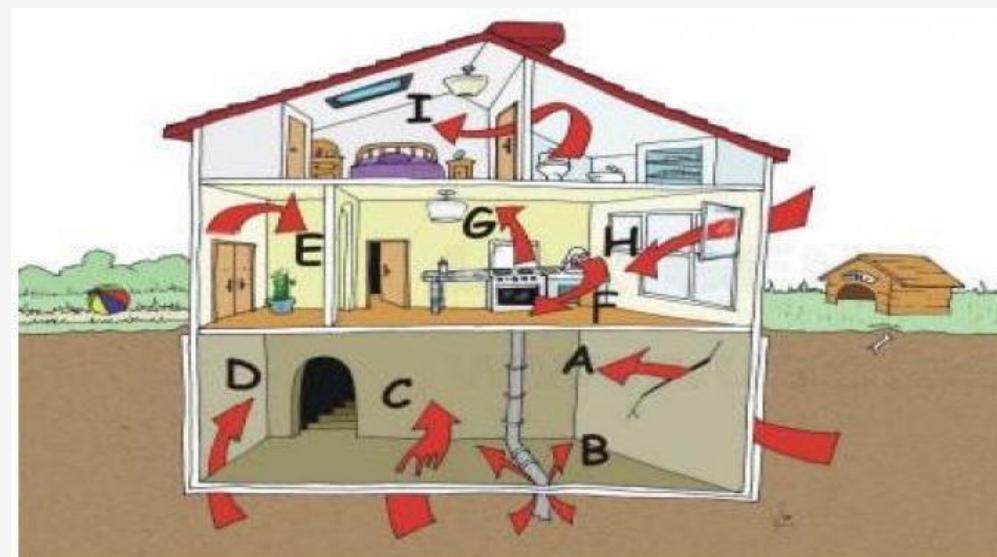
Hanno elaborato un documento tecnico e raccomandazioni sull'argomento.

SIGILLATURA DELLE VIE D'INGRESSO

Si tratta di un intervento quasi sempre non risolutivo, finalizzato ad attenuare il flusso di gas verso l'interno, da abbinare ad altre tecniche di bonifica.

Le infiltrazioni di Radon possono verificarsi in corrispondenza di:

1. A-B. crepe e giunti in pavimenti e pareti;
2. B. fori di passaggio cavi (soprattutto in tubi vuoti),
3. I-F. tubazioni e fognature;
4. pozzetti ed aperture di controllo;
5. prese di luce e altre aperture nelle pareti della cantina;
6. camini e montacarichi;
7. C. pavimenti naturali in terra battuta, in ghiaia, in lastre di pietra o ciottoli;
8. D-E. componenti permeabili (solai in legno, laterizi forati, muri in pietra e simili).



Aumento della ventilazione

Laddove sia presente un vespaio sotto l'edificio, una tecnica di mitigazione semplice da adottare è quello di favorire la ventilazione dello stesso attraverso l'apertura di bocchette per il passaggio dell'aria.

Nel caso in cui la sola presenza di aperture non sia in grado di garantire una adeguata aerazione del vespaio, si può ricorrere all'adozione di sistemi attivi (aspiratori) in grado di creare un flusso uniforme all'interno dell'intercapedine.

L'adozione di sistemi attivi può anche consentire la scelta della tipologia di areazione che può essere quella di creare una depressurizzazione, aspirando aria dall'interno del vespaio, oppure di insufflare aria all'interno dello stesso al fine di creare una pressurizzazione del volume; in entrambi i casi è fondamentale garantire una adeguata sigillatura dei pavimenti degli ambienti posti al di sopra del vespaio, per garantire una efficace differenza di pressione.

In merito all'efficacia di questa tipologia di intervento, sono riportate riduzioni della concentrazione di radon che vanno dal 60 al 90%.

Per potenziare la ventilazione naturale del vespaio, specialmente nei vecchi edifici, si può intervenire sulle bocchette di areazione, generalmente già presenti allo scopo di evitare la presenza di umidità, rendendole più efficienti tramite la pulizia delle grate di protezione esterne, o dei mattoni forati utilizzati per lo stesso scopo, che possono essere ostruiti con il passare degli anni.

Aumento della ventilazione

Qualora la dimensione e il numero delle aperture non siano adeguati a garantire una efficiente ventilazione dell'intercapedine, si provvede a realizzarne delle altre o ad ampliare la superficie di quelle esistenti. La superficie consigliata per le aperture è di almeno 1500 mm² per metro di muro perimetrale.

Nell'ipotesi in cui la ventilazione naturale non sia sufficiente, si può far ricorso alla installazione di aspiratori collegati alle bocchette con le condutture di scarico possibilmente ad almeno 1,5 metri sopra il piano di campagna.

In questo caso tutte le bocchette non collegate agli aspiratori devono essere necessariamente chiuse, per evitare l'aspirazione dell'aria esterna all'edificio in corrispondenza delle bocchette aperte e quindi non dal suolo.

Un altro caso è quello in cui vi sia la presenza di un vespaio molto al disotto del piano di campagna, in questa eventualità, oltre all'adozione di un sistema di ventilazione attivo, sarà necessario canalizzare le vie di aspirazione per raggiungere l'esterno (tubi a periscopio).

In entrambi i casi le bocchette di ventilazione devono essere disposte opportunamente su lati opposti e in direzione nord-sud, con la bocchetta a sud in posizione più elevata di quella a nord se possibile, per consentire il maggior flusso di aria.

Inoltre, in presenza di tubazioni idrauliche all'interno del vespaio, il potenziamento della ventilazione potrebbe portare a fenomeni di congelamento e pertanto si dovrà provvedere alla opportuna coibentazione delle stesse.

Infine, nei luoghi a forte presenza di vento (ad es. in collina o in prossimità del mare) può rendersi necessario applicare sistemi di protezione sulle bocchette per evitare che le raffiche investano direttamente i condotti di areazione modificando così l'andamento dei flussi di aria.

Interventi di riduzione/prevenzione – RISANAMENTI

Aumento della ventilazione

