



2022

GUIDA PER GLI INTERVENTI EDILI DI MITIGAZIONE DEL GAS RADON NEGLI EDIFICI



a cura di Raoul Pagetta

Geometra Esperto in interventi di risanamento gas Radon

Tecnici&Professione
Associazione Nazionale Donne Geometra

GUIDA PER GLI INTERVENTI EDILI DI MITIGAZIONE DEL GAS RADON NEGLI EDIFICI

“Esperto in interventi di risanamento Gas Radon”

Un Esperto in interventi di risanamento Gas Radon, secondo il Decreto Legislativo n.101/2020 è un geometra, architetto, ingegnere, iscritto all’Albo in possesso di un attestato conseguito a seguito della partecipazione ad un corso universitario dedicato di 60 ore.

Per info sui corsi scrivi a: info@tecniciprofessione.it

INDICE

Introduzione

1. Capitolo: origine e caratteristiche del Gas Radon

- 1.1 Cenni storici del gas radon
- 1.2 Caratteristiche chimico-fisiche
- 1.3 Dinamica dei prodotti di decadimento
- 1.4 Il gas radon e gli effetti sulla salute

2. Capitolo: il gas radon in Italia

- 2.1 Le mappe nazionali, le concentrazioni e la normativa di riferimento europea e italiana nei luoghi di lavoro e ambienti residenziali
- 2.2 La valutazione del rischio
- 2.3 Misure del radon in acqua

3. Capitolo: Le misure del gas radon

- 3.1 Strumentazione di tipo attivo e passivo
- 3.2 Numeri dei punti di misura
- 3.3 Requisiti degli organi di misura

4. Capitolo: Gli interventi di prevenzione e riduzione del gas radon

- 4.1 Tipologia degli interventi
- 4.2 Utilizzo di apparecchiature
- 4.3 Tecniche di ventilazione e aspirazione
- 4.4 Tecniche di depressurizzazione
- 4.5 Tecniche di pressurizzazione
- 4.6 Barriere protettive
- 4.7 La prevenzione in caso di nuovi edifici

5. Capitolo: La sorveglianza medica dei lavoratori

- 5.1 Gli obblighi del datore di lavoro
- 5.2 Le specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel Piano d'azione radon
- 5.3 Stabilimenti termali
- 5.4 Caso studio

Conclusioni

Bibliografia

Sitografia

Introduzione

L'evoluzione degli edifici nel tempo ha avuto cambiamenti radicali riguardo all' "abitare", senza andare troppo indietro basta soffermarsi alla tipologia di edifici residenziali del dopoguerra e lo sviluppo delle abitazioni a partire dagli anni 60 con il trasferimento, degli uomini, dalle campagne alle città e qui la costruzione di edifici residenziali e quartieri, talvolta dormitorio, nelle periferie delle stesse. Si è avuta la trasformazione delle città nell'interno del loro nucleo storico, talvolta perimetrata da cinte murarie e il trasferimento delle attività artigianali dai centri storici ai nuovi insediamenti delle aree industriali, perdendo testimonianze e tradizioni artigianali di valenza anche storica, trasformando quei locali che un tempo erano adibiti, prima a stalle, a laboratori artigianali e garage, oggi nella maggior parte ad attività commerciali e anche abitative.

La richiesta sempre più in crescita per il *confort* di vita sia fisica che psichica degli abitanti dei centri urbanizzati e le trasformazioni sociali, si sono evolute con un marcato indirizzo alle tematiche legate alla salute e all'ambiente edificato.

Gli edifici sono cambiati, come la trasformazione degli insediamenti industriali, le scuole, gli uffici. Gli immobili sono oggi, una fonte di inquinamento indoor che mettono a rischio la salute delle persone, per l'aumento delle sostanze insalubri rilasciate da mobili, dai materiali da costruzione, vernici, oltre la mancata o insufficiente ventilazione, l'umidità fuori controllo, *ect*, fattori tutti che influiscono sul peggioramento della qualità della vita di tutti.

Oggi costruire un edificio salubre è un punto di partenza molto discusso, che sensibilizza e pone davanti a notevoli responsabilità non solo etiche, ma anche ad esposizioni di tipo legale: la salute è un diritto costituzionalmente garantito.

Tra le fonti di inquinamento, che incidono sulla salute c'è il gas radon, che costituisce la seconda causa di morte per il cancro del polmone dopo il fumo di sigaretta. Il numero dei decessi attribuibili al gas radon, hanno imposto anche in Italia il recepimento delle direttive europee e dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Con il *D.lgs n.101/2020* le concentrazioni consentite nei luoghi di lavoro, attività artigianali e commerciali e nelle abitazioni non devono superare i *300 Bq/mc*; laddove si dovesse riscontrare un valore superiore è necessario procedere ad un intervento di mitigazione, che mette al riparo le persone dai danni alla salute-

Il gas radon non si percepisce, va misurato con appositi dosimetri, che hanno un costo sostenibile da tutti, proviene principalmente dal suolo, penetra negli edifici dai piani bassi e spesso per effetto camino può raggiungere anche i piani alti.

Raoul Paggetta

Geometra Esperto in interventi di risanamento gas Radon

Contatto: raoulp@libero.it

Capitolo I

Il gas Radon fu scoperto alla fine del 1900, è un gas nobile chimicamente inerte, inodore e incolore e radioattivo. È generato dal decadimento del radio, che a sua volta è prodotto dalla trasmutazione dell'uranio, presente dalla nascita del pianeta nelle rocce e nel suolo. L'isotopo più stabile è il *radon-222* che decade nel giro di pochi giorni, emettendo radiazioni ionizzanti del tipo *alfa* e formando i prodotti di decadimento, tra cui il *polonio-218* e il *polonio-214*, la catena dei decadimenti termina con un elemento stabile rappresentato dal *Piombo 206*.

Il radon e i suoi "figli" possono generare un danno al DNA dei tessuti polmonari a causa dell'energia rilasciata dalle particelle alfa emesse nel decadimento. Mentre una buona parte dei danni al DNA viene riparata da meccanismi cellulari, la parte che rimane danneggiata può trasformarsi nel tempo in tumori e più quantità di radon e suoi "figli" viene inalata, più alto è il rischio per l'insorgere di tumore. Il rischio aumenta nei soggetti il cui danno alle cellule è associato a quello da fumo di tabacco e tra il danno al tessuto polmonare e l'insorgere di un tumore possono trascorrere anche anni o decenni.

Capitolo 2

La mappa del gas radon indoor realizzato in Italia è molto differenziata da regione a regione e questo è dato dalla natura vulcanica del territorio. Ci sono regioni che hanno proceduto alla stesura di cartografia con mappatura delle aree ad alto rischio di radon e queste sono state raccolte dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale e l'Istituto Superiore di Sanità o dalle ARPA. La cartografia dell'ISS riporta una mappa del radon pari a 70Bq/m³, superiore a quella mondiale che è stimata intorno a 40 Bq/m³. I valori rilevati nelle abitazioni a campione sono risultati superiori ai 200 Bq/m³ e ancora maggiori pari ai 400 Bq/mc nelle regioni della Lombardia e del Lazio, seguono poi il Friuli-Venezia Giulia e Campania, Toscana, Puglia, Sardegna, Piemonte, ecc.

Nei luoghi di lavoro, il *D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.* prevede che il datore di lavoro metta in atto misure volte a garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori e nel caso specifico attenersi alle disposizioni del *D. Lgs. 230/95 e s.m.i.* inerente all'esposizione da gas radon, successivamente integrato dal *D.Lgs. 241 del 2000*. La direttiva n. 59/2013 EURATOM è stata recepita dal *D.Lgs. 101/2020* che fissa il livello di concentrazione media annua negli ambienti di vita e di lavoro a 300 Bq/mc, modificando i parametri precedenti che erano pari a 500 Bq/m³.

Per le abitazioni costruite che saranno costruite dopo il 31/12/2024 si applicherà un livello di riferimento inferiore ai 200Bq/m³.

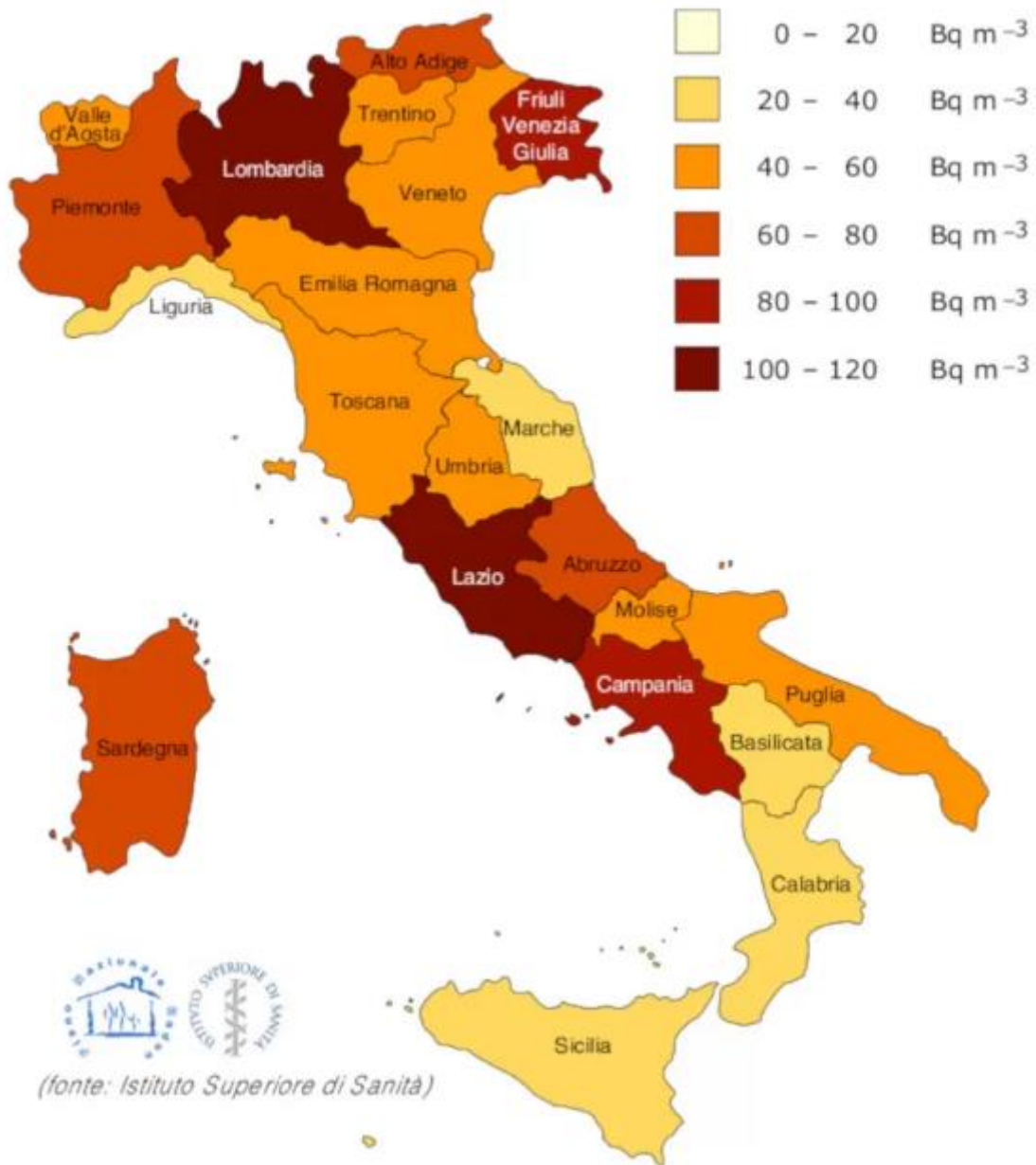


Figura 1 Mappa dell'Istituto Superiore di Sanità concentrazioni per Regione

Capitolo 3

La valutazione del rischio

La valutazione del rischio radon è stata imposta dal D.Lgs. 101/2020 che recepisce la direttiva 2013/59/Euatom per i pericoli derivanti da radiazioni ionizzanti. La concentrazione del radon è calcolata con unità di misura il Bq/m³, che rappresenta il decadimento del materiale radioattivo in un secondo in un metro cubo di aria. La misurazione viene effettuata con un dosimetro e viene valutata per un intero anno.

Il D.Lgs. 101/2020 prevede, che la concentrazione di radon non debba superare sia per gli ambienti di lavoro che per le abitazioni i 300Bq/m³. La documentazione del rischio radon deve essere inserita nel Documento di valutazione dei rischi per i luoghi di lavoro in ambienti sotterranei, per i locali di lavoro seminterrati o situati al piano terra, luoghi di lavoro identificati nel Piano Nazionale d'adozione del radon e stabilimenti termali.

Misure del radon in acqua

L'Istituto Superiore di Sanità ha stabilito che la concentrazione di radon nelle acque minerali non superi i 100Bq/litro e 32Bq/litro destinate ai bambini e lattanti. Per quanto riguarda il radon disciolto nell'acqua potabile, influisce pochissimo per l'insorgere dei tumori allo stomaco e comunque il rischio è dato dalla frazione rilasciata nell'aria anziché all'ingestione e i valori sono molto bassi al di sotto di 100Bq/litro, infatti 10Bq/Kg in acqua provoca 1Bq/m³ in aria.

La misurazione del radon in acqua viene effettuata tramite conteggio per scintillazione liquida. In particolare, si tratta di estrazione liquido-liquido direttamente dalla fiala di scintillazione. Il campione viene prelevato con una siringa e viene iniettato in una fiala per scintillazione contenente un liquido immiscibile all'acqua e costituito prevalentemente da un solvente organico. L'agitazione della fiala aumenta la superficie utile di scambio e diminuisce il tempo trasferimento nella fase organica. Le più diffuse fiale per scintillazione liquida hanno normalmente una capienza di circa 20 ml, vengono impiegati 10 ml di liquido scintillante per 10 ml di campione. Questa tecnica di misura è selettiva per il gas radon in quanto gli altri radionuclidi presenti nel campione sono in soluzione in forma ionica e non sono estratti nella fase organica. Esistono altre tecniche di misurazione quali l'emanometria e la spettromia. Da proporzioni delle quantità è stata ricavata una tabella dei Coefficienti di solubilità caratteristici del radon in diversi materiali.

Le misure del gas radon

È prevista una strumentazione di tipo attivo e passivo. Le **misurazioni attive** del gas radon sono basate sull'impiego di strumenti in grado di misurare in continuo la concentrazione di radon, e consentono di evidenziare le variazioni nell'arco di ore e giorni. Queste tecniche sono di norma utilizzate per la diagnosi degli edifici, ovvero lo studio dei punti preferenziali di ingresso del radon e dell'effetto delle azioni di rimedio. I rivelatori attivi consentono di ottenere misure di Radon veloci

e di monitorare ambienti diversi in pochi giorni. Di solito usati per valutazioni brevi e per identificare punti di fuoriuscita di radon o per tarare interventi di mitigazione. Offrono però dei risultati approssimativi che sono di tipo puntuale, validi per le condizioni di quell'ora e quel giorno. Per tale ragione sono consigliabili solo per ottenere una indicazione di massima.

La **misurazione di tipo passivo** è basata sull'utilizzo di rivelatori a tracce nucleari oppure rivelatori a elettrete, che vengono esposti nel luogo da misurare per un periodo di alcuni mesi e forniscono la concentrazione media nel periodo di esposizione.

Per il confronto con i limiti di legge o i livelli di riferimento è necessario che il periodo di esposizione abbia una **durata complessiva di un anno** (due semestri). Per le misurazioni è preferibile l'uso di un **dosimetro** chiuso, perché i dosimetri aperti misurano anche i prodotti di decadimento del radon e il risultato non è pertanto immediatamente confrontabile con quello ottenuto con dosimetri chiusi: l'uso di dosimetri aperti non è raccomandato e in ogni caso deve essere accompagnato da una valutazione del fattore di equilibrio fra radon e prodotti di decadimento.

Misuratori passivi; sono dei piccoli dosimetri (circa 8 x 8 x 6 cm), che non richiedono corrente elettrica e che vengono posizionati in punti strategici dell'edificio per alcuni mesi (3-6 mesi), per poi essere prelevati e analizzati e sostituiti da altri dosimetri per la copertura di una misurazione per ogni semestre. Sono costituiti generalmente da un contenitore (camera di diffusione) in cui è alloggiato un particolare polimero sensibile alle radiazioni alfa emesse dal ^{222}Rn . I dosimetri non sono nocivi e possono essere maneggiati facilmente senza alcun pericolo.



Figura 2 Rilevatore passivo CR39

Nelle **abitazioni** è preferibile misurare due locali diversi, per esempio una stanza da giorno e una camera da letto, al fine di acquisire conoscenza sulla distribuzione del radon. Nel caso che l'abitazione si sviluppi su più piani, è opportuna una misura per piano (se un solo piano, due misure). La misura deve essere effettuata in ambienti di uso comune, non in ambienti di passaggio quali corridoi o in ambienti utilizzati saltuariamente, neanche nei bagni e ripostigli. Il dosimetro deve essere posizionato lontano da finestre, distante dalle pareti (circa 20 cm.) e ad un'altezza di circa 1,50 da terra.

Nei **luoghi di lavoro** il numero di locali da misurare e il numero e posizione dei dosimetri in ambienti di grandi dimensioni devono essere stabiliti cercando di tenere conto delle attività prevalentemente svolte; è in ogni caso opportuno effettuare misure in tutti i piani e in ambienti adibiti a diverse attività (non solo quelli ritenuti più “a rischio”).

Le misurazioni vanno eseguite in tutti i locali separati del luogo di lavoro. In caso di un elevato numero di locali analoghi in termini strutturali, d’uso e di ventilazione, è possibile effettuare misurazioni su un campione ridotto, comunque non inferiore al 50%. Nel caso in cui si riscontri il superamento del livello di riferimento almeno in un locale, le misurazioni dovranno essere estese a tutti gli ambienti non misurati. È necessario identificare almeno un punto di misurazione almeno ogni 50 mq. o frazione. Per locali di dimensioni maggiori da 100 mq. è necessario identificare almeno un punto di misurazione ogni 100 mq. o frazione.

Nel caso di tunnel, sotto vie, catacombe, grotte e metropolitane e altri luoghi individuati dal Piano nazionale d’azione per il radon, le misurazioni dovranno essere eseguite preferibilmente nelle posizioni ove stabilmente stazionano gli operatori. In questi casi dovranno essere adottate anche tecniche di misurazione adeguate alle condizioni microclimatiche degli ambienti (allegato II, commi b e c art. 15 D.Lgs. 101/2020)

Requisiti degli organi di misura

I laboratori che effettuano misure di radon devono garantire la qualità dei risultati attraverso il rispetto di requisiti tecnici e gestionali. Alcuni requisiti minimi sono contenuti nelle Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei; questi possono essere ritenuti validi anche per misure in ambienti di lavoro non sotterranei e ambienti di vita (abitazioni, edifici pubblici, scuole, ecc.). Il dosimetro deve essere collocato in un luogo “aperto”, ossia che non sia schermato rispetto all’ambiente da misurare (non dietro mobili o all’interno di cassette), lontano da finestre e fonti di calore/freddo. Il dosimetro deve essere posizionato sopra un mobile o una mensola, lontano da ventole e radiatori.

Capitolo 4

Gli interventi di prevenzione e riduzione del gas radon

La concentrazione del gas radon all'interno degli edifici può variare notevolmente in dipendenza dei seguenti fattori:

- caratteristiche del terreno sottostante l'edificio (tipologia delle rocce, permeabilità, ecc.);
- tipo di attacco a terra dell'edificio, cioè tipo di contatto tra edificio e suolo (eventuale presenza di vespaio aerato, ecc.);
- caratteristiche tipologiche e costruttive dell'edificio (materiali utilizzati, dimensioni dell'edificio, numero piani, esposizione ai venti e all'irraggiamento solare, ecc.);
- condizioni meteorologiche (temperatura, venti, ecc.);
- abitudini delle persone che utilizzano l'edificio (in particolare in merito alla ventilazione degli ambienti).

Le concentrazioni variano anche nel tempo in dipendenza della stagione (inverno - estate) e nell'arco dello stesso giorno (variazione giorno-notte). Infine, ci può anche essere variazione notevole perfino tra due locali adiacenti.

Le azioni di **mitigazione** possono suddividersi in:

- ➔ azioni di rimedio per edifici esistenti, dove si è verificata la presenza dell'inquinante;
- ➔ azioni preventive per edifici di nuova costruzione, dove si "ipotizza" la futura presenza di inquinamento indoor da gas radon;

e possono essere

- ✓ di tipo passivo, non meccanizzate e quindi senza consumo di energia;
- ✓ di tipo attivo, con sistemi a consumo di energia (ventilatori, ecc.) per una maggiore efficacia e controllabilità.


In generale le tecniche di mitigazione sono basate sull'applicazione di uno o più dei seguenti principi: ostacolare la penetrazione nell'edificio del radon proveniente dal suolo (attraverso la sigillatura delle vie di accesso, ventilazione e/o depressurizzazione del suolo sottostante l'edificio, ecc); diluire il radon già penetrato nell'edificio attraverso una maggiore miscelazione con aria esterna (nella quale il radon è presente in concentrazioni molto basse); Si fa presente infine che la migliore azione per ridurre il rischio radon è smettere di fumare!

Il radon, infatti, ha un effetto molto più forte sui fumatori rispetto ai non fumatori.

Utilizzo di apparecchiature

La più semplice delle apparecchiature da utilizzare è l'aspiratore centrifugo che è facilmente reperibile sul mercato con differenti potenze, per tubazioni a partire dal diametro di 100 mm., con caratteristiche di portata di aspirazione di aria m³/H, corrente assorbita minima come la

potenza da 27W e con pressione sonora molto bassa già a 3 mt. di 32 dB e non da ultimo il grado di protezione IPX5 e di dimensioni contenute. Altre apparecchiature simili, sono i ventilatori per insufflaggio aria al disotto dell'edificio che immettono aria. Esistono inoltre il commercio gli scambiatori d'aria a recupero di calore che possono aumentare la ventilazione naturale di un edificio che utilizza l'aria viziata di scarico per preriscaldare l'aria fresca in entrata. Questo oltre altri sistemi passivi, può essere una buona soluzione alla luce degli efficientamenti energetici degli edifici che comportano la sigillatura e chiusura ermetica degli ambienti.

		Serie AXR						
PRESTAZIONI								
CODICE	MODELLO	TUBAZIONE	PORTATA MAX	PRESSIONE MAX	CORRENTE ASSORBITA	POTENZA	PRESSIONE SONORA (A 3 mt)	GRADO DI PROTEZIONE
		Ø mm	m ³ /H	Pa	A	W	dB (A)*	
2AX5026	AXR 100	100	211	263	0,13	27	32	IPX5
2AX5161	AXR 125	125	265	251	0,13	27	33	IPX5
2AX6103	AXR 150	150	430	325	0,29	65	39	IPX5
2AX6254	AXR 160	160	450	325	0,29	65	40	IPX5

* Rumorosità rilevata a 3 mt con apparecchio canalizzato

DIMENSIONI (mm)						
MODELLO	A	B	Ø C	Ø D	Kg.	
AXR 100	238	25	98	212	1,5	
AXR 125	238	25	123	212	1,5	
AXR 150	232	28	147	253	2	
AXR 160	232	28	157	253	2	

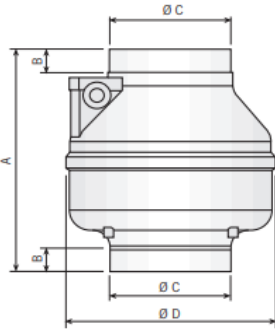


Figura 3 immagine tratta da depliant Elicent, marchio di Maico Italia SpA

Tecniche di ventilazione e aspirazione

La tecnica di ventilazione passiva può essere una soluzione portando il tubo a tetto da 16 cm. Creando l'effetto camino nel tubo ascendente, ma l'involucro dell'edificio deve avere un buon isolamento e l'impianto di ventilazione deve funzionare a pressione neutra, con la presa d'aria fresca all'aperto posizionata ad almeno 70 cm. dal suolo. La tecnica di aspirazione è fatta con ventilatore posizionato sul tubo pieno sotto la platea di fondazione e indicato come tubo di aspirazione radon in grado di creare un flusso uniforme all'interno dell'intercapedine oppure aspirare dal pozzetto radon.

Le **tecniche di depressurizzazione** consistono in un sistema di drenaggio del radon presente nel sottosuolo dell'edificio.

L'impianto è costituito da un **pozzetto di estrazione** delle dimensioni non inferiori a 50 cm. collegato ad una tubazione di trasporto da 10 cm., per lo scarico del gas nell'ambiente esterno. L'aria all'interno del pozzetto viene continuamente aspirata in modo passivo oppure per mezzo di un aspiratore elettromeccanico.

Il pozzetto radon rappresenta il sistema più comune e efficace per ridurre la concentrazione di radon negli edifici che non hanno il vespaio, ma le fondazioni a platea.

La sua elevata efficacia è dovuta alla riduzione dei livelli di radon direttamente nel sottosuolo e la depressione rispetto agli ambienti interni dell'edificio, in modo da eliminare l'infiltrazione del gas dal sottosuolo nell'edificio.

L'intervento non risulterà comunque molto efficace quando ci troviamo in presenza di **terreno con elevata permeabilità**, che può impedire la formazione di una sufficiente depressurizzazione nella cavità del pozzetto di estrazione per la presenza di troppa aria nel pozzetto stesso. La depressurizzazione del suolo durante la **stagione fredda** funziona solo se il passaggio delle tubazioni di estrazione dell'aria avviene all'interno dell'edificio. Se ciò non è possibile la tubazione esterna per la differenza di temperatura che si sviene a creare necessita di estrazione forzata dell'aria. Ogni pozzetto radon ha effetto fino a 6-10 metri dal punto di estrazione, in funzione della permeabilità del terreno e dal dimensionamento dell'impianto con un elevata efficacia. Importante nel tempo è la manutenzione dei pozzetti e dell'eventuale estrattore stesso elettromeccanico. Altro intervento di depressurizzazione può essere effettuato su pozzetti radon collocati esternamente all'edificio che sono un'alternativa al pozzetto interno di estrazione, nel caso che questo e la canalizzazione per l'espulsione del gas aspirato non sia tecnicamente e spesso anche per ragioni economiche la soluzione da adottare. Il principio di funzionamento è lo stesso, anche se l'efficacia potrebbe essere minore per la maggiore distanza dei locali da risanare rispetto al punto di estrazione. Per ovviare a questa limitazione si può prevedere la posa in opera di più unità di estrazioni, in modo da garantire una copertura uniforme di tutta la base dell'edificio.

Le **tecniche di pressurizzazione** vengono adottate quando, in presenza di una permeabilità estremamente elevata del suolo sotto l'edificio, l'impiego di altre tecniche di riduzione della concentrazione del radon risulta poco efficace. Il sistema consiste nell'immettere nel sottosuolo l'aria prelevata dall'interno dell'edificio per mezzo di un ventilatore, creando quindi una sovrappressione nel sottosuolo che contrasti l'infiltrazione del radon all'interno dell'edificio e al contempo diluisca la concentrazione del gas nel suolo stesso. Per l'immissione dell'aria nel suolo possono essere realizzati pozzetti radon, oppure, utilizzare, se presente, il sistema di drenaggio dell'acqua sotto l'edificio. L'impiego di aria interna in luogo di quella esterna evita la possibilità di gelare il terreno sottostante l'edificio, in modo particolare durante i mesi più rigidi. Questa tecnica di mitigazione è relativamente nuova e la sua efficacia è limitata ad una bassa casistica: nei casi sperimentati in *Norvegia* ed in *Alto Adige* l'efficacia si è comunque dimostrata elevata, consentendo un risanamento soddisfacente non conseguito con altri metodi. L'impianto è

realizzato come un pozzetto radon e in questo caso il funzionamento del ventilatore è invertito in quanto l'aria viene spinta all'interno. Certamente come anche per le soluzioni di depressurizzazione non si dovranno avere imperfezioni nella pavimentazione o altre aperture. Il ventilatore è indicato di una potenza di 100W per un edificio di dimensioni contenute.

Barriere protettive

Esistono sul mercato diverse soluzioni per sistemi di protezione al radon, con barriere composte da uno *strato in poliolefina*, estremamente resistente, che accoppiato con un *sistema di drenaggio perimetrale*, crea una corsia preferenziale per l'evacuazione del gas verso l'esterno e allo stesso tempo riesce ad annullare le conseguenze dell'umidità. Il sistema che si posa direttamente sulla soletta di fondazione formando una barriera protettiva contro il radon e inoltre protegge la struttura dall'umidità ascendente delle murature e dall'acqua d'infiltrazione proveniente dal terreno.

La barriera aiuta in fase di getto del calcestruzzo come strato impermeabile e se posta sotto l'isolamento termico, può esser un valido strato di protezione al vapore.

I prodotti sono presenti sul mercato in rotoli di diverse altezze e lunghezze ed hanno come caratteristica la sua superficie esterna ruvida e quadrettata su entrambi i lati, in modo che sia antiscivolo migliorando l'aderenza su tutti i tipi di materiali e in particolare con la malta. Il materiale è flessibile e pieghevole per adattarsi facilmente ad angoli e spigoli e deve resistere alle basse temperature. I diversi spessori, anche con prodotti bituminosi, devono garantire sollecitazioni di trazioni longitudinali e trasversali. Sono inoltre presenti nel mercato barriere bituminose con armatura in poliestere, emulsioni bituminose bicomponenti sia per strutture orizzontali che verticali e tante altre. Quello, che si deve tenere presente nella posa in opera, è una perfetta chiusura dei giunti e un risvolto nelle murature perimetrali, quando si tratta di intervenire su edifici esistenti.

La prevenzione in caso di nuovi edifici

Per la progettazione di misure di isolamento e di ventilazione nel caso di nuovi edifici occorre capire se l'area dove si costruisce è ad elevata concentrazione di radon e conoscere le caratteristiche del suolo (ghiaia, roccia, argilla). Questa valutazione è importantissima per determinare se siano necessarie delle misure di protezione e per stabilirne la portata. Determinare le misure atte ad arginare il problema del radon nella stesura iniziale della progettazione è basilare, inoltre occorre informare della problematica radon il committente, concordare e proporre anche alcune soluzioni di destinazione abitativa, come per esempio rinunciare a locali di soggiorno negli scantinati, evitare vani scala di collegamento ai vani interrati ecc.

A seconda della concentrazione di radon e del rischio che ne deriva è opportuno procedere seguendo nell'ordine le seguenti fasi:

- progettazione,
- isolamento
- ventilazione.

Solo la misurazione della concentrazione di radon a lavori conclusi permetterà poi di valutare l'efficacia delle misure di protezione messe in opera.

Lo svolgimento di un progetto di costruzione è diviso nelle seguenti fasi:

- pianificazione strategica
- studi preliminari di progetto,
- progettazione esecutiva,
- realizzazione
- messa in uso.

Delle misure di protezione dal radon si deve tener conto durante tutte le fasi del progetto. Le misure di protezione vengono determinate più che altro nelle prime due fasi. Per esempio, la decisione di far entrare le condotte nell'edificio attraverso i muri e non attraverso il pavimento riguarda la prima pianificazione, ma in certi casi può avvenire anche in una fase molto avanzata. A seconda della situazione iniziale, le misure di prevenzione dal radon comporteranno costi di diversa entità e quindi sarà necessario procedere con l'attuazione di *misure standard*, per poi adeguare misure supplementari anche durante l'esecuzione delle opere e questo dipende in primo luogo dalla classificazione dell'area di costruzione, dalla elevata concentrazione di radon e dalla situazione geologica che emerge dallo scavo di fondazione.

Tra le misure necessarie è spesso consigliato di evitare passaggi aperti interni tra lo scantinato, il piano terreno e gli altri piani.

È bene prevedere una porta che separi il vano scala dallo scantinato. Optare per un pavimento con una piastra di fondazione in calcestruzzo e posare una guaina isolante esterna. Evitare il più possibile perforazioni del pavimento per il passaggio di condotte, pozzetti ecc. Prevedere eventualmente un secondo livello di isolamento: solette di cemento armato sopra la cantina e vano di accesso chiuso con una porta a tenuta verso la cantina. Progettare pozzi (tubazioni, ascensori) e camini in modo che non si trasformino in canali di trasporto del radon nei locali di soggiorno (devono essere sempre sigillati). Progettare gli ambienti e la ventilazione in modo da non creare una depressione al piano terreno e in cantina. Se in cantina e al piano terreno sono necessari impianti di aspirazione dell'aria occorre concepire anche un sistema di sovrappressione. Misurazione del radon per il controllo dell'efficacia degli interventi realizzati. Redazione e consegna del fascicolo di manutenzione del fabbricato al committente con eventuali istruzioni al personale, se presente, che gestisce gli impianti.

Capitolo 5

La sorveglianza medica dei lavoratori

Gli obblighi del datore di lavoro. Il D.lgs. 101/2020 stabilisce che, entro dodici mesi dalla sua entrata in vigore, l'Italia deve adottare un nuovo **piano nazionale d'azione per il radon, ma ad oggi, anche causa Covid non è stato redatto**, sulla base del quale le regioni dovranno individuare le aree prioritarie per la riduzione dei livelli di concentrazione di gas radon in aria. Alcune regioni comunque sono abbastanza avanti, sia con zonizzazioni già effettuate e linee guida per la riduzione da esposizione di gas radon.

Il **datore di lavoro**, in particolare, deve provvedere alla valutazione dell'esposizione al rischio radon qualora vi sia la presenza di:

- luoghi di lavoro sotterranei
- luoghi di lavoro in locali semi sotterranei o situati al piano terra, localizzati in aree considerate prioritarie stabilite a livello regionale
- specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel Piano nazionale d'azione radon
- stabilimenti termali.

La valutazione deve tener conto delle caratteristiche degli ambienti di lavoro e del tempo di permanenza medio di eventuali lavoratori.

Individuati i luoghi, l'attività di analisi parte dalla preparazione di un programma di campionamento, con durata almeno annuale, che permetta di misurare i livelli di concentrazione di radon.

In base ai valori finali ottenuti dalle misurazioni si potranno avere **differenti scenari** per i quali andranno individuate delle **misure di sicurezza**:

- **Livello misurato inferiore a 300 Bq/m³**: la situazione è accettabile e sarà necessario lo svolgimento di nuove misurazioni dopo otto anni o in conseguenza di eventuali interventi che comportano lavori strutturali a livello dell'attacco a terra dell'edificio in oggetto nonché di tutti gli interventi volti a migliorare l'isolamento termico dell'edificio stesso. La relazione tecnica relativa all'indagine ambientale effettuata dovrà essere conservata per un periodo di almeno otto anni e deve essere integrata nel Documento di Valutazione dei rischi di cui al D.lgs. 81/08.
- **Livello misurato superiore a 300 Bq/m³**: il datore di lavoro è tenuto ad attuare misure correttive intese a ridurre la concentrazione al livello più basso ragionevolmente ottenibile, designando un **esperto in interventi di risanamento radon**, nuova figura istituita dalla normativa, che deve essere in possesso dei requisiti riportati nell'Allegato II del D.lgs. 101/2020. Il datore di lavoro dovrà attuare le azioni previste dal tecnico entro due anni dal rilascio della relazione tecnica e provvederà a ripetere le misurazioni con cadenza quadriennale.

Qualora i risultati delle nuove misurazioni evidenzino l'**efficacia delle azioni correttive** riportando la concentrazione di radon al di sotto dei livelli di riferimento, occorre mantenere attive le misure correttive intraprese e ripetere le misurazioni dopo otto anni o a seguito di eventuali interventi, che comportano lavori strutturali a livello dell'attacco a terra dell'edificio, nonché di interventi volti a migliorare l'isolamento termico dell'edificio.

Qualora, nonostante l'adozione delle misure correttive, la concentrazione media annua di radon resti **superiore al livello di riferimento**, il datore di lavoro effettua la valutazione delle **dosi efficaci annue**, avvalendosi dell'**esperto di radioprotezione** (già noto come esperto qualificato) che rilascia apposita relazione i cui risultati manifesteranno l'eventuale superamento del valore limite di dose efficace pari a 6 mSv/anno per ogni lavoratore esposto.

Se il valore di dose efficace è minore di 6 mSv/anno, i lavoratori vengono identificati come "**lavoratori non esposti**". Se il valore di dose efficace per i lavoratori è superiore a 6 mSv/anno, i lavoratori vengono identificati come "**lavoratori esposti**". I luoghi di lavoro saranno classificati come "**luoghi controllati**" ossia accessibili solo in base a specifiche procedure dettate dall'esperto di radioprotezione.

Le specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel Piano d'azione radon così come previsto dall'art. 16 del D. Lgs. 101/2020, le disposizioni si applicano ai luoghi di lavoro sotterranei, ai luoghi di lavoro seminterrati o situati al piano terra, alle tipologie dei luoghi di lavoro identificate dal Piano nazionale d'azione, per il radon e agli stabilimenti termali. L'art. 17 prevede alcuni obblighi per i datori di lavoro:

- a) nei luoghi di lavoro identificati dall'art.16 la misurazione della concentrazione media annua di radon nell'aria deve essere effettuata entro ventiquattro mesi dall'inizio dell'attività;
- b) se la concentrazione media annua supera il limite stabilito di 300Bq/m³ il datore di lavoro è tenuto all'elaborazione e alla conservazione per otto anni di un documento dove sono presenti le misurazioni effettuate e tutti i riferimenti agli interventi correttivi da attuare;
- c) se la concentrazione media annua di gas radon supera i livelli di riferimento, il datore di lavoro deve adottare tutte le misure correttive per ridurre il rischio radon al livello più basso possibile, lo stesso deve completare le misure correttive entro due anni dalla relazione tecnica, deve mantenerle nel tempo e deve ripetere le misurazioni ogni quattro anni;
- d) se le misure correttive non riducono la concentrazione media annua del gas radon sotto i livelli di riferimento, il datore di lavoro deve rivolgersi ad un esperto di radioprotezione per chiedere una valutazione della situazione. I risultati della valutazione devono essere conservati per un periodo non inferiore a dieci anni e deve ripetere le misurazioni del gas radon ogni anno.

L'art. 18, prevede, inoltre, la comunicazione e trasmissione dei risultati, obbligatoriamente, alla banca nazionale, che si occupa della sorveglianza della radioattività ambientale. Il datore di lavoro

che non effettua le misurazioni secondo le modalità di cui al D.Lgs. 101/2020 è punito con l'arresto da 1 a 6 mesi o con un'ammenda compresa tra i 2.000,00€ e 15.000,00€. Se non si avvale di professionisti esperti e non attua le misure correttive previste è punito con l'arresto da 6 mesi ad 1 anno o con una ammenda da 5.000,00€ a 20.000,00€. Infine, se non trasmette i risultati ottenuti alla banca dati preposta rischia una sanzione amministrativa da 2.000,00€ a 10.000,00€.

Stabilimenti termali

La concentrazione di Radon in acqua si misura in Bq/l (Bequerel su litro) e la raccomandazione della commissione Euratom (Comunità europea dell'energia atomica) del 20 dicembre 2001 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon nell'acqua potabile riporta, per le concentrazioni di radon, un limite di 1000 Bq/l.

Le terme in passato sono state indicate anche proprio per la ricchezza di radon anche per delle specifiche cure.

È possibile dire che piccole dosi di radiazioni hanno un effetto benefico sull'uomo?

Gli scienziati continuano a interrogarsi su questi ed altri quesiti e probabilmente in futuro avremo una risposta. Nel frattempo, alle terme ci andiamo per rinvigorirci e curarci. Le acque 'terrestri', provenienti dal sottosuolo, presentano concentrazioni di Radon variabili a seconda del percorso e delle caratteristiche dei materiali attraversati. In un recente studio sulle diverse acque sorgive dell'Appennino generalmente anche i locali meno aerati. L'utilizzo delle acque 'terrestri' contribuisce limitatamente alla concentrazione di attività del Radon nell'aria, all'interno di edifici e di abitazioni. Diversa è la situazione degli stabilimenti termali, dove vengono a stazionare in luoghi chiusi notevoli quantità di acque 'terrestri' per tempi lunghi e con la superficie a diretto contatto dell'aria nell'ambiente, nei quali sono stati rilevati valori della concentrazione di attività del Radon in cabine, bagni e locali accessori spesso superiori a 3000 Bq/m³ e in qualche caso superiori a 6000 Bq/m. È preferibile non immergersi in **acqua termale** in situazioni di grave deperimento delle difese immunitarie (quali malignomi durante chemio o radioterapie), in caso di infezioni acute e gravi insufficienze cardio-circolatorie, renali o epatiche, nonché gravi affezioni vascolari (flebiti acute, trombosi, ecc.). Le attività svolte in stabilimenti termali sono suscettibili di esporre sia la popolazione sia il personale a inalazione di gas radon. Il gas radon tende a concentrarsi negli ambienti sotterranei o con scarsa circolazione d'aria e nel caso delle terme è veicolato prevalentemente dall'acqua. La riduzione della sorgente, mediante filtrazione, degassaggio o deposito a seconda della tipologia di acqua e il controllo dell'atmosfera sono gli strumenti sui quali è possibile agire per contenere entro i limiti accettabili l'esposizione del personale e della

popolazione (azioni di rimedio). Inoltre deve essere rispettata la normativa di cui agli articoli 16-17-18 del D.Lgs. 101/2020.

UN CASO STUDIO

L'abitazione oggetto di studio è posizionata a circa 550 mt. di altezza, in collina è una casa di civile abitazione costruita con struttura a pilastri e telai in cemento armato, le tamponature sono eseguite con laterizi forati sia per la foderia interna che esterna con interposti nell'intercapedine pannelli in polistirolo. L'edificio è stato ultimato e reso agibile nell'anno 2010, le condizioni climatiche sono ottime, senza grandi variazioni di temperatura, gli ambienti interni non hanno problemi di umidità; infatti, l'umidità relativa rilevata è il 50% e la temperatura intorno ai 20°.

Incaricati dai proprietari per l'esecuzione di un progetto di ampliamento dell'abitazione, si è proceduto alla redazione dello stesso, utilizzando un piccolo residuo di cubatura e la realizzazione di una serra solare. Trattandosi, di primaria abitazione, di una giovane famiglia alla cui coppia si sono aggiunti due bambine è risultato indispensabile aumentare gli spazi e in base alla legislazione vigente e il piano regolatore comunale, si è progettato e realizzato una serra solare e un piccolo ripostiglio, aumentando di fatto circa 30 mq. di superficie calpestabile. Inoltre si è proceduto a regolarizzare mediante il cambio di destinazione d'uso, i vani del primo piano, da soffitta e WC in n. 3 camere e n. 2 bagni, dando la possibilità di poter sfruttare in pieno l'abitazione, adeguandola al nucleo familiare che la occupa. L'abitazione si sviluppa principalmente al piano terra, tranne le 3 camere e i due bagni al primo piano, la cui struttura in legno costituisce un tetto ventilato, mentre il piano terra è composto da una cucina abitabile, un bagno e da un grande soggiorno con al centro un termo camino, munito di adeguata canalizzazione d'aria dall'esterno e chiuso, sia nella modalità funzionamento, che a riposo, con vetro a tenuta, mentre nella cucina è presente una cappa aspirante e la presa d'aria obbligatoria per la presenza dei fornelli a gas metano. Gli scarichi dei bagni sono stati portati direttamente all'esterno dell'abitazione senza essere stati inseriti sotto il solaio del piano terra e convogliati alla fogna pubblica. La proprietà è stata informata prima dell'esecuzione dei lavori della pericolosità del gas radon in ambienti indoor e che la principale sorgente è il suolo su cui l'edificio nasce e della grande variabilità della sua concentrazione, che oggi a seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs. 101/2020 è di 300Bq/m³, sia per le nuove costruzioni, che per gli edifici soggetti di lavori di ristrutturazione fino al 31/12/2024. Infatti, dal 01/01/2025 il valore per le nuove costruzioni sarà di 200Bq/m³. (dove il Becquerel indica il numero di disintegrazioni al secondo di una sostanza radioattiva). Oltre al suolo la presenza del gas radon indoor è legata ai parametri microclimatici, alle tecniche costruttive degli edifici e alla ventilazione. Il terreno sul quale è costruito un edificio rappresenta comunque la fonte primaria del Radon. Solo dagli anni '80 è stato identificato il suolo come sorgente importante.

Nel caso in esame si tratta di un'abitazione monofamiliare, che si sviluppa per la maggior parte al piano terra e l'esposizione al radon indoor nelle abitazioni aumenta il rischio di contrarre un tumore polmonare in una percentuale, che va dal 3% al 14%. L'esposizione al gas radon, sempre da studi effettuati, hanno rilevato un aumento di rischio di tumore polmonare all'aumentare dell'esposizione al radon ed, in particolare, un aumento di rischio di tumore polmonare del 16% per ogni 100 Bq/m³ di incremento di concentrazione media di radon. Il rischio di contrarre un tumore polmonare causato dall'esposizione al radon è 25 volte più alto nei fumatori rispetto ai non-fumatori; è dimostrato un effetto moltiplicativo radon-fumo di tabacco.

L'area in oggetto è situata in nell'ambito di una zona che è parte di un piccolo massiccio calcareo ubicato a nord ovest della Città di Perugia, nell'ambito del quale affiorano termini prevalentemente calcarei di origine marina aventi una età complessivamente tra il Triassico Superiore e il Cretacico Superiore. I termini più antichi affiorano nell'area nord orientale del massiccio e sono in generale costituiti da evaporiti associate a calcari di piattaforma carbonatica, l'area occidentale alla quale appartiene anche il punto destinato alla realizzazione delle opere è invece occupata in affioramento dalla presenza di termini calcarei e calcareo selciosi di più recente formazione, caratteristici di un ambiente deposizionale di tipo pelagico. In particolare la realizzazione di un fronte di sbancamento e della strada di accesso al lotto, effettuata dallo stesso geologo prima della costruzione del fabbricato ha permesso una buona ricostruzione dell'età geologica e la ricostruzione stratigrafica del sito. L'area di intervento è caratterizzata da calcari disposti in strati nell'area in esame orientati con assetto a trave poggio con prevalente componente a reggi poggio, di spessore in generale decimetrico, di colore grigio plumbeo, con noduli di selce grigiastra, e rari interstizi di spessore modesto a prevalente composizione argillosa.

È stato pertanto possibile definire nel punto di intervento (ripostiglio e serra solare), la seguente litostratigrafia: da 0,00mt. a 0,30 mt. – Terreno vegetale – oltre 0,30 mt. calcari stratificati in strati di spessore decimetrico, mediamente fratturati, intercalati a noduli, livelli e liste di selce nera.

La morfologia dei luoghi è di tipo montuoso e l'area occupata dall'edificio dell'ampliamento è ubicato alla quota di 557 mt. s.l.m. in corrispondenza del versante occidentale di un rilievo denominato Monte Malbe, che culmina alla massima quota di 652 mt. s.l.m. ed è superficialmente piuttosto regolare. I fenomeni di creeping sono totalmente assenti non sono state rilevate condizioni erosive di tipo areale e localizzato in grado di compromettere la stabilità del terreno. Non sono presenti evidenze, che possano far ipotizzare franosità e quindi assenza di fenomeni franosi. Anche se non esistono a carico dell'area di intervento vincoli derivanti da pericolosità idrogeologica, idraulica e di PRG. L'area è però soggetta a vincolo idrogeologico come è possibile rilevare dall'esame dello stralcio cartografico di PRG.

Le campagne di misura (pochissime), del gas radon indoor, svolte dalla Regione hanno dato dei valori da 40 a 60 Bq/m³ sul territorio provinciale. La proprietà, sensibilizzata dal sottoscritto, ha incaricato una società per la misurazione del radon con strumentazione attiva, per avere un riferimento, che ci permettesse di

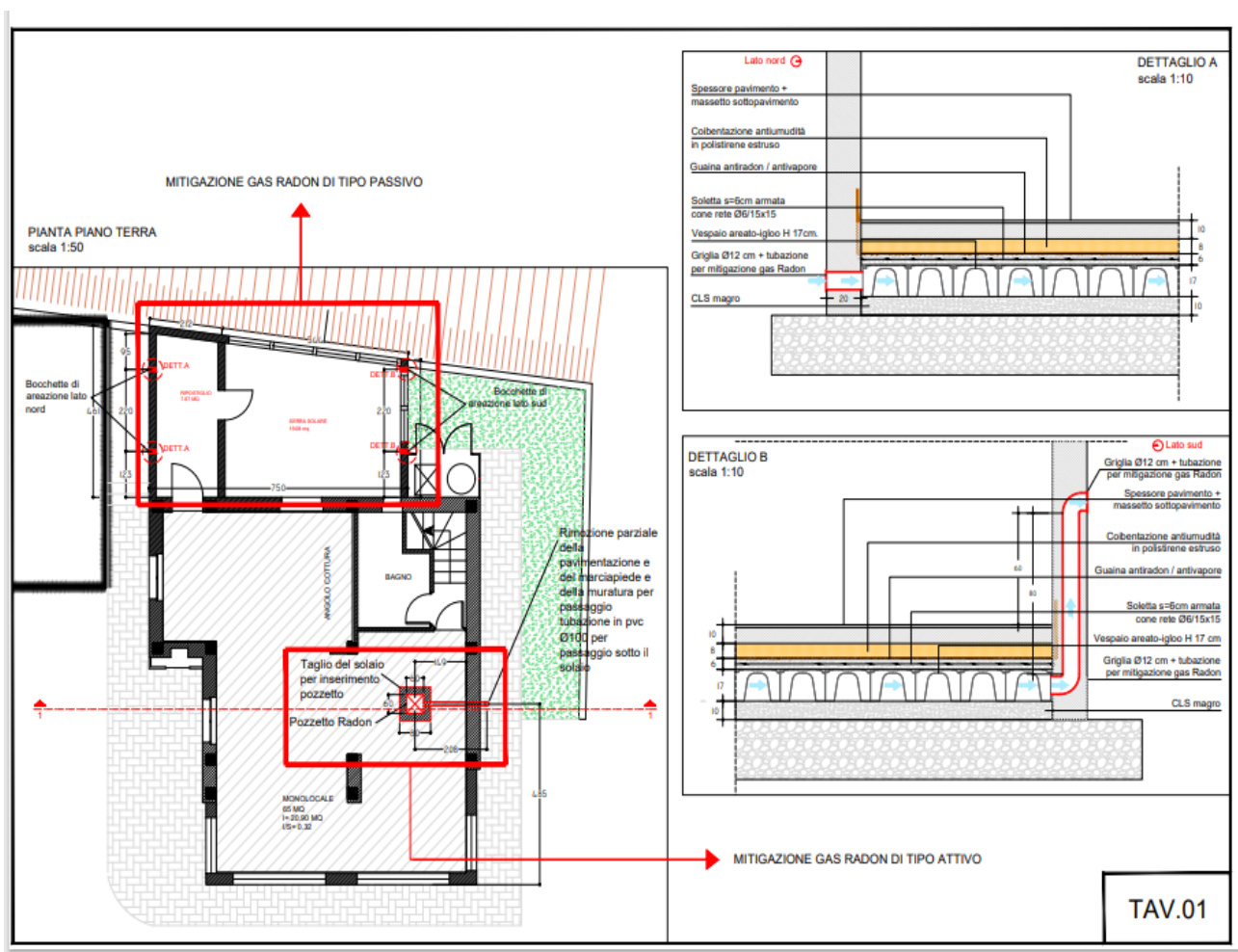
campionare e misurare in breve tempo la concentrazione del gas radon negli ambienti avendo un riscontro quasi reale dei valori in quel dato momento. La misurazione è stata eseguita all'interno dell'abitazione al piano terra nel periodo invernale, con il riscaldamento acceso, ed è stata rilevata una concentrazione di gas radon di 400Bq/m³. La misurazione è stata eseguita con uno strumento attivo, che fa parte degli strumenti elettrici portatili, che permettono di campionare e di misurare, in breve tempo, la concentrazione del gas radon nell'ambiente. La misurazione è stata eseguita da un laboratorio accreditato. Tali misurazioni comunque offrono dei risultati approssimativi e sono di tipo puntuale, validi per le condizioni di quell'ora e quel giorno.

Preso atto della concentrazione del gas radon rilevato all'interno dell'abitazione, anche per l'ampliamento e la serra solare, si è progettato di realizzare un sistema di aspirazione passivo nel seguente modo:

- 1 – scavo del terreno vegetale per circa 30 cm. di altezza e rimozione della pavimentazione e della malta di allettamento, della porzione di marciapiede interessata dall'intervento;
 - 2-regolarizzazione del piano di posa con cls. magro di 10 cm. di spessore;
 - 3-posa in opera dell'armatura per piccole travi di fondazioni a nord e a sud, per il confinamento dell'area di intervento tra la parete del fabbricato esistente e la parete in c.a. di circa 1 mt. di altezza. Tale muro è stato realizzato per il contenimento della scarpata che si è venuta a formare a seguito dello scavo necessario al sedime per la costruzione del fabbricato esistente. Le travi sono posizionate all'esterno del nuovo piano di calpestio e fanno parte del marciapiede, la quota del terreno a nord è più bassa rispetto al piano di calpestio;
 - 4-fornitura e posa in opera di igloo cupolex da 17 cm. di altezza;
 - 5-esecuzione di soletta in cls. armata con rete elettrosaldata maglia 15x15 filo diametro 6 mm.;
 - 6-fornitura e posa in opera di guaina antiradon e antivapore risvoltata per circa 20 cm. sulle pareti perimetrali;
 - 7- coibentazione-antiumidità in polistirene estruso da 8 cm.;
 - 8- massetto sottopavimento e pavimento, spessore 10 cm.;
 - 9-posa in opera di tubazioni in PVC del diametro di 100 mm. per la realizzazione di bocchette di aereazione dell'intercapedine creata con la posa in opera degli igloo, n.2 posizionate a nord protette da griglie, dove il piano di calpestio è rialzato rispetto alla quota del terreno e n.2 tubazioni rialzate di circa 60 cm. dal piano di calpestio a sud per la fuoriuscita del gas radon e anche queste protette con griglie e l'utilizzo di curve a 90°.
- Essendo ormai coinvolti e certi che comunque meno gas radon all'interno degli edifici c'è, meglio è per la salute, si è riusciti a rintracciare il progettista e direttore dei lavori, dell'edificio la cui costruzione è terminata nel 2010 e con piacevole sorpresa si è appreso di una regolarizzazione del sedime dello stesso con circa 20-30 cm. di pietrisco di media e piccola granulometria, sotto il solaio al piano terra.

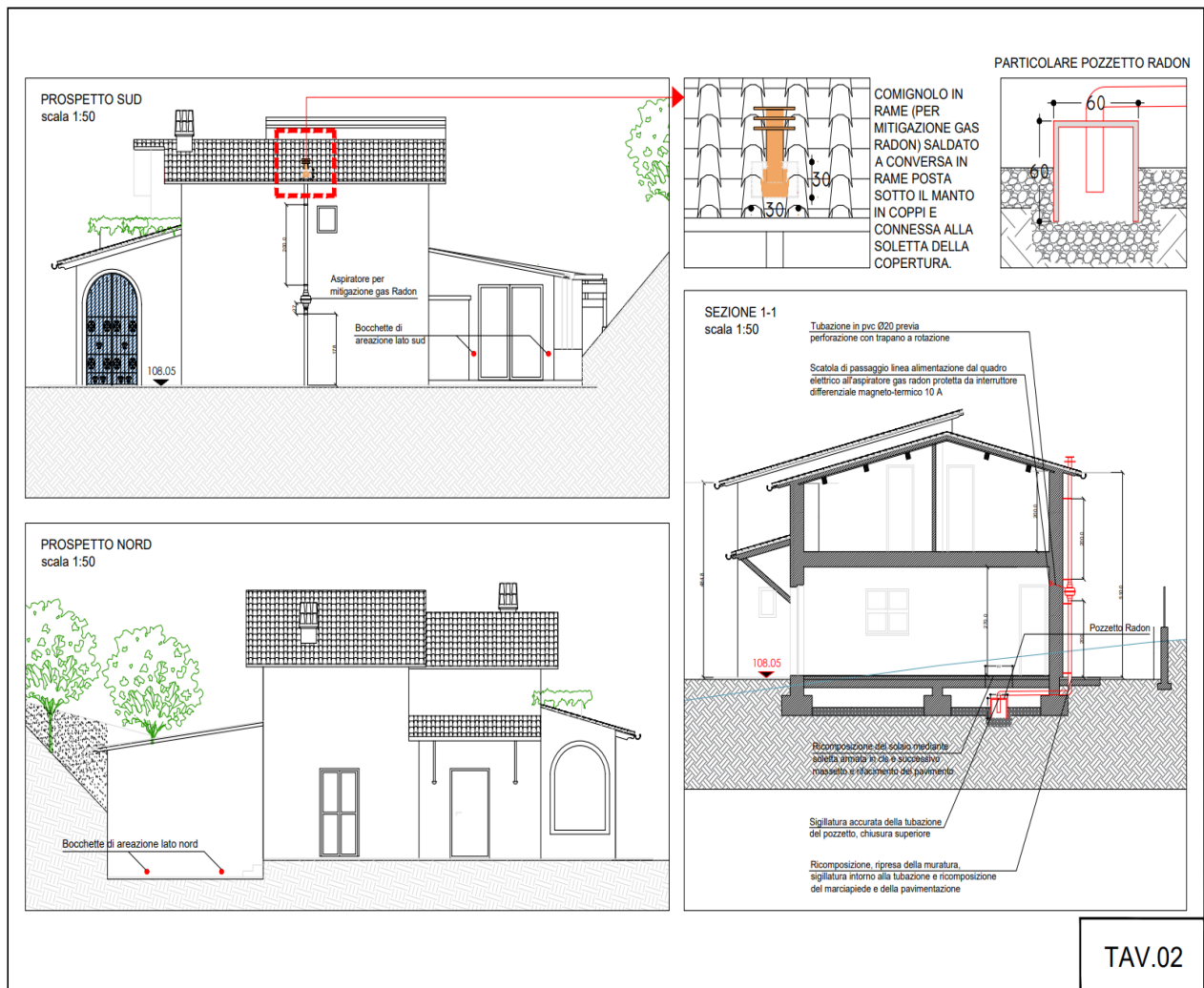
In questo caso si è proceduto alla progettazione di un sistema per la mitigazione del gas radon mediante depressurizzazione (sistema attivo), in quanto doveva essere sostituita la pavimentazione. Si è proceduto alla

realizzazione di un pozzetto radon sotto il solaio interno all'abitazione, previa formazione di asola sullo stesso, esecuzione di scavo per l'alloggiamento di un pozzetto delle dimensioni di cm 60x60, posato su un letto di ghiaia e aperto nella parte inferiore, mentre nel lato esterno si è eseguito nel marciapiede la rimozione di una piccola porzione di pavimentazione e lo scasso della muratura per la formazione di un passaggio fino ad arrivare sotto il solaio interno all'abitazione per l'alloggiamento e collegamento con una tubazione in PVC da 100 mm. che dall'interno del pozzetto radon arriva fino sopra la copertura, avendo cura di murare e sigillare accuratamente il pozzetto e tutti i passaggi intorno alla tubazione e qui siamo nella parete a sud, montaggio all'altezza di circa 2,00 mt. da terra di un estrattore di radon della potenza da 70W, per l'espulsione a tetto, camuffando la stessa come pluviale discendente in rame.



Posizionamento a 2,00 mt. da terra dell'estrattore in modo da usufruire di una scatola posta all'interno interno dell'abitazione che ha consentito di alimentare l'estrattore senza fare tracce, se non limitare ad un piccolo foro per il passaggio del cavo di di rame di tipo a fumex ed autoestinguente, protetto all'esterno anche con guaina pesante fino all'estrattore, linea protetta con partenza da quadro elettrico con interruttore automatico magnetotermico da 10A. Chiusura ermetica del pozzetto nella parte superiore, ricomposizione

del solaio, ripresa della muratura del marciapiede e ricomposizione della pavimentazione. Esecuzione della nuova pavimentazione interna previa verifica dell'esistenza di eventuali crepe o lesioni nella muratura.



TAV.02

Al termine dei due interventi si è proceduto a fare delle misurazioni del gas radon di breve *periodo (short term)* e i valori rilevati del gas radon sono risultati pari a 60 Bq/m³. Successivamente si procederà comunque alla misurazione mediante dosimetri CR39 posizionati, sulla parte di abitazione di ampliamento e serra solare, su uno scaffale all'altezza di circa 1,50 mt. e circa 30 cm. dalla parete e lontano da finestre, un altro nel soggiorno dell'abitazione, anche questo posizionato all'altezza di circa 1,50 mt. lontano dalla parete, finestre e un terzo posizionato in modo ottimale come i precedenti in una camera, anche se la scala è compartimentata con idonea porta di chiusura. Le misurazioni verranno eseguite per un intero anno solare.

Stima dei Costi:

Intervento eseguito nell'area dell'ampliamento e serra solare:

1 – Fronitura e posa in opera di tubazioni in PVC da 100 mm.	
ml. 3,80 più n.4 curve 90° -	€ 90,00
2- fornitura e posa in opera di griglie di protezione sulle tubazioni delle bocchette n.4 per tubazioni da 100mm.	€ 14,00
3– fornitura e posa in opera di guaina anti umidità e anti radon mq. 40,00	€ 480,00
Incidenza materiali, vari ecc. per un importo totale dell'intervento arrotondato ad € 600,00	
Intervento eseguito all'interno dell'abitazione esistente, pozzetto radon:	
1-taglio accurato del solaio e formazione di passaggi da marciapiede esterno e la muratura d'ambito fino sotto il solaio per passaggio tubazione in PVC da 100 mm. eseguiti a mano o con l'ausilio di piccoli martelli elettrici	
	€ 75,00
2-Fornitura e posa in opera di pozzetto in cemento da cm. 60x60x60 compreso il posizionamento su pietrisco	€ 35,00
3-Fornitura e montaggio della tubazione in PVC da 100 mm. dal pozzetto radon fino al tetto nella parete a sud con perforazione della gronda, compreso ponteggio su ruote	
	€150,00
4-fornitura e posa in opera di estrattore radon da 70W posizionato all'altezza di mt. 2,00 e linea con c	€250,00
5-fornitura e posa in opera di conversa in rame e tubazione in rame, compreso il comignolo a tetto e suo montaggio dimensioni 30x30 con cappello e tronchetto di rame di 30 cm. di altezza	
	€ 90,00
6-sigillatura del pozzetto, delle tubazioni, ricostruzione del solaio, del marciapiede, della muratura dove è stato passato il tubo in PVC dalla parete Sud fino all'interno dell'abitazione sotto il solaio, ricomposizione della pavimentazione del marciapiede Manodopera e materiali	€ 500,00
7- Fornitura e posa in opera di tubo in rame del diametro 120 per rivestimento alla tubazione in PVC compreso cerniere di rame e trabattello Su ruote.	€ 220,00
8-Costi per le misurazioni a breve periodo prima e dopo l'intervento dopo	
	€ 300,00
9- acquisto di n. 3 dosimetri da parte della proprietà che provvederà a posizionarli nei giusti luoghi come da istruzioni allegate	€ 210,00

Totale intervento pozzetto Radon	€ 1.830,00
Onorario per prestazione professionale per i due interventi	€ 1.000,00

Al termine dei lavori è opportuno mettere al corrente e consegnare alla proprietà un fascicolo per la manutenzione, dei sistemi di mitigazione del gas radon eseguiti. Infatti è da tenere presente che una volta realizzate le opere non possono essere abbandonati a se stessi, infatti le griglie si possono sporcare e quindi otturare, oppure l'estrattore potrebbe avere un guasto e non essere più funzionante, quindi è indispensabile portare a conoscenza alla proprietà dell'importanza, nel tempo, che siano eseguite le opere di manutenzione. L'art. 19 del D.Lgs. 101/2020 prevede la misurazione del gas radon nelle abitazioni con almeno un locale al piano terra o seminterrato o interrato, però limitatamente nelle aree definite a rischio dal Piano nazionale Radon, che ad oggi ancora non è stato emanato.

Conclusioni

Le abitazioni devono essere un luogo di accoglienza e sono luoghi dove passiamo la maggior parte del nostro tempo e devono essere migliorate, per apportare benefici fisici e psichici, sia diretti che indiretti alle persone che le occupano. Conoscere e porre rimedio alle cause, che possono produrre disagi o malattie alle persone è di indubbia necessità, a partire dagli adeguamenti sismici, tenuto conto della vulnerabilità del nostro territorio e l'esperienza ci ha insegnato, che sono stati commessi molti errori nel tempo, per mancanza di conoscenza, così come si dovrebbero utilizzare materiali il meno inquinanti possibile per la costruzione delle case. Oggi è stata dimostrata, con studi approfonditi la pericolosità, del gas radon all'interno delle abitazioni e luoghi di lavoro e finalmente anche il legislatore ha preso atto ed ha emanato il D.Lgs. 101/2020, per attuare delle misure di contrasto e mitigazione del gas radon a difesa della salute dell'uomo negli ambienti indoor. Le opere per l'abbattimento del gas radon sono possibili e realizzabili e oggi esiste una nuova figura professionale "esperto di risanamento radon". Figura prevista all'allegato II del D.Lgs. 101/2020 e che deve avere i seguenti requisiti:

- essere abilitato alla professione di geometra, di ingegnere e di architetto;
- aver eseguito uno specifico corso di 60 ore organizzato da enti pubblici, associazioni, ordini professionali;
- essere iscritto all'albo professionale.

L'esperto in risanamento fornisce le indicazioni tecniche per la riduzione dello stesso negli edifici.

Le opere da attuare e gli interventi dovranno essere eseguiti, nelle nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni, quando i valori del radon sono superiori a 300Bq/m³ e dal 01/01/2025 scenderanno a 200Bq/m³ per le nuove costruzioni.

Mi sento in dovere di fare un ringraziamento per la competenza e professionalità dell'Associazione Donne Geometra, che mi ha consentito di conoscere in modo approfondito l'inquinamento da gas radon e le opere necessarie a ridurre i livelli entro i parametri di legge.

Bibliografia

D.Lgs. 81/2008

D.Lgs. 230/95 -D.Lgs. 241/2000 - Direttiva 96/29/EURATOM- D.Lgs. 81/2008 - Direttiva 59/2013/EURATOM-
D.Lgs. 101/2020-

SITOGRAFIA

<https://www.vivigree.eu/blog/il-gas-radon-e-una-minaccia-alla-salute-e-alla-sicurezza-domestica-e-va-misurato-in-ogni-edificio/>

<https://www.ilsole24ore.com/art/dalla-muffa-radon-come-sconfiggere-nemici-casa-AChezCDR>

<https://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/tema/radiazioni/radioattivita/radon/allegati/radon-opuscolo.pdf>

<https://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/radioattivita/radon/cosa-fare>

<https://www.epa.gov/radon/health-risk-radon>

Le descrizioni degli interventi sono stati ricavati dalla documentazione dei siti soprarichiamati e da siti delle acque termali (Spa Italia) e prendendo spunto da vari articoli e descrizioni, ma con rielaborazione degli stessi e dal D.Lgs. 101/2020

È vietata la riproduzione