

## LA CARTA DEL RISCHIO RADON DI CATANZARO E CROTONE

V. Fuoco, M. Fòlino Gallo, S. Procopio, C. Migliorino<sup>1</sup>,

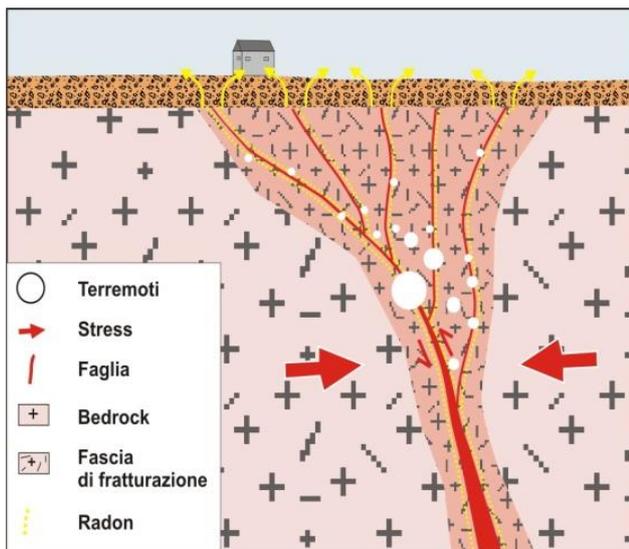
<sup>1</sup>ArpaCal (CZ), [fisico.cz@arpacal.it](mailto:fisico.cz@arpacal.it)

### RIASSUNTO

Tra le sorgenti radioattive naturali il radon costituisce il principale fattore potenziale di rischio per la salute umana. Negli ultimi due anni è stata effettuata una campagna di misure dei livelli di concentrazione di gas radon, sia indoor che nel suolo, nelle provincie calabresi di Catanzaro e Crotone. I dati ottenuti, opportunamente rielaborati, vengono proposti attraverso la costruzione di una prima mappa del rischio radon supportata da misure sperimentali. Lo studio ha interessato un'area di circa 4150 km<sup>2</sup> e una popolazione di poco inferiore a 420.000 abitanti, con il coinvolgimento di quasi tutti i comuni delle due provincie attraverso la stima dei livelli di concentrazione di radon nelle unità abitative e nei luoghi di lavoro. I valori ottenuti, su un campione più robusto rispetto ai dati di letteratura, presentano un territorio dove il rischio radon non può essere trascurato come ipotizzato finora. Si conferma, inoltre, il legame tra la presenza di radon e le caratteristiche geologiche e sismotettoniche del territorio. Il lavoro fornisce, altresì, uno strumento in grado di dare indicazioni sulla vulnerabilità del territorio rispetto al problema radon, dando indicazioni sulla probabilità che la concentrazione di radon indoor assuma determinati valori. La complessità geologico - strutturale e litologica del territorio in esame impone un aggiornamento continuo dei dati acquisiti al fine di affinare l'individuazione delle zone più esposte e rappresentare nel contempo un valido strumento per la pianificazione urbanistica e per il contenimento del rischio sanitario sia per la popolazione che per i lavoratori esposti.

### INTRODUZIONE

Il radon, gas radioattivo che costituisce la frazione preponderante della radioattività ambientale, è naturalmente emanato dalle rocce che costituiscono la crosta terrestre. Esso deriva dal decadimento dell'Uranio (<sup>238</sup>U), le cui tracce sono presenti in ogni tipo di suolo. Per tale motivo è fondamentale individuare le possibili vie di comunicazione tra il sottosuolo e la superficie (faglie e fratture). Infatti, il tempo di dimezzamento (3,82 giorni) e la sua solubilità permettono al radon di essere trasportato per considerevoli distanze da gas o liquidi trasportatori, come l'anidride carbonica e l'acqua. Inoltre, le faglie inducono un aumento considerevole degli *indici di fratturazione* delle rocce che attraversano, costituendo una via di fuga preferenziale per i gas (fig.1).



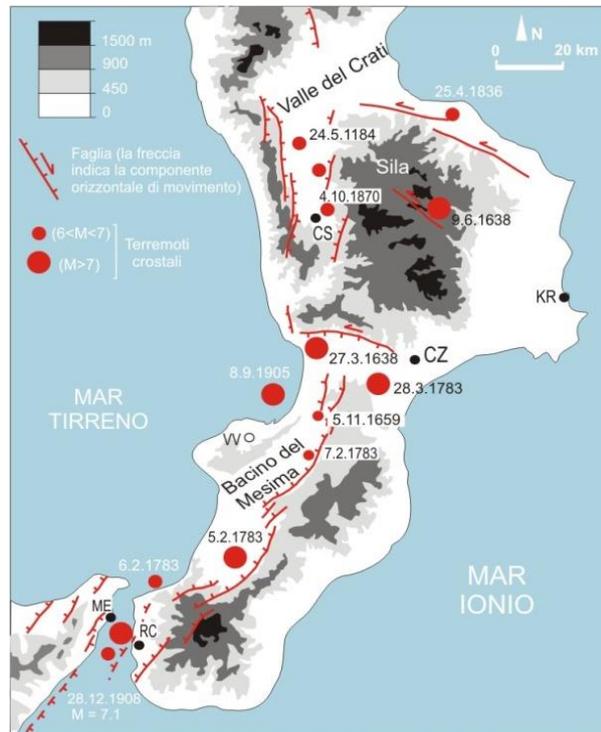
**Figura 1:** schematizzazione della risalita del radon lungo faglie attive.

Numerosi studi scientifici hanno dimostrato, in diverse parti del mondo, che lungo alcune faglie attive si registrano valori importanti di concentrazione di radon, confermando l'ipotesi che queste possano modulare la risalita di radon verso la superficie terrestre.

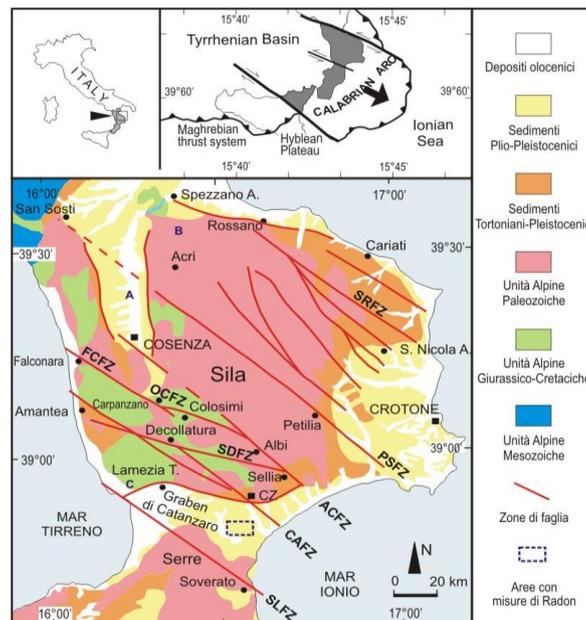
In Calabria, le rocce uranifere sono presenti in quasi tutte le formazioni del sottosuolo. Da un punto di vista geologico, l'Arco Calabro<sup>[i]</sup> rappresenta un frammento alpino costituito da rocce cristallino-metamorfiche che ha subito un trasporto orogenetico attraverso il Mediterraneo a seguito degli stress tettonici derivanti dall'avvicinamento tra la placca africana e quella europea.

Attualmente in Calabria è stata riconosciuta un'intensa deformazione crostale che si manifesta attraverso sistemi attivi di faglie normali e trascorrenti rendendo la regione una tra le zone più attive, dal punto di vista sismico, nel Mediterraneo Centrale. Lungo le faglie che attraversano la Calabria, si sono verificati numerosi terremoti catastrofici caratterizzati da magnitudo (M) fino a 7.4 ed intensità MCS fino a XI (fig. 2).

**Figura 2:** schema sismotettonico dell'Arco Calabro e della Sicilia orientale



La Calabria centro-settentrionale è attraversata da un sistema di *shear-zones* profondo (fig. 3) che, dal Pliocene medio e fino a tempi recenti, ha disarticolato il complesso edificio a *thrust* che costituisce l'Arco Calabro con una tettonica di tipo prevalentemente trascorrente<sup>[ii]</sup>. E' stata indagata una zona che si estende dal Graben di Catanzaro fino alla Valle del Crati, in cui sono state eseguite una serie di misurazioni di concentrazione di attività di radon nelle diverse matrici: acqua, suolo e aria.



**Figura 3:** mappa schematica con i principali Lineamenti tettonici della Calabria settentrionale.



# Regione Calabria ARPACAL

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria



L'area di studio è caratterizzata da un elevato rischio sismico in cui si sono verificati diversi terremoti in epoca storica.

In questo quadro geologico articolato il radon può diffondersi più facilmente attraverso le fratture della crosta fino a raggiungere i piani interrati e seminterrati degli ambienti di vita, determinando un aumento delle concentrazioni di attività volumetrica e, di conseguenza, del rischio derivante dall'esposizione. In presenza di particolari materiali da costruzione questa grandezza volumetrica può aumentare ed amplificare il rischio, fino a renderlo più significativo per la salute dei soggetti esposti. Come è noto, il radon è stato classificato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro<sup>[iii]</sup> come agente cancerogeno di gruppo 1. Nel nostro paese la norma ha inteso limitare il rischio per i lavoratori imponendo l'obbligatorietà delle misure della concentrazione di radon e toron - D.lgs n. 241/2000, capo III bis - nei luoghi di lavoro sotterranei, interrati e seminterrati. La mancanza di norme giuridiche relative agli ambienti di vita e nei luoghi dove, risiedono persone del pubblico, scolari o studenti, di fatto determina un disinteresse quasi totale del rischio del radon.

Diversi laboratori dei Centri di Riferimento Regionali per la Radioattività presenti sul territorio italiano, hanno già da tempo intrapreso importanti iniziative per la misura della concentrazione di radon nelle abitazioni domestiche e nelle scuole, facendo riferimento alle indicazioni europee. La Raccomandazione 90/143/Euratom del 21/11/1990, la tutela della popolazione dall'esposizione al radon in ambienti chiusi, fissa la concentrazione a 400 Bq/m<sup>3</sup> come media annua oltre la quale è necessario intraprendere un'azione di bonifica per gli edifici già esistenti e di 200 Bq/m<sup>3</sup> per i nuovi.

L'aspetto sanitario del radon è determinato dai suoi prodotti di decadimento ed in particolare dai radionuclidi emettitori di particelle alfa: <sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Po, <sup>210</sup>Po<sup>[iv]</sup>. Questi, in quanto ioni metallici sono chimicamente attivi possono subire processi di deposizione o legarsi alle particelle di aria ed essere inalate, esponendo al rischio una qualsiasi regione dell'apparato respiratorio: naso-faringe, tratto bronchiale, tratto polmonare<sup>[v]</sup>. La conseguenza per un individuo può essere l'aumento della dose assorbita e della probabilità di insorgenza di tumori polmonari<sup>[vi]</sup>. Le particelle "α" emesse dal radon e dai suoi figli, sono classificate come radiazioni ad alto LET (Trasferimento di Energia Lineare) e quindi con un'alta efficacia biologica e particolarmente pericolose se introdotte per via interna.

## MATERIALE E METODI

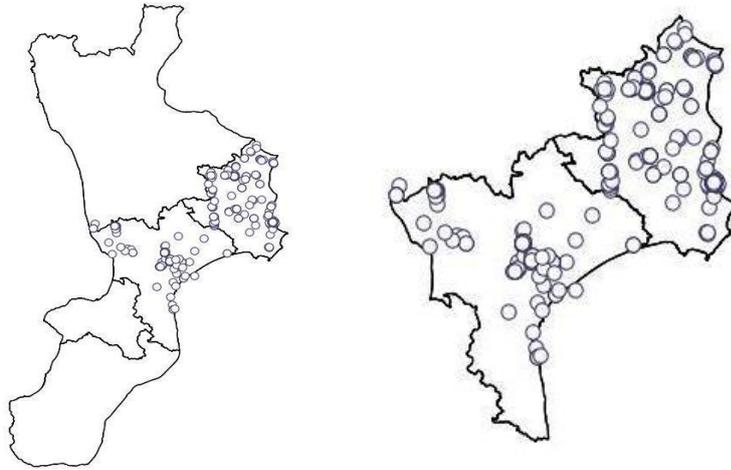
I criteri di scelta e il posizionamento dei dosimetri per la misura del gas radon negli ambienti di vita hanno avviato l'indagine, basata sulla necessità di poter valutare il rischio radon indoor in luoghi ubicati su perimetri territoriali con caratteristiche geologiche e litologiche tipiche dell'Arco Calabro. Per tutti i luoghi confinati sono stati privilegiati i piani terra e in ogni sito di misura sono stati posizionati almeno due esposimetri a seconda delle dimensioni, per una migliore rappresentatività superficiale e spaziale. Per la misura della concentrazione del gas radon in aria sono stati impiegati degli elettretti a lunga durata (long term), dischi di teflon carichi elettricamente, montati su una camera di conteggio in plastica conduttiva tipo L. La tecnica di misura è denominata sistema *E - Perm* e si basa sulla rivelazione della radiazione α emessa durante il decadimento radioattivo. Il gas penetra nella camera di conteggio per diffusione e per effetto del suo decadimento ionizza il volume scaricando il potenziale superficiale del disco. Dalla differenza tra il potenziale elettrico iniziale e quello finale è possibile determinare la concentrazione di attività volumetrica di radon in Bq/m<sup>3</sup> presente in un determinato sito sfruttando la relazione [1]:

$$[^{222}\text{Rn}] = \left\{ \frac{V_i - V_f}{C_F \cdot t_e} - C_\gamma \right\} \cdot H \quad [1]$$

dove [<sup>222</sup>Rn] in Bq/m<sup>3</sup> è la concentrazione di attività di radon in aria; V<sub>i</sub> e V<sub>f</sub> in Volt, il potenziale superficiale iniziale e finale dell'elettretto; C<sub>F</sub> in [(Volt · m<sup>3</sup>)/(Bq · giorno)] è il coefficiente di calibrazione; t<sub>e</sub> in giorni è il tempo di esposizione, per questa indagine un anno solare suddiviso in due semestri; C<sub>γ</sub> in Bq/m<sup>3</sup> è la concentrazione di radon equivalente dovuta alla radiazione gamma; H adimensionale è il fattore correttivo per l'altitudine. Il lettore di potenziale impiegato per la lettura degli elettretti è un RadElec E-Perm.

Un set significativo di elettretti (N.40) in configurazione LLT contenuti in un doppio imballaggio termosaldato ad alta densità ed impermeabile al radon è stato usato, per lo stesso periodo di misura per determinare la dose gamma in aria indoor. Il fondo gamma ambientale è formato da due componenti: una ascrivibile ai materiali da costruzione delle pareti di ciascun luogo di misura e l'altra prodotta dalla radiazione cosmica.

La figura 4 mostra il territorio oggetto dell'indagine e la distribuzione geografica degli ambienti indoor dove sono state realizzate le misure di concentrazione annuali di attività del gas radon.



**Figura 4:** area individuata per le misure della concentrazione di radon in aria [ $Bq/m^3$ ]

Nella tabelle di seguito, Tab.1 vengono esplicitate le caratteristiche e la dimensione dello studio che ha impegnato più di 600 esposimetri per 273 ambienti di vita.

**Tab.1:** Arpacal, Laboratorio Fisico, campagna 2012 - 2014

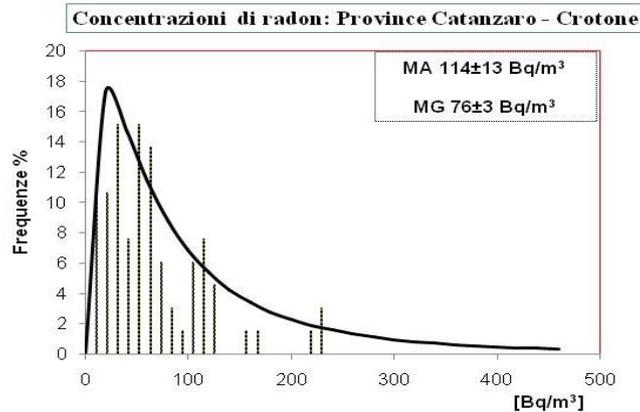
		Comuni >3000 ab.	Comuni <3000 ab.
<b>Abitazioni private</b>	<b>66</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>Concentrazione Max (<math>Bq\ m^{-3}</math>)</b>	<b>441</b>	<b>399</b>	<b>441</b>
<b>Media Aritmetica</b>	<b>114±13</b>	<b>143±28</b>	<b>87±12</b>
<b>Media Geometrica</b>	<b>76±3</b>	<b>102±2</b>	<b>56±3</b>

L'indagine ha riguardato anche luoghi di lavoro (91) ed istituti scolastici (95) che sono stati analizzati indirettamente considerate le caratteristiche diverse rispetto agli ambienti abitativi soprattutto per via della gestione degli ambienti che comunque non è indipendente dalla modalità di costruzione. Il principale obiettivo è stato quello di effettuare un confronto diretto con risultati già acquisiti.<sup>[vii,8,10]</sup>

## RISULTATI

Il contributo medio del rateo di dose gamma in aria osservato ed impiegato per il calcolo della concentrazione del radon equivalente è pari a  $96\pm4\ nGy\ h^{-1}$ .

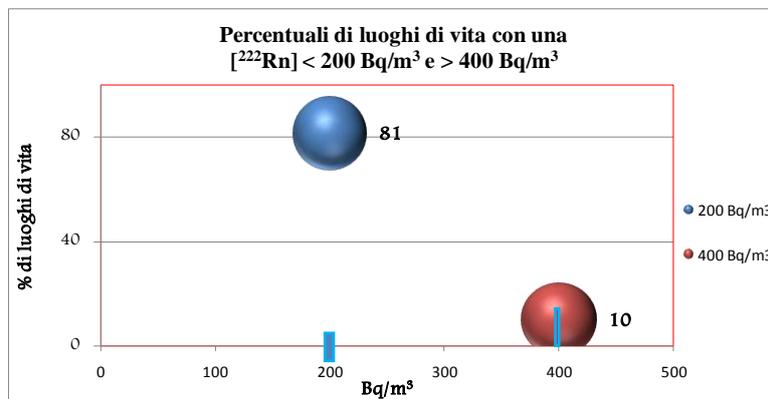
La Figura 5 riporta le frequenze (%) delle concentrazioni di attività medie del gas radon negli ambienti confinati al piano terra e la distribuzione lognormale delle frequenze di concentrazione con una media aritmetica di  $114\pm3\ Bq/m^3$  e una media geometrica pari a  $76\pm3\ Bq/m^3$ .



**Figura 5:** distribuzione delle concentrazioni di radon al piano terra

Il risultato derivante da un numero robusto di osservazioni dirette consente un confronto altrettanto diretto con la stima della concentrazione media<sup>[viii]</sup> italiana pari a  $77 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$  e quella relativa alla Calabria<sup>[7]</sup>  $25 \pm 2 \text{ Bq/m}^3$  come media aritmetica. Il dato può essere valutato anche sulla base di una recente campagna<sup>[10]</sup> su un territorio calabrese più esteso ma con un numero di dati osservati inferiore rispetto all'area indagata. Quest'ultima campagna denominata "dal Graben di Catanzaro alla Valle del Crati", riportava una media geometrica della concentrazione di attività pari a  $66 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$ .

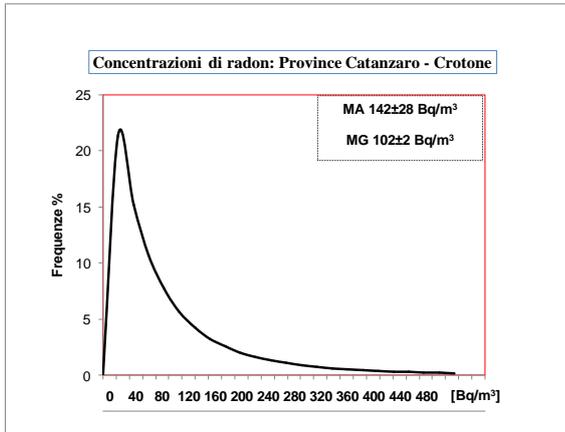
Nei territori provinciali di Catanzaro e Crotona, l' 81% degli edifici in cui è stata effettuata la misura hanno una concentrazione di attività media inferiore a  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Solo il 10% supera i livello di  $400 \text{ Bq/m}^3$ .



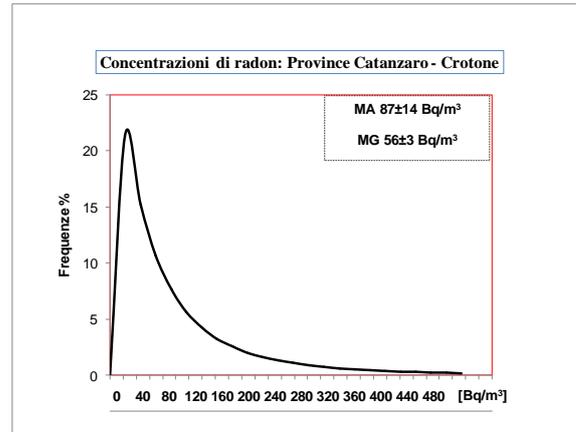
**Figura 6:** distribuzione delle concentrazioni di radon al piano terra

Dal confronto delle concentrazioni in ambito comunale tra gli ambienti di vita, luoghi di lavoro ed edifici scolastici, i dati delle abitazioni sembrano meglio rappresentare il territorio esaminato.

Pertanto in figura 7 a),b) vengono riportate le medie delle concentrazioni nei comuni suddivisi in base al numero di abitanti (3000).



**Fig.7a): concentrazioni medie nei comuni con n. abitanti >3000**



**Fig.7b): concentrazioni medie dei comuni < 3000**

Pur consapevoli che i risultati acquisiti sono allo stato meritevoli di approfondimenti e comunque ancora non rappresentativi dell'intero territorio regionale, si è persuasi che il risultato allo stato possa rappresentare una preziosa informazione derivante da osservazioni dirette e relativa ad un' area comunque importante del territorio regionale che ha caratteristiche litologiche, geologiche e pedologiche tipiche dell'Arco Calabro.

## CONCLUSIONI

L'analisi dei dati presenta un territorio in cui la concentrazione media di radon negli ambienti confinati è pari a  $76 \pm 3$  Bq/m<sup>3</sup>, sensibilmente più alto di quelli attribuiti dalla campagna di misure del 1990 (valori attribuiti al territorio calabrese 20-40 Bq/m<sup>3</sup>). Le misure sperimentali confermano un andamento tipico della distribuzione lognormale della concentrazione di attività del gas radon per ambienti indoor al piano terra. I comuni con un numero di abitanti superiore a 3000 presentano concentrazioni sensibilmente più alte rispetto ai piccoli comuni. Tuttavia il risultato acquisito in questa indagine confermerebbe quanto oramai è più di un sospetto ovvero che il territorio calabrese presenta un livello di radon tutt'altro che trascurabile.



Regione Calabria  
**ARPACAL**

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria



## BIGLIOGRAFIA

- 
- [<sup>i</sup>] Amodio-Morelli, L., Bonardi, G., Colonna, V., Dietrich, D., Giunta, G., Ippolito, F., Liguori, V., Lorenzoni, S., Paglionico, A., Perrone, V., Piccarreta, G., Russo, M., Scandone, P., Zanettin-Lorenzoni, E., Zupetta, A.-  
*L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene appenninico Maghrebide. The Calabrian-Peloritan Arc in the Apennine-Maghrebide orogen.* Mem. Soc. Geol. It. 17, 1-60 (1976).
- [<sup>ii</sup>] Van Dijk et al., 2000; Tansi et al., 2007, Folino Gallo M., 2011.
- [<sup>iii</sup>] WHO-IARC (World Health Organization - International Agency for Research on Cancer). *IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic risks to Humans: man made mineral fibres and Radon.* (1988) IARC Monograph Vol.43, Lyon, France.
- [<sup>iv</sup>] Nero, *Earth air, radon and home.* Physics Today 42 pp.32-39. (1989)
- [<sup>v</sup>] Tommasino L., *Radon; Encyclopedia of Analytical Science,* pp.4359-4368.(1998).
- [<sup>vi</sup>] Hickey R.J., Bowers E.J., Spence D.E.,: *Low-level ionizing radiation and human mortality: multiregional epidemiological studies.* Health Physics 40: 625-641, 198. (1982)
- [<sup>vii</sup>] Bocchicchio F et al, *Annual average and seasonal variations of residential radon concentration for all the Italian Regions.* Radiation Measurements 40 (2005) 686-694
- [<sup>viii</sup>] ISS-ANPA, *Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni.* (1994)