

PIANO DI MONITORAGGIO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE RADON PRONE AREAS NELLA REGIONE LOMBARDIA

D. de Bartolo¹, A. Alberici¹, R. Gallini¹, T. Maggioni¹, S. Arrigoni², P. Cazzaniga²,
A. Cugini², F. Olivieri², M. Romanelli², G. Gallinari²

¹A.R.P.A. della Lombardia, Settore Agenti Fisici, Milano;

²A.R.P.A. della Lombardia, Dipartimento Provinciale di Bergamo

ABSTRACT

La Regione Lombardia ha svolto nel corso del 2004 una campagna di misura del gas radon in tutto il suo territorio, al fine dell'individuazione delle radon prone areas (aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon), come previsto dal D.Lgs. 241/00.

Per la pianificazione del monitoraggio, il territorio della Lombardia è stato distinto in due diverse tipologie in relazione alla morfologia ed alla presenza di substrato roccioso: l'area di collina-montagna è stata indagata con maggior dettaglio rispetto all'area di pianura, poiché le caratteristiche morfologiche e geologiche possono far presumere l'esistenza di una maggiore variabilità nella distribuzione geografica delle concentrazioni di radon. La base scelta per la suddivisione è la maglia regolare del reticolo della cartografia tecnica regionale (8 km x 5 km).

I circa 4000 punti di rilevazione, individuati con la collaborazione della DG Sanità e dei Dipartimenti di Prevenzione delle ASL, si trovano in locali adibiti ad abitazione o ufficio, al pian terreno ed aventi caratteristiche tali da garantire la rappresentatività e la confrontabilità delle misure. Sono inoltre state tenute in considerazione le valutazioni eseguite in precedenti campagne di misura e in siti che fossero rispondenti alle caratteristiche definite.

Per le misure è stata adottata la tecnica dei rivelatori a tracce di tipo CR-39, contenuti in canestri di esposizione in plastica a struttura chiusa, posizionati nei punti di interesse per due semestri consecutivi.

I rivelatori esposti sono stati sottoposti all'attacco chimico e al conteggio delle tracce con sistema ottico automatizzato presso il Laboratorio Radiometrico del Dipartimento Provinciale di Bergamo.

L'accuratezza e la precisione del sistema sono state valutate integrando i dati ottenuti in diverse modalità: sviluppo e lettura di rivelatori esposti a concentrazioni di radon note, partecipazione ad un interconfronto internazionale, esposizione dei rivelatori in un centro di taratura nazionale.

Visto il grande numero di rivelatori coinvolti, si è prestata particolare attenzione al controllo dell'omogeneità di risposta dei rivelatori e all'ottimizzazione dei parametri di analisi.

Nel 10% dei casi sono stati affiancati due rivelatori, in modo da testare ulteriormente l'affidabilità delle misure.

PREMESSA

Numerose misure di concentrazione del gas naturale radioattivo nelle abitazioni sono state effettuate negli ultimi 15 anni da ASL, ARPA e dalle Università.

In particolare fra il 1989 e il 1991 nell'ambito dell'indagine nazionale sull'esposizione alla radioattività naturale durante la quale in Italia sono state indagate circa 5000 abitazioni, in Lombardia ne sono state indagate 818, collocate in 34 comuni (fra cui quattro con più di 100.000 abitanti: Milano, Brescia, Monza e Bergamo)

La media annuale nazionale della concentrazione di radon nelle abitazioni indagate era risultata essere pari a 70 Bq/m³, mentre quella della Lombardia risultava essere pari a 116 Bq/m³ e le concentrazioni di radon più elevate erano state rilevate in provincia di Milano (area nord-est), di Bergamo e di Sondrio.

Si ricorda che nel quadro normativo nazionale relativo alla problematica del radon indoor, non vengono prese in considerazione le problematiche connesse all'esposizione al radon nelle abitazioni.

Su questo argomento il più solido riferimento per il Paese è rappresentato tuttora dalla raccomandazione della Comunità Europea 90/143/Euratom, che indica il valore oltre cui intraprendere azioni di risanamento per le abitazioni esistenti (400 Bq/m^3) e l'obiettivo di qualità (200 Bq/m^3) per le nuove edificazioni.

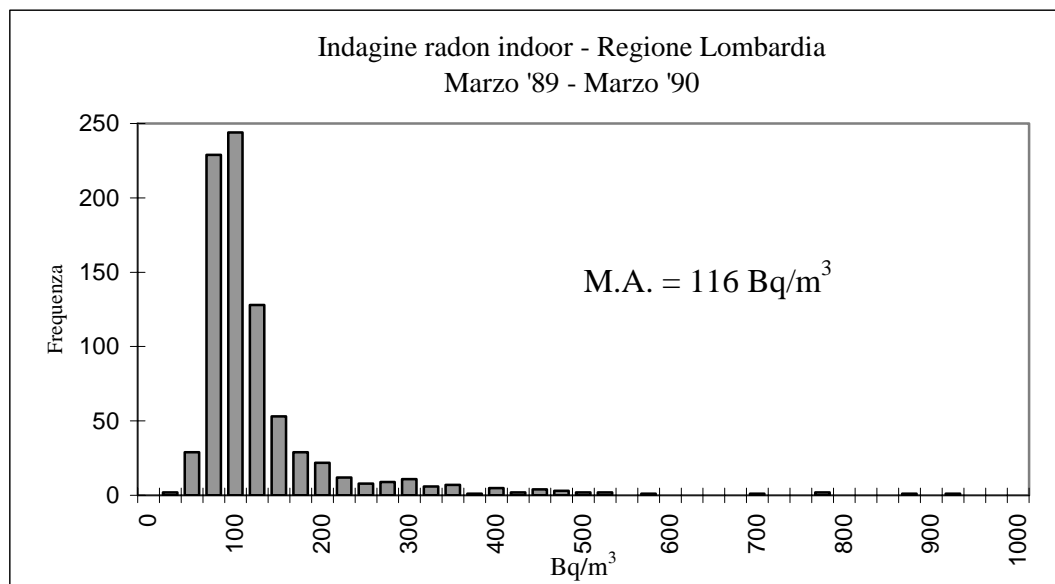


Figura 1: la campagna nazionale di misura del radon indoor, che si è svolta tra il 1989 e il 1991, ha interessato in Lombardia circa 800 abitazioni collocate in 34 comuni, di cui quattro con più di 100.000 abitanti (Milano, Brescia, Monza e Bergamo). La concentrazione media annuale in Lombardia è risultata pari a 116 Bq/m^3 , di poco superiore alla media nazionale.

PIANO DI MAPPATURA PER LA DETERMINAZIONE DELLE RADON PRONE AREAS IN LOMBARDIA (2003-2005)

Analisi delle misure pregresse e scelta delle caratteristiche dei punti di misura

La normativa nazionale prevede che ogni regione proceda all'individuazione delle radon prone areas (art. 10-ter, comma 2, D.L.vo 241/00) – entro il 31 agosto 2005.

La Giunta Regionale ha deliberato nel maggio 2003 il piano per la mappatura del territorio lombardo, che è in corso di attuazione da parte di ARPA in collaborazione con le ASL.

L'analisi delle numerose misure pregresse effettuate in Lombardia ha consentito immediatamente di evidenziare come le rilevazioni condotte fossero, per tecnica e per tipologia dei locali indagati, molto eterogenee.

Conseguentemente, tenendo ben presente l'obiettivo di poter disporre di un numero di misure di concentrazione di radon rappresentative e tra loro confrontabili, con lo scopo di definire una prima mappa delle aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon indoor è stato concordato di definire come punti di misura, sia per il recupero dello storico sia per la pianificazione delle rilevazioni future, quelli in locali posti al piano terreno, adibiti ad abitazione o ad ufficio pubblico, collocati in edifici costruiti o ristrutturati dopo il 1970, preferibilmente con cantina o vespaio sottostante e caratterizzati da volumetrie non superiori a 300 m^3 .

Delle più di 4500 misure pregresse, circa 350 sono risultate rispondenti alle caratteristiche scelte per il piano di monitoraggio.

Le caratteristiche scelte dovrebbero limitare entro margini governabili o comunque descrivibili i vari parametri che condizionano le concentrazioni di radon indoor, al fine di rendere il campione di indagine per quanto possibile composto da punti quanto più simili tra loro.

Per ogni punto di monitoraggio sono state inoltre raccolte tutte le informazioni atte a descrivere le specifiche caratteristiche del locale (numero e tipologia delle aperture, caratteristiche dei materiali utilizzati per i rivestimenti di pareti e pavimenti, ecc) e dell'edificio in cui il locale è inserito.

Piano di mappatura

Il piano ha visto il territorio regionale suddiviso secondo una griglia a maglie di dimensione variabile in funzione delle caratteristiche geologiche e morfologiche del suolo, ovvero maglie più fitte nella zona alpina e prealpina nella quale ci si aspetta di avere concentrazioni di radon più elevate o comunque caratterizzate da una maggiore variabilità spaziale, e maglie meno fitte laddove si presume di avere basse o comunque relativamente uniformi concentrazioni di radon, come per esempio nella zona della Pianura Padana:

- maglia di 8 km per 5 km, (o inferiore, ovvero 2.5 km per 8 km oppure 4 km per 5 km laddove si sia ritenuto opportuno indagare più nel dettaglio) per la fascia prealpina/alpina e dall'Oltrepò Pavese (substrato roccioso inferiore a 50 m dal piano campagna);
- maglia di 16 km per 10 km per la fascia di pianura (con substrato sottostante le coltri alluvionali a 50 m e oltre di profondità dal piano campagna).

In ciascuna maglia sono stati individuati da 5 a 10 punti di misura, rispondenti alle caratteristiche stabilite, per un totale di circa 4000, in 541 Comuni lombardi (1/3 circa del totale).

Nella figura 2 è rappresentata la localizzazione di tali punti di misura e delle misure pregresse omogenee alle caratteristiche prescelte.

Le misure hanno avuto durata annuale e sono state effettuate attraverso l'impiego di dosimetri passivi, che sono stati posizionati per due semestri consecutivi a partire da ottobre 2003, come verrà descritto in seguito.

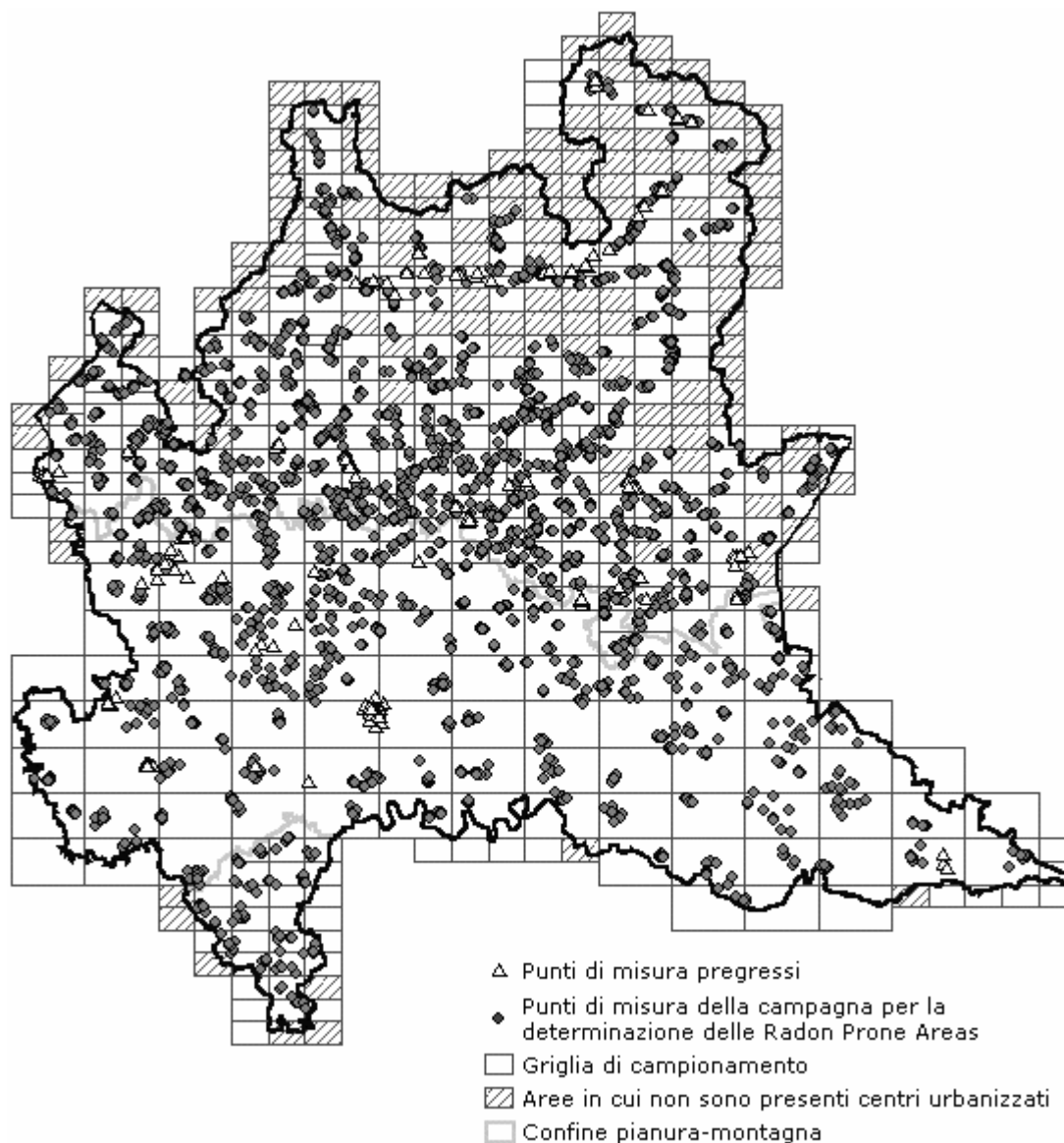


Figura 2: piano di mappatura per la determinazione delle radon prone areas in Lombardia (2003-2005) – localizzazione dei punti di misura.

Sono stati individuati da 5 a 10 punti di misura in ogni maglia nella quale siano presenti centri urbanizzati. Si è inoltre tenuto conto delle misure pregresse che avessero caratteristiche omogenee a quelle del piano di mappatura.

Tecnica di misura

E' stata adottata una tecnica di misura "long-term" che consente la valutazione della concentrazione media annua di radon indoor.

I rivelatori impiegati sono del tipo CR-39, chips quadrati di materiale plastico (poliallil-diglicol-carbonato, PADC) di dimensioni 10x10x1mm, sensibili alle radiazioni alfa ed insensibili alle altre radiazioni, fissati sotto il coperchio, dotato di tappo a vite, di un contenitore cilindrico (camera di diffusione) in plastica di 35 mm di diametro x 55 mm di altezza.

I rivelatori sono conservati sino al momento dell'utilizzo in buste sigillate sottovuoto. L'inizio dell'esposizione coincide con l'apertura delle buste. Il tappo dei contenitori non deve essere aperto né allentato per nessun motivo durante tutto il periodo dell'esposizione.

Il gas radon penetra all'interno della camera di diffusione attraverso la fessura tra tappo e contenitore, e le particelle alfa prodotte dal suo decadimento e da quello dei suoi "figli" interagendo con il materiale causano un danno ai legami chimici generando delle tracce sulla superficie del CR-39.

Il numero delle tracce è proporzionale al tempo di esposizione e alla concentrazione di gas nell'ambiente e, dopo un trattamento chimico, è valutabile con metodi ottici.

Al termine dell'esposizione, per impedire il passaggio del gas all'interno delle camere di diffusione si può apporre del nastro plastificato intorno alle fessure sotto i coperchi; quindi si richiudono i rivelatori nelle buste di alluminio plastificato, sigillando queste ultime fino al momento dell'attacco chimico.

L'attacco chimico serve a sviluppare le tracce prodotte dalle radiazioni sui CR-39 in modo da renderle visibili e quantificabili.

Per eseguire tale operazione, i CR-39 devono essere tolti dai relativi contenitori e montati dentro le apposite slitte di plastica a 12 posti.

Quando è stato riempito un numero adeguato di slitte (fino a 36), queste ultime vengono fissate all'interno del bagno termostato; dopo aver chiuso il coperchio, vi si introduce la soluzione di idrossido di sodio. La temperatura di sviluppo è mantenuta costante a 90°C per 4 ore.

Ciascuna slitta viene inserita nel sistema di lettura Radosys costituito essenzialmente da un microscopio ottico a luce trasmessa con posizionamento automatico.

Il software di gestione riconosce il codice identificativo di ciascun dosimetro, individua e conta il numero di tracce aventi determinate caratteristiche di colore e di forma.

Il risultato di questa lettura è la densità di tracce individuate per unità di superficie per ciascun rivelatore.

Il sistema è stato tarato esponendo 10 rivelatori ad almeno 3 diversi valori noti di esposizione (pari al prodotto tra la concentrazione media e il periodo di esposizione) e sottoponendo tali rivelatori all'attacco chimico e alla lettura nelle modalità sopra descritte.

Si deve così calcolare il fattore di calibrazione (fc) per ogni partita di rivelatori in esame.

Essendo stati utilizzati rivelatori prodotti da più di sei mesi, è stato necessario ripetere la taratura, poiché la sensibilità del materiale non si mantiene costante nel tempo.

Il sistema è stato tarato almeno nell'intervallo tra 400 e 4000 kBq*h/m³ (valore corrispondente a circa 6 mesi di esposizione a una concentrazione di 800 Bq/m³).

Il sistema è stato inoltre controllato valutando la differenza percentuale tra i valori calcolati ed il valore di riferimento e la deviazione standard associata alle misure.

Indicativamente la valutazione di cui sopra è stata eseguita ogni 1000 letture, per verificare il funzionamento del sistema ottico.

Il lettore automatico fornisce la densità di tracce per ogni rivelatore esaminato.

Da tale valore si è risaliti alla concentrazione media di radon nel punto in cui è stato posizionato il rivelatore, conoscendo il periodo di esposizione.

$$\text{RaC} = \text{Concentrazione di attività di gas radon (Bq/m}^3\text{)} = E/t$$

dove:

$$E = \text{Esposizione (kBq*h/m}^3\text{)}$$

$$t = \text{tempo di esposizione del rivelatore (h)}$$

$$E = (D - D_f) * f_c$$

dove:

$$D = \text{Densità delle tracce misurata (tracce/mm}^2\text{)}$$

$$D_f = \text{Densità media di tracce di fondo per rivelatori della stessa partita (tracce/mm}^2\text{)}$$

$$f_c = \text{fattore di calibrazione per rivelatori della stessa partita ((kBq*h/m}^3\text{)/tracce/mm}^2\text{)}$$

Sono state eseguite prove di ripetibilità a diversi livelli:

- letture ripetute consecutive dello stesso rivelatore: in media la deviazione standard dei risultati è pari al 2% per letture in modalità "slow" e al 6% per letture in modalità "fast";
- letture di diversi rivelatori della medesima partita, sottoposti alla stessa esposizione, allo stesso attacco chimico e letti nello stesso giorno: in media la deviazione standard dei risultati è del 6% per

modalità di lettura "slow"; 8% per modalità "fast". Si passa a fluttuazioni intorno al 20% per i risultati delle letture di rivelatori non esposti (fondo).

Come già anticipato, queste letture sono state ripetute a distanza di tempo e i valori medi delle letture risultano sovrapponibili, entro l'errore (una deviazione standard).

I dati sopra riportati si riferiscono all'intervallo compreso fra 300 e 3000 kBq*h/m³. La risposta del sistema, in termini di densità di tracce netta (D-Df) è lineare per esposizioni inferiori a 4000 kBq*h/m³.

Considerando come limite di rivelabilità la fluttuazione dei valori di fondo, la minima concentrazione di Radon rivelabile risulta essere di 10 Bq/m³ per un'esposizione di 6 mesi, pari a circa 40 kBq*h/m³.

Nell'interconfronto internazionale del 2003 la ditta fornitrice del sistema è risultata essere in classe A (errore < 10%); attualmente il Laboratorio di Radioattività Ambientale sta partecipando a un interconfronto tra laboratori ARPA del Nord Italia.

RISULTATI PRELIMINARI

Vengono di seguito mostrati i risultati della campagna di misura annuale volta alla determinazione delle radon prone areas.

In totale i punti di misura in Lombardia sono stati circa 3600, ripartiti nelle diverse province secondo quanto mostrato nella tabella 1. A questi si aggiungono altri circa 350 punti delle misure pregresse aventi caratteristiche omogenee a quelle identificate per la campagna attuale.

I risultati, sebbene preliminari, forniscono un quadro d'insieme circa l'entità della problematica del radon sul territorio della Lombardia.

Per il 4.3 % di tutti i punti di misura, situati in locali posti al pian terreno, i valori di concentrazione media annuale di radon misurati sono risultati superiori a 400 Bq/m³ e le province nelle quali sono stati riscontrati valori più rilevanti sono Bergamo, Brescia, Lecco, Sondrio e Varese.

Nelle province di Lodi e Cremona invece le concentrazioni misurate sono risultate in ogni caso inferiori a 200 Bq/m³.

Nelle figure 3 e 4 è mostrata rispettivamente nel dettaglio provinciale e regionale la distribuzione percentuale dei valori misurati.

Tabella 1: *primi risultati della campagna regionale per la determinazione delle radon prone areas: distribuzione percentuale dei valori di concentrazione media annuale e distribuzione dei punti di misura nelle diverse province.*

PROVINCIA	% misure con valori inferiori a 200 Bq/m ³	% misure con valori tra 200 e 400 Bq/m ³	% misure con valori tra 400 e 800 Bq/m ³	% misure con valori maggiori di 800 Bq/m ³	n° punti indagati
BG	75.1	15.8	6.6	1.6	594
BS	82.8	11.7	4.3	0.5	809
CO	87.9	10.6	1.1	0.0	264
CR	100.0	0.0	0.0	0.0	150
LC	82.2	11.5	3.8	1.4	287
LO	100.0	0.0	0.0	0.0	87
MI	93.3	6.3	0.4	0.0	255
MN	98.7	1.3	0.0	0.0	150
PV	98.2	1.8	0.0	0.0	340
SO	70.6	20.7	7.3	1.4	425
VA	79.2	14.5	5.2	0.3	289
Totale Lombardia	84.5	11.1	3.7	0.6	3650

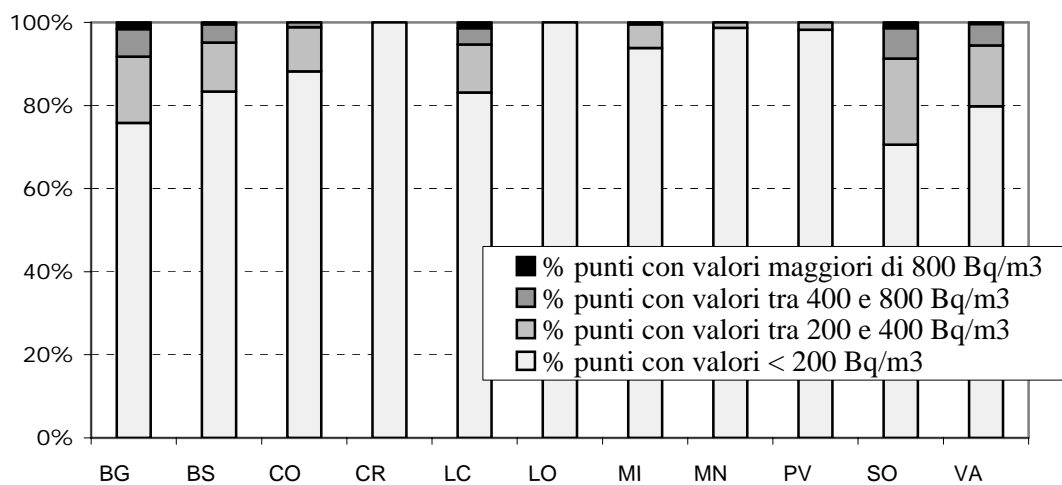


Figura 3: *distribuzione percentuale provinciale delle concentrazioni medie annuali di radon dei punti di misura della campagna di monitoraggio per la determinazione delle radon prone areas.*

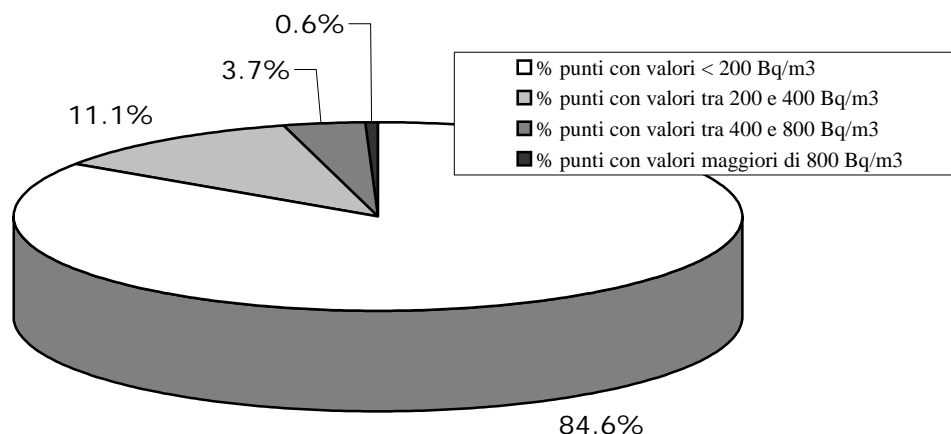


Figura 4: distribuzione percentuale delle concentrazioni medie annuali di radon dei punti di misura della campagna di monitoraggio per la determinazione delle radon prone areas in Lombardia.

CONCLUSIONI

I primi risultati delle misure effettuate nell'ambito del piano regionale della Lombardia per la determinazione delle radon prone areas confermano lo stretto legame tra la presenza di radon e le caratteristiche geologiche del territorio, mostrando valori più elevati di concentrazione di radon indoor nelle province di Bergamo, Brescia, Lecco, Sondrio e Varese.

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

Sono attualmente in corso le elaborazioni statistiche per la definizione delle "radon prone areas". Nel contempo si stanno predisponendo valutazioni epidemiologiche ed iniziative regionali per la prevenzione della esposizione a radon indoor, tra cui materiale informativo per la popolazione e linee guida sia per la costruzione di nuovi edifici, sia per il risanamento di quelli esistenti, basandosi anche sulle esperienze già condotte da altre Regioni.

BIBLIOGRAFIA

1. Bochicchio, F. et al. – Results of the Representative Italian National Survey on Radon Indoors – Health Physics 17(5), 741-748 (1996)
2. Direttiva 90/143/EURATOM della Commissione della Comunità Europea del 21/02/1990
3. Decreto Legislativo 26/05/00 n. 241: Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.
4. ICRP. Protection against Radon-222 at Home and at Work. Ann. ICRP 23(2), Publication 65 (1993)
5. Akerblom G. e Mellander H.,1997.“Geology and Radon”, Radon measurements by etched track detectors. 21-49, World Scientific.

6. NRC, 1988, National Research Council, Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, "Health Risk of Radon and other deposited Alpha Emitters: BEIR". National Academy Press, Washington, DC.
7. Pellegrino C., Tagni M., Dell'Oca M., Fascendini A., luglio 2000. Studio di un modello previsionale per la valutazione delle concentrazioni di Radon indoor a partire dalle caratteristiche geologiche del sito. Arpa Lombardia, Dipartimento di Sondrio
8. Manuale d'uso "Radosys 2000"
9. Ministero Salute, Piano Nazionale Radon, 2002.
10. Mostacci D.: Strumentazione e modalità di misura nel settore della radioattività naturale. Notiziario ANPEQ, n.ro 61-62: 48-53, 2002.
11. B. Dörschel , D. Hermsdorf , J. Sichelschmidt , S.Starke ,Investigation of free radicals induced by light ions in CR-39 using ESR
12. ANPA, "Il sistema informativo territoriale per la valutazione del potenziale di esalazione di radon dal suolo", Serie Stato dell'Ambiente 9, 2000.