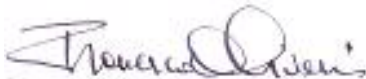


COMUNE DI SAN PAOLO D'ARGON

(Provincia di Bergamo)



MISURE DI RADON INDOOR

<p>REDATA DA Sig. Olivari Francesco</p>  <p>FRANCESCO OLIVARI ESPERTO QUALIFICATO DI 1° GRADO N. 002 DELL'ELENCO NAZIONALE</p>	<p>VERIFICATA DA P.Ch. Giorgio Ghezzi</p>	<p>APPROVATA DA</p>
---	---	---------------------

S O M M A R I O

PREMESSA	3
1. RADON ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI.	4
2. ELEMENTI DI DOSIMETRIA DEL RADON.	5
3. METODI DI MISURA DELLA CONCENTRAZIONE DEL RADON.	6
3.1 Monitori istantanei e/o continui.	7
3.2 Monitori ad integrazione.	7
4. LIMITI DI CONCENTRAZIONE DEL RADON IN ARIA ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI.	8
5. METODOLOGIA UTILIZZATA PER LE MISURE.	9
6. DESCRIZIONE DEI LOCALI E DELLE ATTIVITÀ.	10
7. MODALITÀ DI RILEVAMENTO E RISULTATI DELL'INDAGINE.	12
8. CONCLUSIONI.	13
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	13

PREMESSA

Il **Comune di San Paolo d'Argon (BG)**, nell'ambito della redazione del Piano di Governo del Territorio valutava l'opportunità di effettuare una campagna di valutazione della concentrazione di Radon su di un campione, significativo sotto il profilo della distribuzione geografica e geologica, di abitazioni del Comune, al fine di ottenere indicazioni in merito ed eventualmente sensibilizzare la popolazione su tale problematica.

L'esigenza degli Amministratori fa riferimento ad una serie di Circolari della Regione Lombardia tra cui la 103/SAN del 18.04.91 "Rischio Radon - interventi di sorveglianza negli ambienti di vita e di lavoro". Tali Circolari a loro volta sono in linea con le Raccomandazioni internazionali della Commissione della Comunità Europea (CCE) che si basano sulla necessità di ridurre al minimo la dose assorbita dalla popolazione. Queste Raccomandazioni sono state recepite dal D.Lgs. 241 del 26 maggio 2000, che diventava integralmente applicabile al termine del regime transitorio in data 28.02.2002.

La presente relazione illustra le modalità di esecuzione, i risultati di questa campagna ed alcune generalità sul Radon.

1. RADON ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI.

Nelle tre famiglie radioattive naturali sono presenti tre radionuclidi gassosi, isotopi del Radon: il ^{119}Rn (Actinon) della serie del ^{235}U , il ^{220}Rn (Toron) della serie del ^{232}Th ed il ^{222}Rn (Radon) della serie del ^{238}U .

Sia per la abbondanza relativa del capostipite (^{238}U), sia per il più elevato tempo di dimezzamento, viene qui preso in considerazione solo il Radon (^{222}Rn).

Il Radon è un alfa emettitore progenitore di una serie di prodotti di decadimento a vita media breve che comprende il ^{218}Po (RaA), il ^{214}Pb (RaB), il ^{214}Bi (RaC), il ^{214}Po (RaC') ed il ^{210}Pb (RaD). La maggior parte dei suddetti radionuclidi si trova nello stato di atomi legati all'aerosol ambientale. I due isotopi del polonio, ^{218}Po e ^{214}Po , sono alfa emettitori; in particolare il ^{218}Po viene formato nello stato di ione positivo ed una frazione permane in tale stato nel tempo presentando, così, una spiccata tendenza a legarsi con le polveri e gli aerosol atmosferici.

In aria i prodotti di decadimento del Radon non si trovano, in generale, nello stato di equilibrio radioattivo a causa della deposizione degli aerosol sulle superfici e come effetto della variazione della concentrazione e delle dimensioni delle particelle degli aerosol stessi.

La stessa variazione della concentrazione del Radon, da cui dipende l'attività dei prodotti di decadimento, può determinare una alterazione dell'equilibrio radioattivo.

La concentrazione del Radon nell'atmosfera dipende da numerosi fattori: la concentrazione del ^{238}U e del ^{226}Ra nel suolo, le caratteristiche geologiche del sito, le condizioni climatiche.

Il rilascio del Radon dal suolo nell'atmosfera è influenzato, in particolare, dalla permeabilità e dalla granulosità del suolo e dai gradienti di diffusione derivanti dalle variazioni della pressione atmosferica.

All'interno degli edifici la presenza di Radon dipende da una serie di fattori: la concentrazione del Radon presente nel gas che fuoriesce dal suolo, la tipologia edilizia, il contenuto di Radon nelle acque impiegate negli usi domestici e l'emanazione di Radon dai materiali da costruzione.

Il gas penetra negli edifici attraverso le strutture mediante processi di trasporto e diffusione: le principali vie di ingresso sono rappresentate dalla permeabilità delle fondazioni, dall'esistenza di fessure e dagli scarichi degli impianti tecnologici.

Il contributo dei materiali dipende dal rateo di esalazione del Radon emanato dal ^{226}Ra in essi contenuto.

I parametri che influenzano il processo di trasporto del Radon attraverso gli strati dei materiali sono il coefficiente di diffusione e la porosità; tale processo dipende anche da fattori ambientali quali l'umidità, la pressione e la temperatura. Una caduta di pressione all'interno di un edificio può dare luogo ad un incremento dell'esalazione del Radon dai materiali durante il periodo in cui si verifica l'evento.

Studi a livello internazionale hanno evidenziato che il suolo rappresenta la più importante sorgente di Radon all'interno degli edifici.

I materiali edilizi costituiscono una sorgente significativa solo nel caso di particolari materiali caratterizzati da un elevato contenuto di ^{226}Ra e da un'elevata permeabilità (ad esempio i tufi).

Le acque per uso domestico forniscono un contributo significativo solo quando provengono da pozzi profondi situati in aree ad elevato livello di radioattività.

2. ELEMENTI DI DOSIMETRIA DEL RADON.

Le grandezze fondamentali per la dosimetria del Radon sono:

- concentrazione in aria del Radon e dei suoi prodotti di decadimento;
- concentrazione in aria dell'energia potenziale associata ai prodotti di decadimento;
- esposizione, definita come prodotto della concentrazione nell'aria dei prodotti di decadimento del Radon (o della concentrazione dell'energia potenziale alfa) per la durata dell'inalazione nell'ambiente considerato.

L'equivalente di dose efficace (EDE) si calcola mediante coefficienti di conversione riportati in rapporti predisposti dai maggiori Organi di studi e Controllo internazionali (ICRP, NEA, UNSCEAR).

Nella Raccomandazione della Commissione delle Comunità Europee (CCE) emanata il 21.2.90 relativa alla protezione della popolazione dal Radon negli edifici, è stato proposto un coefficiente di conversione di 1 mSv/anno di equivalente di dose efficace per una esposizione ad una concentrazione media annuale di Radon pari a 20 Bq/m^3 .

Tale coefficiente è utile per le applicazioni pratiche, in particolare perché consente di stimare l'EDE alla popolazione in base a misure di concentrazione di Radon effettuate mediante campagne su larga scala.

Sono state sviluppate numerose metodiche per il monitoraggio del Radon e dei suoi prodotti di decadimento, sia per la determinazione di livelli nell'ambiente, sia per particolari applicazioni radioprotezionistiche; tanto il metodo di misura, quanto il tipo di strumento dipendono da particolari applicazioni e da parametri operativi.

La misura della concentrazione in aria dei prodotti di decadimento del Radon comporta difficoltà maggiori di quella della concentrazione del Radon; essa è, peraltro, di primaria importanza dato che il Radon, pur in ambienti confinati, non si trova quasi mai in equilibrio con i discendenti.

La sola conoscenza della concentrazione del Radon non permette, perciò, di valutare la dose all'apparato respiratorio, se non facendo ipotesi sul fattore di equilibrio e sulla frazione libera.

Per scopi pratici, tuttavia, tenuto anche presente che all'aumentare del fattore di equilibrio diminuisce la frazione libera, può essere sufficiente la sola misura della concentrazione del Radon assumendo un fattore medio di equilibrio, tipicamente pari a 0,5; è in questa ottica che organismi nazionali ed internazionali esprimono valori di riferimento in termini di concentrazione del Radon.

3. METODI DI MISURA DELLA CONCENTRAZIONE DEL RADON.

In relazione alle modalità di campionamento i metodi possono essere classificati nelle seguenti categorie: *istantanei*, *continui* e *integratori*.

Nei *metodi istantanei* (grab sampling) il campione d'aria viene raccolto in un determinato punto di misura durante intervalli di tempo molto brevi.

I *metodi continui* consentono di determinare le variazioni temporali delle concentrazioni del Radon; tali metodi si usano nei casi in cui quelli istantanei possono risultare non adeguati ed in alcune applicazioni di ricerca (ad esempio per lo studio dell'effetto della ventilazione).

Un'altra categoria di strumenti è quella dei *monitori che integrano* la misura su intervalli di tempo; con essi è possibile determinare il valore della concentrazione media e quindi l'esposizione nell'intervallo di tempo considerato.

Tali monitori possono essere sia di tipo attivo che di tipo passivo; questi ultimi, per le loro caratteristiche sono prevalentemente usati per la stima dell'esposizione in campagne di vaste proporzioni.

3.1 Monitori istantanei e/o continui.

Questi monitori possono funzionare sia in regime istantaneo sia in regime continuo (semicontinuo mediante campionamento intermittente).

La misura della concentrazione del Radon viene effettuata, in generale, con dispositivi a riempimento nei quali l'aria viene introdotta o mediante una pompa di aspirazione (sistemi attivi) o per diffusione attraverso un mezzo filtrante (sistemi passivi).

Appartengono a questa categoria:

- camere a ionizzazione
- celle a scintillazione
- metodo dei due filtri

3.2 Monitori ad integrazione.

Questi monitori consentono di determinare la concentrazione media del Radon in opportuni intervalli di tempo che possono variare da due giorni ad una settimana nel caso dei carboni attivi e degli elettretti ad alta sensibilità (short term), da qualche mese ad un anno nel caso dei rivelatori a tracce e degli elettretti a bassa sensibilità (long term).

Il primo metodo viene usato essenzialmente per identificare i livelli di Radon indoor in condizioni controllate; con il secondo metodo si possono essere effettuare misure integrate su tempi sufficientemente lunghi per una determinazione rappresentativa della concentrazione media in aria del Radon.

Appartengono a questa categoria:

- monitori a carbone attivo;
- elettretti;
- monitori a tracce nucleari;
- monitori a termoluminescenza.

Per la messa a punto e la calibrazione di questi tipi di monitori è necessario l'uso di atmosfere di riferimento con concentrazioni note di Radon in condizioni climatiche controllate; tali atmosfere vengono realizzate in appropriati contenitori (camere di calibrazione a Radon), che consentono l'esposizione dei sistemi di misura per intervalli di tempo definiti.

Con questa procedura si può determinare sia il fattore di calibrazione, sia l'influenza dell'umidità per vari intervalli di esposizione.

4. LIMITI DI CONCENTRAZIONE DEL RADON IN ARIA ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI.

L'inalazione dei prodotti di decadimento del Radon comporta una dose all'apparato respiratorio.

Studi epidemiologici effettuati su alcuni gruppi di addetti alle attività estrattive dell'Uranio hanno evidenziato un incremento della frequenza di tumore polmonare; tale fatto è stato messo in relazione con l'esposizione agli elevati livelli di Radon presenti nelle gallerie sotterranee.

Per quanto riguarda l'esposizione della popolazione negli edifici non sono stati ancora acquisiti dati epidemiologici che provino una influenza del Radon sulla frequenza di tumore polmonare ambientale.

Tuttavia la protezione dei rischi associati all'esposizione al Radon effettuata con appropriata modellistica dosimetrica ed epidemiologica, di recente sviluppata da autorevoli organismi nazionali ed internazionali, ha consentito una stima degli effetti sanitari sulla popolazione.

La Commissione Internazionale per le Protezioni Radiologiche (ICRP) con la Pubblicazione n° 39 ha proposto di includere le radiazioni naturali nel sistema di limitazione delle dosi.

Sulla base di questa posizione organismi internazionali e nazionali hanno adottato o proposto alcuni valori di riferimento; per le abitazioni esistenti si considera come limite un Livello di Intervento, espresso in termini di concentrazione media di Radon, superato il quale dovrebbero essere intraprese azioni di rimedio; per le abitazioni future si considera un limite sui livelli di progetto, anch'esso espresso in termini di concentrazione media di Radon.

In particolare la CCE ha emanato nel febbraio 1990 la "*Raccomandazione sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al Radon in ambienti chiusi*" che consiglia i seguenti limiti di riferimento:

200 Bq/m³ come concentrazione massima per la edificazione di nuove costruzioni;

400 Bq/m³ come livello da prendere in considerazione per opere di risanamento o comunque in costruzioni già esistenti.

Il D. Lgs. 241/00, che recepisce la Direttiva 96/29/Euratom, richiede il controllo ed il contenimento della concentrazione di attività del Radon nell'aria nei luoghi nei quali si svolgono attività lavorative che possono esporre i lavoratori o le persone del pubblico a sorgenti naturali, quali il Radon, e comprendono:

- A) tunnel, sottovie, catacombe, grotte, locali sotterranei o interrati;
- B) ogni altro ambiente di lavoro situato in zone individuate dalle Regioni e Province autonome come esposte ad alta attività di Radon;
- C) stabilimenti termali, con riferimento per questi ai soli lavoratori addetti.

I limiti di concentrazione di attività del Radon nell'aria nei luoghi specificati alle lettere A e B sono costituiti da:

- 500 Bq/m³ medi in un anno,
- ovvero, nel caso di luoghi solo parzialmente occupati e non costituenti asili nido o scuole materne e dell'obbligo, valori tali che la somma dei prodotti delle concentrazioni per le ore di occupazione dia luogo a valutazione della dose efficace da Radon contenuta entro 3 mSv/anno, corrispondente a 1 10⁶ Bq h/m³ totale in un anno (fattore convenzionale di conversione pari a 3 10⁻⁹ Sv di dose efficace per unità di esposizione espressa in Bqh/m³).

Per i luoghi C (stabilimenti termali) il limite è posto direttamente in 1 mSv/anno di dose efficace, corrispondente al valore della la somma dei prodotti delle concentrazioni di attività del Radon nell'aria per le ore di occupazione pari a 3,33 10⁵ Bq h/m³ totale in un anno

5. METODOLOGIA UTILIZZATA PER LE MISURE.

Nel caso in esame gli elettreti ad alta sensibilità sono stati preferiti ai monitori a carbone attivo in quanto offrono una discreta sensibilità ed una migliore affidabilità; inoltre il risultato non viene influenzato da fattori ambientali quali temperatura ed umidità.

L'elettreta è un disco di teflon caricato elettricamente che mantiene un potenziale elettrostatico stabile; una volta accoppiato con la propria camera di contenimento costituisce un sistema integrato per misure di Radon che opera sul principio della camera ad ionizzazione.

Esistono vari tipi di camere, che unite ad elettreti di alta o bassa sensibilità offrono una gamma di combinazioni in grado di ottimizzare tutte le esigenze operative, in relazione alla presunta concentrazione ed al tempo di misura.

Il sistema si basa sull'uso di un voltmetro digitale per misurare la variazione di potenziale indotta su di un elettreta dalla raccolta degli ioni prodotti dalle radiazioni. Quando l'elettreta è posto in una camera contenente un certo volume di aria, raccoglie gli ioni prodotti dal decadimento del Radon ed il potenziale elettrostatico si riduce in modo proporzionale alla radioattività presente nella camera.

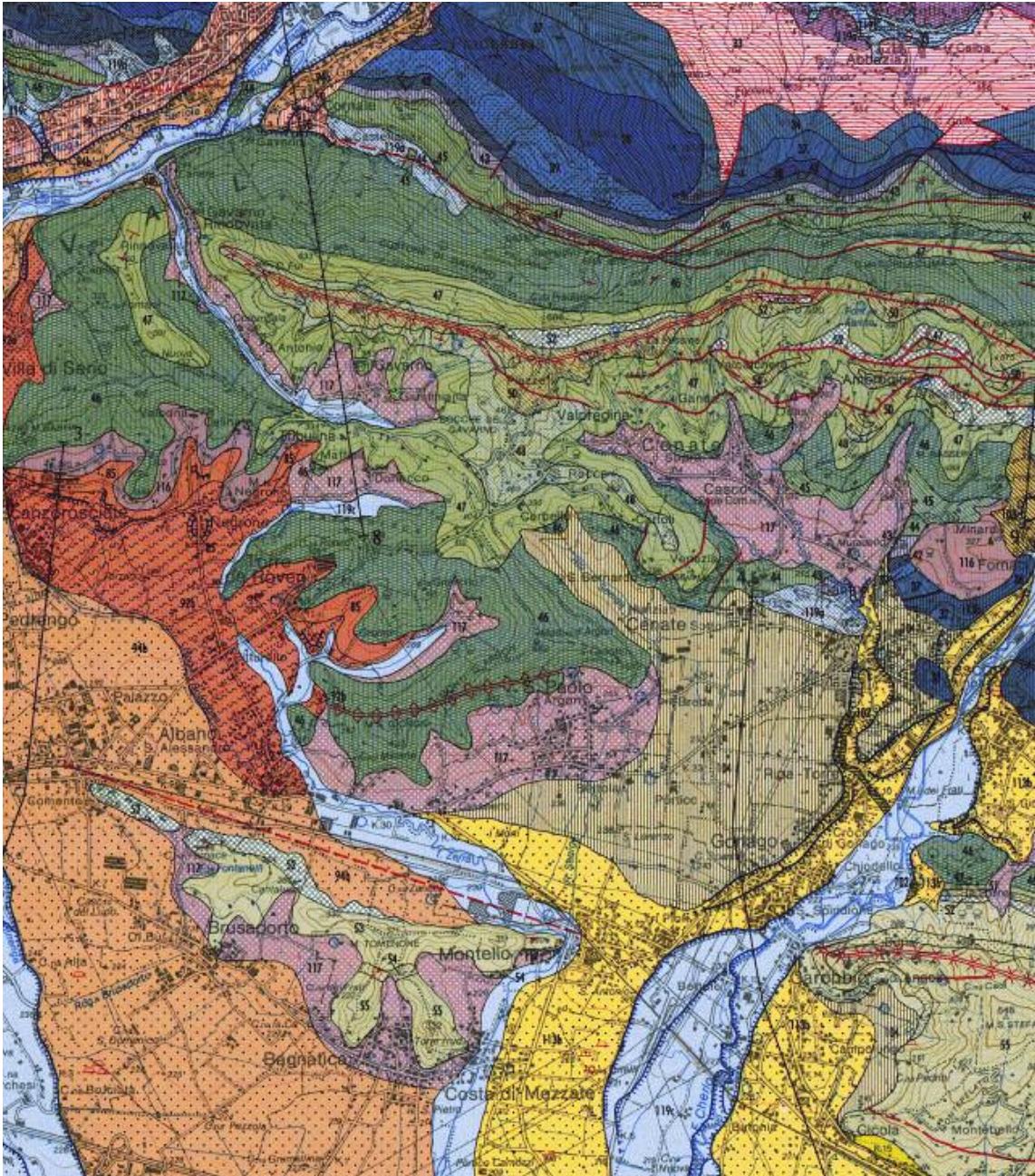
Misurando la perdita di potenziale durante un certo intervallo di tempo e utilizzando appropriati fattori di calibrazione si determina la concentrazione media del Radon nella camera e quindi nell'ambiente.

6. DESCRIZIONE DEI LOCALI E DELLE ATTIVITÀ.

I locali interessati dall'indagine appartengono a vari edifici, destinati ad uso privato o pubblico, distribuiti sull'intero territorio del Comune, scelti interessando diverse tipologie costruttive di edifici e valutando la formazione geologica presente nel sottosuolo, dedotta dalla "Carta geologica provinciale" alla scala 1:50000, di cui si allega uno stralcio.

Trattandosi di una campagna di misure finalizzate alla verifica della possibile presenza della problematica Radon, le postazioni, all'interno degli edifici, scelti con i criteri sopra esposti, sono state selezionate tra quelle ipoteticamente più problematiche, andando a privilegiare locali ubicati a contatto con il suolo (con e senza vespaio per confrontare i risultati), di scarso utilizzo da parte degli abitanti (cantine, locali di deposito, taverne, ecc.) e quindi con minore possibilità di essere sottoposte a periodici e costanti ricambi d'aria.

La posizione degli edifici indagati è rappresentata sulla planimetria allegata alla presente relazione; vengono pure allegate le schede descrittive delle singole postazioni di misura con riportate le caratteristiche strutturali ed impiantistiche dei locali, che risultano essere indispensabili per una valutazione corretta di quanto rilevato.



Carta geologica della Provincia di Bergamo – Stralcio della zona intorno al Comune di San Paolo d'Argon

7. MODALITÀ DI RILEVAMENTO E RISULTATI DELL'INDAGINE.

Trattandosi di una indagine conoscitiva preliminare finalizzata a fornire indicazioni sulla possibile presenza o meno di Radon, si è preferito utilizzare monitori contenenti elettretti ad alta sensibilità del tipo E-PERM prodotti dalla RAD ELEC Inc. in configurazione SST, per ottenere una risposta adeguata con tempi di esposizione piuttosto brevi (una settimana).

Sono state identificate dodici postazioni di misura; in ognuna di queste postazioni è stato attivato un dosimetro, tranne in una postazione dove ne sono stati messi due affiancati al fine di verificare la bontà del sistema di taratura e lettura (test di verifica).

Le camere di rilevazione sistemate in punti significativi ad una altezza di 1,5 metri dal suolo, sono state attivate il giorno 03 giugno 2008 tra le ore 08³⁰ - 11²⁵ e ritirate il giorno 10 giugno 2008 tra le ore 09²⁵ - 12⁴⁰.

I risultati della campagna di misura sono riassunti nella seguente tabella:

PUNTO MISURA	CODICE ELETTRETA	DATA POSA	DATA PRELIEVO	CONCENT. RADON Bq/m ³	INCERTEZZA +/- Bq/m ³
01	SBQ896	03.06.08	10.06.08	265	16
02	SCC764 (Test)	03.06.08	10.06.08	37	6
	SCD648 (Test)	03.06.08	10.06.08	42	6
03	SCC706	03.06.08	10.06.08	292	17
04	SCC852	03.06.08	10.06.08	62	7
05	SCD684	03.06.08	10.06.08	45	6
06	SCD806	03.06.08	10.06.08	59	7
07	SCC919	03.06.08	10.06.08	41	6
08	SCC832	03.06.08	10.06.08	63	7
09	SCC829	03.06.08	10.06.08	46	6
10	SCC833	03.06.08	10.06.08	78	7
11	SCC946	03.06.08	10.06.08	37	6
12	SCD809	03.06.08	10.06.08	35	6

La valutazione del fondo radiometrico presente in ogni postazione di misura, effettuata con scintillometro Saphimo Steel SPP2NF matr. n° 2570 fornito di un rivelatore allo ioduro di sodio adatto per misure ad impulsi con sensibilità tra 5 e 15000 particelle/sec, non ha evidenziato valori discordanti dal normale fondo radiometrico naturale, tali da poter influenzare la misura della concentrazione di Radon.

8. CONCLUSIONI.

I valori della concentrazione di Radon rilevati sono risultati soddisfacenti ed in ogni caso inferiori, considerato anche il valore dell'errore percentuale associato ed il periodo di misura (nella stagione più calda è facilitata l'emanazione di Radon dal suolo), del valore massimo raccomandato pari **400 Bq/m³** come livello da prendere in considerazione per opere di risanamento o comunque in costruzioni già esistenti.

Considerata inoltre la distribuzione geografica degli edifici indagati si può, con un certo margine di attendibilità, affermare che nel territorio del Comune di San Paolo d'Argon, la problematica Radon sia riconducibile alla normalità, con valori accettabili e presumibilmente riconfermati anche da indagini integrate nell'intero ciclo annuale delle stagioni, come raccomandato dalla legislazione attuale.

In merito ai due punti, in cui il valore è risultato essere decisamente diverso dalla media rilevata, si constata come questi coincidano con gli unici due locali che presentavano vie di collegamento con il sottosuolo (piletta di scarico acque nel locale n° 01 e vecchio pozzo ardesiano nel locale n° 03), ottenendo così una conferma delle ipotesi letterarie e della bontà del sistema di misure utilizzato.

Bibliografia

1. AIRP (Associazione Italiana di Protezione contro le Radiazioni) - Comitato dosimetria e metrologia - Monitoraggio del Radon e dei suoi prodotti di decadimento - Manuale tecnico - Bologna, Marzo 1992.
2. Decreto Legislativo 241 del 26 maggio 2000 "Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti".
3. Rischio Radon: cosa è, come si previene, come si misura, come si interviene – ANPEQ Ufficio Relazioni Esterne - 2003