



INDAGINE SUL **RADON**

IN PROVINCIA DI **RAGUSA**

rapporto finale
anni 2008-2012



**Libero Consorzio Comunale di
Ragusa**

già Provincia Regionale di Ragusa
10° Settore Geologia e Tutela Ambientale

Promozione

ARPA Sicilia

Libero Consorzio Comunale di Ragusa – già Provincia Regionale di Ragusa

Realizzazione

ARPA Sicilia – Direzione Generale (ST2 Monitoraggi – ST2.1 Agenti Fisici)– Palermo ⁽¹⁾
via S. Lorenzo, 312/G – 90146 Palermo
091-59.82.60 www.arpa.sicilia.it

ARPA Sicilia – Struttura Territoriale di Ragusa ⁽²⁾

viale Sicilia, 7 – 97100 Ragusa

0932-23.47.08 www.arpa.sicilia.it/strutture/struttura-territoriale-di-ragusa/

ARPA Sicilia – Struttura Territoriale di Catania ⁽³⁾

via Carlo Ardizzone, 35 – 95100 Catania

095-25.45.100 www.arpa.sicilia.it/strutture/struttura-territoriale-di-catania/

Libero Consorzio Comunale di Ragusa – già Provincia Regionale di Ragusa

Settore Geologia e Tutela Ambientale ⁽⁴⁾

via Giuseppe Di Vittorio, 175 – 97100 Ragusa

0932-67.55.22 www.provincia.ragusa.it/geologia

Pianificazione dell'indagine

Antonio CONTI ⁽¹⁾, Francesco BOCHICCHIO (Istituto Superiore di Sanità – responsabile Piano Nazionale Radon)

Gruppo di lavoro

Giuseppe ALESSANDRO⁽⁴⁾, Salvatore CASABIANCA⁽³⁾, Antonio CONTI⁽¹⁾, Carmelo LA COGNATA⁽²⁾
Carmelo MASSARI⁽²⁾, Rosario MINEO⁽⁴⁾, Maria Cristina REITANO⁽³⁾, Silvia TORMENE⁽²⁾

Misure di laboratorio

Salvatore CASABIANCA⁽³⁾, Maria Cristina REITANO⁽³⁾

Elaborazione dati

Salvatore CASABIANCA⁽³⁾, Antonio CONTI⁽¹⁾, Rosario MINEO⁽⁴⁾, Gennaro VENOSO (Istituto Superiore di Sanità)

Ringraziamenti

Per l'organizzazione dell'indagine nei Comuni coinvolti:

- i Sindaci e gli Assessori di competenza
- i funzionari comunali referenti per il progetto
- i dirigenti e i dipendenti di Ufficio Anagrafe, Ufficio Ambiente, Ufficio Tecnico, Ufficio Protezione Civile

Per la partecipazione e la collaborazione:

- gli abitanti estratti dagli Uffici Anagrafe Comunali
- i volontari aderenti all'indagine

Per la consegna, la collocazione e il ritiro dei dosimetri, e per la compilazione dei questionari:

- i dipendenti dei gruppi comunali di Protezione Civile (Acate, Giarratana, Monterosso Almo, Ragusa, Scicli)
- i volontari dei gruppi di Protezione Civile (Chiaramonte Gulfi, Comiso, Ispica, Modica, Pozzallo, Santa Croce Camerina, Vittoria)
- il Dipartimento Regionale della Protezione Civile per la provincia di Ragusa

© 2015

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

INDICE

PRESENTAZIONE	4
INTRODUZIONE	5
GENERALITÀ SUL RADON	6
<i>Cosa è il radon</i>	6
<i>Misura delle concentrazioni di radon</i>	6
<i>Rischi connessi all'esposizione al radon</i>	8
<i>Normativa in materia di radon</i>	8
LE CONOSCENZE SUL RADON	11
<i>Situazione in Italia ed in Sicilia</i>	11
<i>Piano Nazionale Radon e Piano Regionale Radon</i>	11
<i>Attività di misura svolte in Sicilia</i>	13
L'INDAGINE IN PROVINCIA DI RAGUSA	15
<i>Scopi dell'indagine</i>	15
<i>Modalità di estrazione dei siti di misura</i>	15
<i>Numeri dell'indagine</i>	16
<i>Distribuzione territoriale</i>	17
<i>Tempi dell'indagine</i>	19
<i>Dosimetri utilizzati - Tecniche di misura adoperate</i>	20
<i>Fasi di preparazione, formazione, comunicazione</i>	21
ELABORAZIONE DEI DATI	22
<i>Trattamento dei valori di concentrazione</i>	22
<i>Frequenza misure / classi concentrazione</i>	23
<i>Frequenza misure / piano posizione dosimetro</i>	24
<i>Concentrazione media / piano posizione dosimetro</i>	25
<i>Frequenza misure / anno costruzione edificio</i>	26
<i>Concentrazione media / anno costruzione edificio</i>	27
<i>Risultati complessivi per tutti i Comuni</i>	28
<i>Risultati in ogni Comune</i>	28
CONCLUSIONI	29
BIBLIOGRAFIA	30
ALLEGATI	32
<i>Allegato 1 - Questionario informativo</i>	32
<i>Allegato 2 - Pieghevole illustrativo</i>	37

PRESENTAZIONE

E' meritorio per il Libero Consorzio Comunale, già ex provincia regionale di Ragusa, questo lavoro conclusivo del progetto pilota di monitoraggio del radon nel territorio provinciale, condotto grazie alla preziosa collaborazione e sinergia tra questo Ente e A.R.P.A. Sicilia, i Dipartimenti Provinciali A.R.P.A. di Ragusa e Catania, i Comuni, il Dipartimento Regionale Protezione Civile per la provincia di Ragusa.

È un lavoro avviato già diversi anni fa, con attività mirate alla diffusione di una maggiore consapevolezza della popolazione ai rischi legati all'esposizione al radon: è stata organizzata nel 2008 una giornata di studi sul radon; sono stati distribuiti a tutti i Comuni dei materiali informativi sulle caratteristiche del radon e sugli obiettivi del progetto di rilevamento; sono stati realizzati incontri con gli abitanti coinvolti nel progetto; sono state avviate attività di formazione rivolta ai funzionari e agli operatori impegnati nella distribuzione dei rivelatori nelle abitazioni coinvolte; sono state illustrate le problematiche del radon agli studenti in visita didattica presso i laboratori del Settore Geologia e Tutela Ambientale; sono state redatte pagine informative all'interno del sito internet dell'Ente.

Esprimo pertanto piena soddisfazione per le conclusioni delle attività del progetto e per la presentazione dei risultati finali, che conferma l'attenzione che già da diversi anni questo Ente pone alle problematiche legate al rischio da esposizione al radon.

*Il Commissario straordinario del Libero Consorzio Comunale di Ragusa - già
Provincia Regionale di Ragusa*

dott. Dario Cartabellotta

Alla fine del 2008, sulla base delle indicazioni del "Piano Nazionale Radon" ARPA Sicilia redigeva il "Piano Regionale Radon" con lo scopo di valutare le concentrazioni di radon nelle abitazioni su tutto il territorio regionale. Tale progetto costituisce, in questo senso, la pianificazione della prima indagine regionale così estesa e con maggiore dettaglio rispetto alla precedente indagine nazionale del 1989.

La progettualità è stata resa possibile anche grazie all'utilizzo dei Fondi Europei che hanno consentito l'acquisizione della strumentazione necessaria.

Sia per la particolare attenzione con cui fu accolto il piano, dall'allora Provincia di Ragusa, sia in considerazione delle poche risorse disponibili, per potere affrontare con gradualità l'impegno, si decise di avviare -a partire dal territorio della Provincia di Ragusa- una parte del piano regionale, come "Progetto Pilota".

Va sottolineato che l'impegno dell'Agenzia è stato notevole, pur con le esigue risorse di personale a disposizione e che l'attività sinergica con la Provincia Regionale di Ragusa (che ha dimostrato da subito grande sensibilità alla problematica) si è rivelata fondamentale per il buon esito dell'indagine. Pertanto in conclusione ringrazio tutti gli operatori di ARPA Sicilia e della Provincia Regionale, l'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, l'Istituto Superiore di Sanità e quanti, a vario titolo, hanno dato il proprio contributo per la riuscita del progetto.

Il Direttore Generale di ARPA Sicilia

dott. Francesco Licata di Baucina

INTRODUZIONE

Alla fine del 2005, l'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente approvava il "Progetto della rete regionale di monitoraggio della radioattività ambientale" all'interno del quale era previsto l'impegno di ARPA Sicilia all'avvio delle operazioni di monitoraggio delle concentrazioni di radon in Sicilia. Grazie al progetto approvato, finanziato con fondi POR 2000-2006 è stato possibile acquisire la strumentazione necessaria alla realizzazione di indagini estese di concentrazioni di radon nelle abitazioni. A seguito di ciò è stato possibile predisporre un piano regionale di monitoraggio del radon.

Il **Piano Regionale Radon [3]** è stato elaborato da ARPA Sicilia e presentato nel 2010 presso l'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente che lo ha approvato, pubblicandolo anche sul proprio sito web ufficiale. Il Piano, in accordo con l'ISS - Istituto Superiore di Sanità, è volto ad attuare in Sicilia le azioni del **Piano Nazionale Radon [15]**, seguendone in maniera omogenea i criteri di massima, in modo da produrre dati che potranno essere armonicamente inseriti nel database nazionale.

Del Piano Regionale Radon è fatta menzione anche nel **D.A. n. 18 del 11.03.2010 [2]** "Istituzione del Tavolo tecnico per la prevenzione e la riduzione dei rischi connessi all'esposizione al gas radon", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana - G.U.R.S. n. 20 parte I del 23.04.2010.

Nell'ambito del Piano Regionale Radon è stato così avviato nel 2010 (come "progetto pilota") il monitoraggio delle concentrazioni di radon su tutto il territorio della provincia di Ragusa, con criteri omogenei a quelli del Piano Nazionale Radon ed in ottemperanza a quanto stabilito dal **D.Lgs. n. 241 del 26.05.2000 [12]** per l'individuazione delle "radon prone areas". Le concentrazioni di radon sono state misurate mediante rivelatori passivi posizionati all'interno di un campione statistico rappresentativo di oltre 400 abitazioni appartenenti ai 12 Comuni della provincia di Ragusa.

Questo rapporto, realizzato da ARPA Sicilia e dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa (già Provincia Regionale di Ragusa), completa le attività del suddetto "progetto pilota" e presenta i risultati conclusivi dell'indagine, insieme alla descrizione degli obiettivi prefissati e della metodologia adoperata. Sulla base dei dati sperimentali raccolti è stata valutata la dipendenza della concentrazione di radon dalla configurazione architettonica, dall'anno di costruzione degli edifici, dai materiali di costruzione utilizzati.

GENERALITÀ SUL RADON

Cosa è il radon

Il *radon* è un elemento chimico radioattivo gassoso appartenente alla famiglia dei cosiddetti *gas nobili o inerti*, con numero atomico 86. Esso è presente in natura con 26 isotopi che vanno da ^{199}Rn a ^{226}Rn ; in particolare, la maggiore importanza per la dose di radioattività naturale è da attribuirsi, per le sue modalità di decadimento, all'isotopo *radon 222* (^{222}Rn), appartenente alla famiglia radioattiva dell'*uranio 238* (^{238}U) che è presente -seppure in concentrazioni diverse- su tutta la crosta terrestre.

Il *radon 222*, una volta formatosi nel suolo e nelle rocce, raggiunge l'interfaccia materia-aria e, in quantità inferiore, l'interfaccia liquido-aria, liberandosi in seguito nell'atmosfera. Affinché si verifichi un rilascio efficiente di radon negli spazi d'aria presenti nel suolo, l'atomo di radon si deve formare nei primi 20-70 nm (milionesimi di millimetro) della superficie del minerale. Una volta formatosi, il radon si comporta diversamente a seconda che si trovi all'esterno o all'interno degli edifici:

- *all'esterno*, essendo un gas, si disperde rapidamente, per cui le sue concentrazioni sono basse;
- *all'interno*, invece, a causa del ridotto ricambio di aria (tanto più quanto migliore è la qualità dell'isolamento dell'edificio dall'esterno mediante infissi a tenuta), esso tende a concentrarsi.

Le più importanti sorgenti di radon all'interno degli edifici sono rappresentate dal suolo e dai materiali da costruzione; un contributo minore è dato dalle acque per uso domestico quando provengono da pozzi profondi situati in aree ad elevato contenuto di radioattività. Il gas contenente radon proveniente dal suolo penetra negli edifici attraverso le fondamenta, le fessure (anche microscopiche) dei muri e attraverso le canalizzazioni degli impianti (elettrici, idraulici e di scarico).

Sulla base di successivi studi più dettagliati, è stato mostrato che il meccanismo fondamentale che trasporta il gas dal suolo all'interno delle abitazioni è legato alla differenza di pressione tra l'ambiente interno e il suolo dovuta, principalmente, alla differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno degli edifici. Infatti il flusso determinato dalla differenza di pressione (movimento da un'area ad alta pressione verso una a bassa pressione) aumenta in inverno a causa del cosiddetto *effetto camino*, determinato dalla continua risalita di aria calda verso i piani alti. Tale risalita genera una depressione nei locali situati ai piani più bassi che favorisce l'aspirazione dell'aria (e del radon) dal suolo.

La media mondiale di concentrazione di radon indoor è di circa 40 Bq/m^3 [**WHO handbook on indoor radon [19]**], mentre all'aria aperta il radon si disperde rapidamente e non raggiunge quasi mai concentrazioni elevate.

Misura delle concentrazioni di radon

Per la valutazione della concentrazione di radon in aria, nel Sistema Internazionale si fa uso dell'unità di misura Bq/m^3 , (Bequerel su metro cubo)

che corrisponde ad un decadimento / trasformazione del radon in un metro cubo di aria per ogni secondo. Le misure di concentrazione di radon nell'aria all'interno degli edifici (*misure indoor*) sono generalmente espresse come *concentrazione media annuale*, in modo da confrontare questi valori con i livelli di azione definiti dalla normativa vigente e valutare di conseguenza l'eventuale superamento.

La concentrazione di radon indoor è infatti variabile nel tempo: tipicamente è più alta di notte e più bassa di giorno, più alta in inverno e più bassa in estate. A causa di queste variazioni, è opportuno quindi effettuare le misure di concentrazione di radon su un periodo molto lungo, pari ad un anno o a più periodi consecutivi della durata complessiva di un anno. Per questa ragione il rischio associato all'esposizione al radon è valutato attraverso la misura di *concentrazione media annuale*, ed i livelli di riferimento previsti dalla normativa sono espressi in termini di *concentrazione media annuale*.

Oltre la variabilità *nel tempo*, va considerata anche una variabilità *nello spazio*. Pertanto non è possibile estrapolare una misura di concentrazione di radon in un edificio per estenderla anche ad edifici adiacenti o vicini perché la concentrazione di radon presenta notevoli variazioni legate, oltre che alla tipologia di suolo su cui è costruito l'edificio, anche alla tipologia costruttiva dell'edificio, al tipo di ventilazione dell'edificio, alla presenza o meno di impianti di climatizzazione, alle abitudini degli abitanti, ecc.

Per la misura della concentrazione media di radon a lungo periodo, si utilizzano *rivelatori a tracce* (o *dosimetri*), tipo LR-115 oppure CR-39 (**Figura 1**), piccoli dispositivi dal basso costo, sensibili alle radiazioni alfa provenienti dal radon e dai suoi prodotti di decadimento, e facilmente posizionabili all'interno degli ambienti da misurare. In questi rivelatori le radiazioni alfa lasciano *tracce* invisibili che possono essere manifestate in laboratorio con un microscopio e dopo aver subito un trattamento di sviluppo chimico. Dal conteggio delle tracce si può risalire alla concentrazione media di radon nel periodo di esposizione del rivelatore.



Figura 1 _Foto di un rivelatore CR-39 disassemblato.

Rischi connessi all'esposizione al radon

La radioattività naturale negli ambienti chiusi, come abitazioni, uffici, scuole, altri edifici pubblici, ecc., rappresenta la maggiore fonte di esposizione dell'uomo alle radiazioni ionizzanti. L'insieme delle radiazioni naturali contribuisce a questa esposizione per oltre il 50% (a questa percentuale il solo radon contribuisce per più del 40%, **Figura 2**).

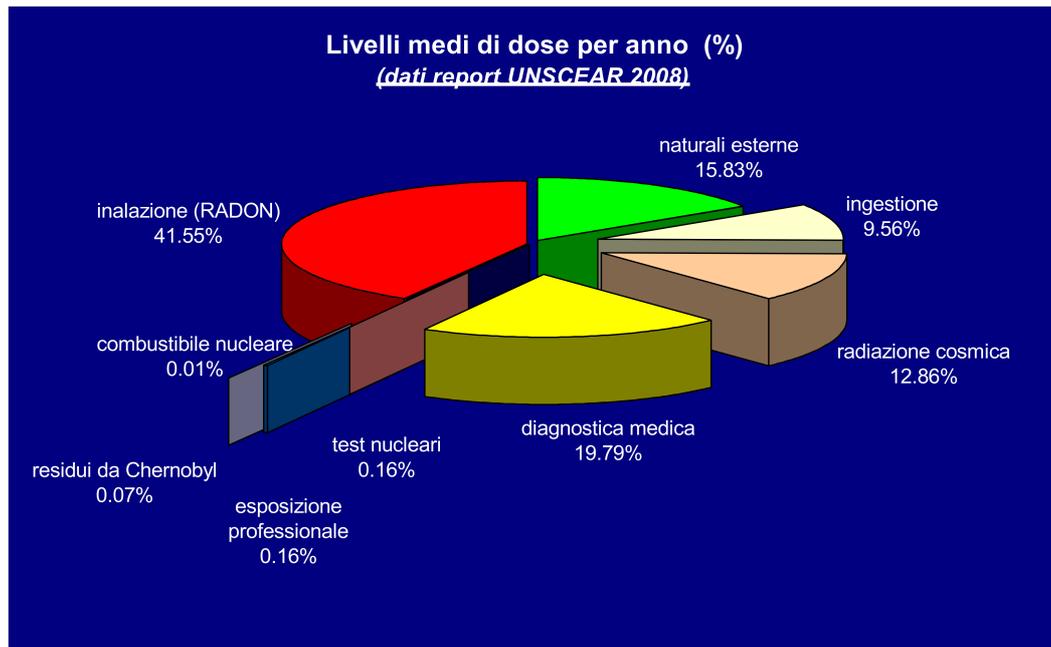


Figura 2_Componenti della radioattività. Elaborazione da **[UNSCEAR, 2008 [18]]**.

Da un punto di vista sanitario i prodotti di decadimento del radon, emettitori a vita media breve (*polonio 214* (^{214}Po) e *polonio 218* (^{218}Po)) di particelle alfa, sono i più pericolosi; pertanto nel seguito, parlando di radon, ci si riferisce anche e soprattutto ad essi.

Normativa in materia di radon

Sebbene fossero noti già da qualche tempo gli effetti dell'esposizione al radon sulla salute, solo a partire dagli anni 90 sono state pubblicate alcune raccomandazioni da parte dell'*ICRP - International Commission on Radiological Protection* nelle quali veniva suggerito di produrre delle carte per delineare le zone a rischio radon. La **pubblicazione ICRP n. 65 [14]**, per esempio, affrontava il problema del radon nei fabbricati (senza distinzione tra abitazioni e luoghi di lavoro). Le disposizioni *ICRP* sono alla base delle direttive dell'Unione Europea che devono essere recepite dagli Stati Membri nelle rispettive normative nazionali.

La **Raccomandazione della Commissione Europea CEC 90/143/Euratom del 21.02.1990 [6]** ai fini della tutela della popolazione contro l'esposizione al radon negli ambienti chiusi, raccomandava i livelli di riferimento di 400 Bq/m^3 e

200 Bq/m³ rispettivamente per gli edifici esistenti e per quelli in fase di progettazione.

A differenza di altri paesi europei, l'Italia non ha ancora adottato norme particolari per i livelli di radon nelle abitazioni. Il problema radon risulta regolamentato solo nei luoghi di lavoro con i decreti:

- **Decreto Legislativo n. 230 del 17.03.1995 [11]** (*Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti e 2009/71/Euratom, in materia di sicurezza nucleare degli impianti nucleari*): stabilisce un livello di riferimento per l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro pari a 500 Bq/m³;
- **Decreto Legislativo n. 241 del 26.05.2000 [12]** (*Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti*): stabilisce un livello di riferimento per l'esposizione al radon in ambienti di lavoro pari a 500 Bq/m³ ed impone di individuare le attività lavorative a rischio radon e di eseguire i relativi controlli nelle aree che hanno elevata probabilità di alte concentrazioni di radon, che devono essere individuate dalle Regioni ("radon prone areas");
- **Decreto Legislativo n. 257 del 09.05.2001 [10]** (*Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti*): per la prima volta è introdotta la problematica di esposizione alle radiazioni di origine naturale (attività svolte in tunnel, grotte, e tutti i luoghi dove è possibile esposizione a radiazioni gamma e al radon; attività su aerei e depositi di stoccaggio).

Per garantire una uniforme applicazione delle norme sul territorio nazionale, la *Conferenza dei Presidenti delle Regioni e Province autonome di Trento e Bolzano* ha approvato il 06.02.2003 le **Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei [8]**.

La *Conferenza Stato Regioni*, nell'accordo del 27.09.2001, ha redatto le **Linee guida per la tutela e promozione della salute negli ambienti confinati [9]**, che ha introdotto la necessità di predisporre un *Piano Nazionale Radon (PNR)* comprendente, fra l'altro, una proposta per la normativa di tutela dal radon negli ambienti di vita, le azioni di rimedio e di prevenzione per gli edifici, ed una regolamentazione dell'uso di particolari materiali da costruzione.

Nel 2002 il *Ministero della Salute* ha quindi istituito una commissione che ha predisposto il *Piano Nazionale Radon*, uno documento strategico da attuare nell'ambito delle azioni previste dal *Piano Sanitario Nazionale* che affrontava il problema dell'esposizione al radon sotto molteplici punti di vista. Nel 2005, viene affidata la realizzazione del *PNR* all'*ISS - Istituto Superiore di Sanità*. Le prime attività sono finanziate con un progetto ("Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia") del *CCM (Centro nazionale per il Controllo e la prevenzione delle Malattie)*.

Inoltre, le attività del *PNR* sono proseguite nel corso degli anni con altri due progetti finanziati dal *Ministero della Salute*, uno dei quali è tuttora in corso. Ulteriori informazioni sulle attività del *Piano Nazionale Radon* sono disponibili all'indirizzo internet www.iss.it/radon

Nel frattempo i principali organismi internazionali hanno emanato nuovi livelli di riferimento per limitare l'esposizione al radon nelle abitazioni. L'*Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO)*, rivalutando i rischi attribuibili all'esposizione al radon, derivati da recenti studi epidemiologici, raccomanda nel **WHO handbook on indoor radon [19]** che le nazioni tendano a raggiungere un livello di riferimento che risulti contenuto entro il valore di 100 Bq/m³.

Quando è superato il livello di riferimento per le abitazioni, i suddetti organismi internazionali raccomandano di realizzare interventi per ridurre la concentrazione di radon, ovvero di effettuare azioni di rimedio finalizzate a ridurre l'ingresso del radon nell'edificio e/o ad aumentare il ricambio dell'aria interna attraverso l'immissione di aria esterna (che contiene solitamente minime concentrazioni di radon). Alla luce di questi recenti aggiornamenti delle stime di rischio e dei livelli di concentrazione raccomandati, pertanto, la *Raccomandazione 90/143/Euratom* è da considerarsi ormai superata.

Anche sulla base di tali recenti raccomandazioni, il 17.01.2014 è stata pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea* la nuova **Direttiva 2013/59/Euratom [5]**, che abroga alcune precedenti direttive europee e nella quale, relativamente al radon, per la prima volta, vengono fissati i limiti di concentrazione di attività per la commercializzazione di materiali da costruzione, e viene richiesto che ciascuno Stato Membro attui un "piano nazionale radon" che comprenda disposizioni sia per le abitazioni sia per i luoghi di lavoro.

Diventa così obbligatorio, per tutti gli Stati dell'Unione Europea, dotarsi di un *piano nazionale radon* e predisporre le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla predetta Direttiva entro il termine ultimo del 06.02.2018. Nello specifico, la *Direttiva 2013/59/Euratom* stabilisce in 300 Bq/m³ il nuovo limite^(*) per le concentrazioni di radon (300 Bq/m³ inteso come valore di riferimento massimo di concentrazione di radon in un anno per qualsiasi fonte di radon: suolo, materiali da costruzione, acqua) in aria in ambienti chiusi.

Il limite riguarda tutti gli individui della popolazione (valido sia per abitazioni, sia per uffici) e non solo i lavoratori che rappresentano l'unica categoria interessata dalla attuale normativa italiana (D.Lgs 230/95 e 241/00, in precedenza illustrati).

Relativamente alle acque destinate ad uso potabile esiste la recente **Direttiva 2013/51/Euratom [7]**, che consiglia di intraprendere delle azioni correttive nel caso in cui si superi un livello limite di 1000 Bq/l.

(*) La precedente Raccomandazione 90/143/Euratom (soppressa dalla nuova Direttiva), raccomandava livelli di riferimento di 400 e 200 Bq/m³ rispettivamente per gli edifici esistenti e per quelli in fase di progettazione).

LE CONOSCENZE SUL RADON

Situazione in Italia ed in Sicilia

Le conoscenze sulla distribuzione del radon in Sicilia sono finora basate sui risultati della prima indagine nazionale (condotta tra il 1989 ed 1996), coordinata dall'*Istituto Superiore di Sanità* e dall'*ENEA/DISP* (ora *ISPRA*) e realizzata in collaborazione con gli Assessorati alla Sanità di tutte le Regioni italiane. L'indagine consentì di avere stime rappresentative dell'esposizione al radon della popolazione e interessò circa 5000 abitazioni, distribuite in tutte le regioni. A fronte di una media nazionale pari a 70 Bq/m^3 , emersero alcune criticità in Lazio, Lombardia, Friuli Venezia Giulia. In Sicilia, la media regionale (valutata su un campione di 337 abitazioni) è risultata essere pari a 35 Bq/m^3 **[Bochicchio, 1996 [4]]**.

Nel 4% delle abitazioni furono superate le concentrazioni di 200 Bq/m^3 e nell'1% dei casi 400 Bq/m^3 (tali limiti erano quelli della *Raccomandazione 90/143/Euratom*, ormai superata). La **Tabella 1** riporta i dati delle concentrazioni medie per ciascuna regione.

Tabella 1 Concentrazioni di radon medie per regione, secondo gli esiti della Campagna Nazionale del 1989-1998. Elaborazione da **[APAT, 2003 [1]]**.

regione / provincia autonoma	concentrazione ^{222}Rn (Bq/m^3) media aritm. \pm deviaz. standard	% abitazioni con concentrazione > 200 Bq/m^3	% abitazioni con concentrazione > 400 Bq/m^3
Piemonte	69 \pm 3	2,1	0,7
Valle D'Aosta	44 \pm 4	0	0
Lombardia	111 \pm 3	8,4	2,2
Provincia di Bolzano	70 \pm 8	5,7	0
Provincia di Trento	49 \pm 4	1,3	0
Veneto	58 \pm 2	1,9	0,3
Friuli Venezia Giulia	99 \pm 8	9,6	4,8
Liguria	38 \pm 2	0,5	0
Emilia Romagna	44 \pm 1	0,8	0
Toscana	48 \pm 2	1,2	0
Umbria	58 \pm 5	1,4	0
Marche	29 \pm 2	0,4	0
Lazio	119 \pm 6	12,2	3,4
Abruzzo	60 \pm 6	4,9	0
Molise	43 \pm 6	0	0
Campania	95 \pm 3	6,2	0,3
Puglia	52 \pm 2	1,6	0
Basilicata	30 \pm 2	0	0
Calabria	25 \pm 2	0,6	0
Sicilia	35 \pm 1	0	0
Sardegna	64 \pm 4	2,4	0
media pesata per la popolazione regionale	70 \pm 1	4,1	0,9

Piano Nazionale Radon e Piano Regionale Radon

Per ridurre il rischio di tumore polmonare associato all'esposizione al radon in Italia, il *CCM - Centro nazionale per il Controllo e la prevenzione delle Malattie* ha affidato all'*ISS - Istituto Superiore di Sanità* l'avvio del *PNR - Piano Nazionale Radon*. Il progetto del *CCM* include alcune delle azioni previste dal *PNR*, selezionate in modo da permettere comunque un avvio complessivo del piano. In particolare, il progetto *PNR-CCM* prevede:

- la valutazione dei rischi associati all'esposizione al radon;
- l'istituzione dell'archivio nazionale radon presso l'ISS;
- lo sviluppo delle indagini sulla distribuzione territoriale della concentrazione di radon negli edifici;
- la messa a punto e l'avvio di un piano di informazione della popolazione e di gruppi specifici;
- la produzione di linee guida;
- la predisposizione di adeguamenti normativi.

Il progetto *PNR-CCM* rappresenta quindi il primo stadio di realizzazione del *PNR*. Inoltre nel titolo del progetto *PNR-CCM* è stata aggiunta la finalità sanitaria del piano nel suo complesso, per esplicitarne sin dall'inizio l'obiettivo finale.

D'altra parte, se l'attenzione della popolazione alla possibile incidenza delle concentrazioni di radon sulla salute non è altissima, l'attenzione degli Organismi Nazionali e Internazionali è invece sempre crescente, come dimostra il fatto che, già da tempo, lo *IARC - International Agency for Research on Cancer* ha individuato in classe I ("agenti certamente cancerogeni per l'uomo") sia l'isotopo 222 del radon (^{222}Rn) sia i suoi figli **[IARC, 2001 [13]]** ed in Italia il *Ministero della Salute* considera la necessità di valutare e ridurre -ove fosse il caso- le concentrazioni di radon negli ambienti confinati: "*In analogia ad altri paesi europei, è necessario attuare un programma d'interventi a scala nazionale per ridurre l'esposizione al radon negli ambienti confinati, che preveda, tra l'altro, a scopo preventivo norme costruttive specifiche anti-radon per le nuove costruzioni, più stringenti nelle zone con maggiore presenza di radon, nonché norme per la limitazione dell'emissione di radon (e radiazione gamma) dai materiali da costruzione*" **[Ministero della Salute, 2006]**.

Già da tempo indicazioni sulla tutela della popolazione dal "rischio radon" erano previste dal precedente **Piano Sanitario Nazionale 2003-2005 [16]** e, infatti, sulla base di questo, il *Ministero della Salute* e il *CCM* avevano dato avvio, con il programma del 2004, al progetto di "*Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia*" la cui presentazione ufficiale è avvenuta nel mese di gennaio 2008 con il Primo Convegno Nazionale.

Le attività del *PNR* sono proseguite nell'ambito di altri due progetti finanziati dal *Ministero della Salute*, di cui uno in corso. Tali attività, coordinate dall'ISS, hanno coinvolto l'*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, ex-APAT)*, l'*Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro (ISPESL, ora INAIL)*, le Regioni (*ARPA* e Assessorati alla Sanità), nonché alcune Università.

Il *Piano Nazionale Radon* prevede un'attenta attività di monitoraggio e "mappatura" del radon in Italia volta alla conoscenza della distribuzione della concentrazione di radon sul territorio nazionale attraverso indagini territoriali. Nell'ambito del *PNR* si inserisce il *Piano Regionale Radon*, progetto di monitoraggio del radon condotto da *ARPA Sicilia* che prevede, complessivamente, il posizionamento di circa 6000 *rivelatori a tracce* (o *dosimetri*) in tutta la regione.

La seguente **Figura 3** illustra una bozza di distribuzione dei rivelatori secondo un criterio "casuale-geografico".

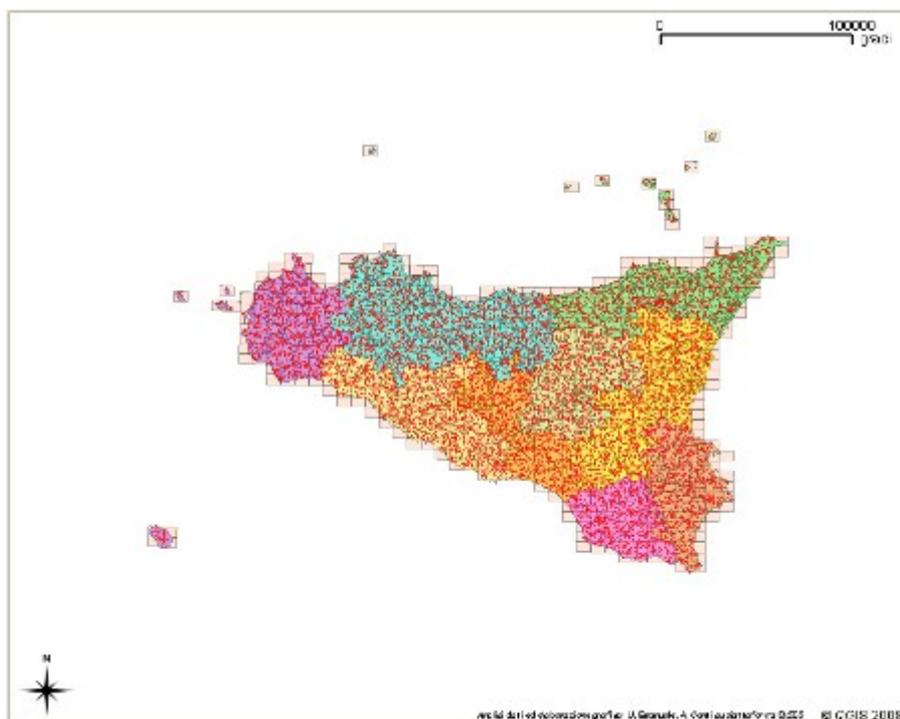


Figura 3 Ipotesi di distribuzione dei rivelatori secondo il Piano Regionale Radon. Tratto da **[Piano Regionale Radon [3]]**.

Il primo passo di questa attività di monitoraggio ha previsto, come “progetto pilota”, proprio il monitoraggio nella provincia di Ragusa, grazie anche ad una serie di collaborazioni con il *Libero Consorzio Comunale di Ragusa* (già *Provincia Regionale di Ragusa*) che ha mostrato sin dall’inizio grande sensibilità alla problematica.

Attività di misura svolte in Sicilia

Oltre all’indagine nazionale citata in precedenza, in Sicilia sono state svolte, in passato, alcune altre attività di misura:

- misure di concentrazione di radon a Trapani (1997/1998);
- misure di concentrazione di radon in ambienti di lavoro di tipo ospedaliero (n. 5 presidi ambulatoriali/ospedalieri), su richiesta della *Direzione Sanitaria della Azienda USL 6 di Palermo*;
- misure di concentrazione di radon in acqua:
 - 2003: partecipazione all’interconfronto promosso da *ENEA-AIRP*;
 - 2006, 2007: misure di concentrazione di radon in ambienti ipogei di aree naturali protette (obiettivi assegnati dall’*Assessorato Regionale di Territorio e Ambiente*). Per l’occasione è stata sviluppata una collaborazione con la *Provincia Regionale di Ragusa*;
- avvio della programmazione per le attività di mappatura radon (individuazione “*radon prone areas*” in Sicilia) in accordo alle indicazioni del *PNR*: acquisizione della strumentazione; studio della distribuzione georeferenziata dei dosimetri. Nel 2008 sono state effettuate alcune misure preliminari propedeutiche alla realizzazione della prima mappatura completa regionale.

Complessivamente sono stati posizionati dosimetri per le misure di concentrazione di radon in circa 140 siti (circa 80 siti della *Struttura Territoriale ARPA di Catania* e circa 70 siti della *Struttura Territoriale ARPA di Palermo*).

La seguente **Figura 4a** riporta le distribuzioni in frequenza delle concentrazioni di radon misurate dal laboratorio della *Struttura Territoriale ARPA di Catania* che ha effettuato un primo screening di misure di concentrazioni di radon su un intervallo temporale di tre mesi mentre la **Figura 4b** riporta le distribuzioni in frequenza delle concentrazioni di radon misurate dal laboratorio della *Struttura Territoriale ARPA di Palermo* che ha effettuato un analogo *screening* preliminare di misure di concentrazioni di radon su un intervallo temporale medio di circa un anno.

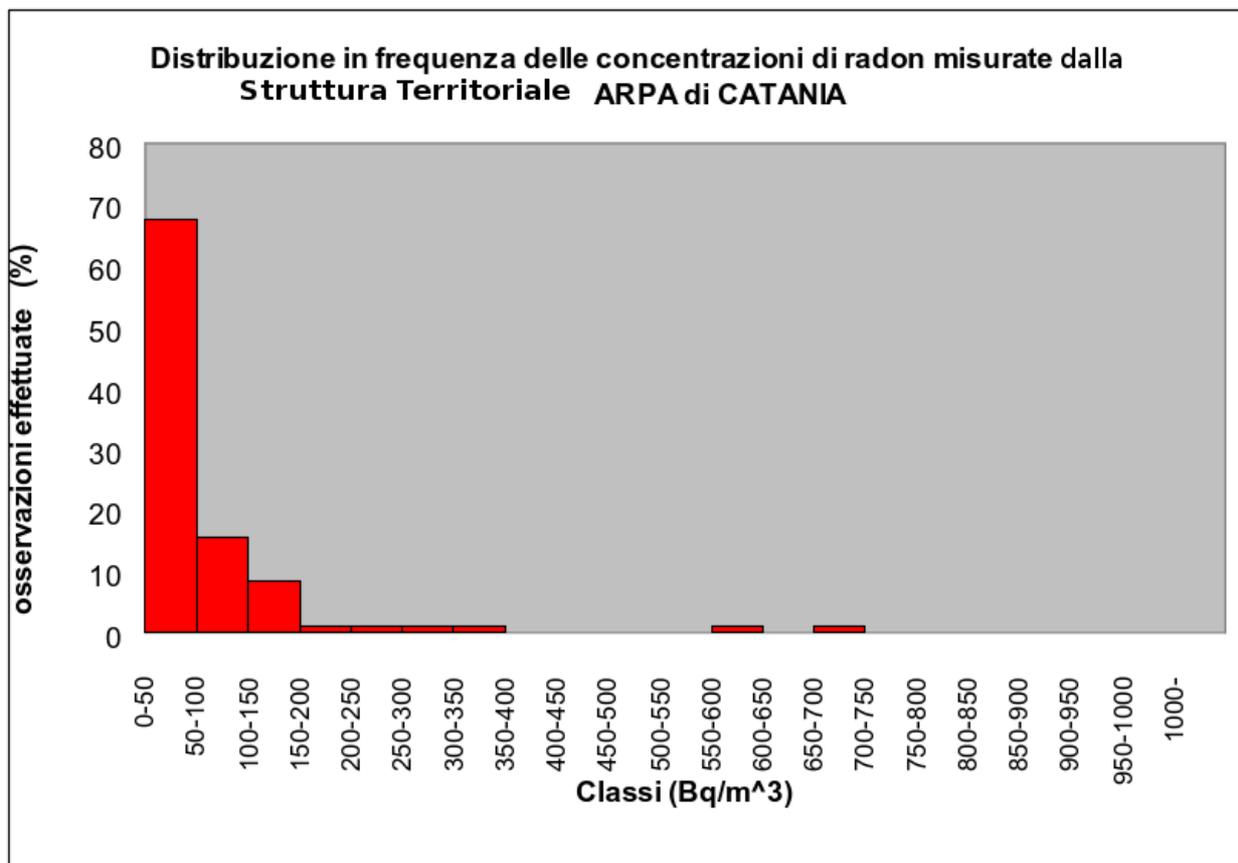


Figura 4a *Distribuzione in frequenza delle concentrazioni di radon misurate dal della Struttura Territoriale ARPA di Catania sul territorio di Catania [2009]*
- Tratto da [**Piano Regionale Radon [3]**].

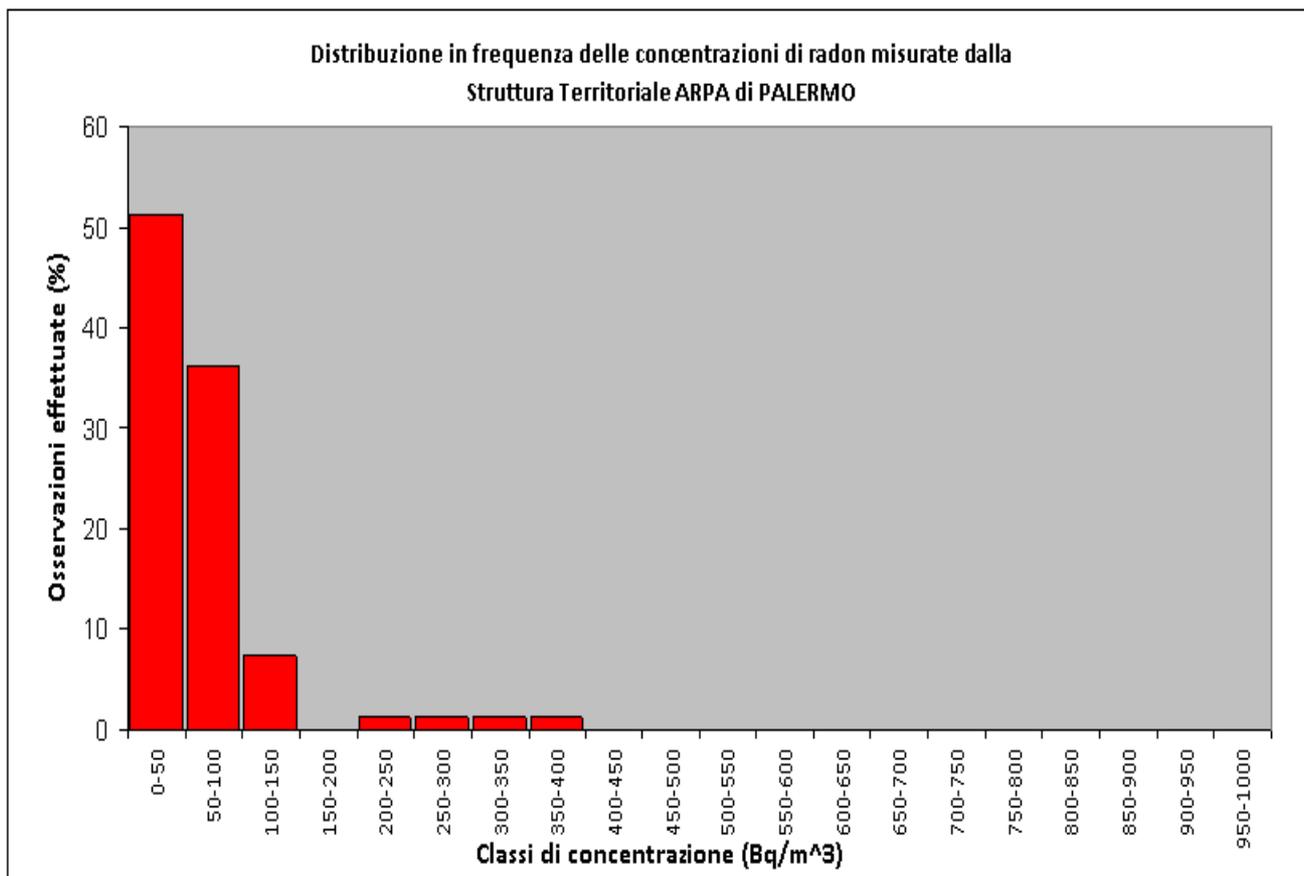


Figura 4b *Distribuzione in frequenza delle concentrazioni di radon misurate della Struttura Territoriale ARPA di Palermo su territorio eterogeneo (Palermo, Lampedusa, Pantelleria, Favignana, Marettimo, Lipari, Salina, Stromboli)[2008-2009].*

L'INDAGINE IN PROVINCIA DI RAGUSA

Scopi dell'indagine

L'indagine sulla concentrazione di radon nelle abitazioni della provincia di Ragusa si pone come obiettivo sia quello di avere una conoscenza sulla distribuzione territoriale della concentrazione di radon, sia quello di avviare - appunto come "progetto pilota"- l'indagine su tutto il territorio regionale.

In linea di principio un'indagine territoriale sulle concentrazioni di radon ha lo scopo di "conoscere", al fine di potere prevenire e/o risanare gli edifici o le abitazioni con livelli di concentrazioni di radon elevate, con l'obiettivo primario di tutelare la salute della popolazione. A questo proposito occorre però sottolineare che l'indagine non può esaurirsi in una unica campagna di misure, ma richiede approfondimenti ed affinamenti successivi nel corso degli anni per avere un quadro il più possibile ampio della reale concentrazione di radon negli edifici.

Fasi di preparazione, formazione, comunicazione

L'indagine è stata preceduta da una serie di attività finalizzate alla formazione degli operatori coinvolti nella campagna di misura ed all'informazione dei cittadini in merito alle modalità di esecuzione delle misure.

- Nel mese di ottobre 2008 è stata organizzata la giornata di studio "*La protezione del territorio dal radon: dal Piano Nazionale Radon alla realizzazione in Sicilia*", svoltasi presso la Sala Convegni del Palazzo della Provincia di Ragusa; sono stati presenti diversi interventi che hanno illustrato la natura del radon e quali problemi può comportare alla salute; tra i relatori era presente Francesco Bochicchio, responsabile del *Piano Nazionale Radon*.
- È stata avanzata ai Comuni la richiesta di designare un funzionario referente per le attività del progetto nell'ambito comunale.
- Tra i mesi di maggio e settembre 2009 sono state svolte riunioni con tutti i funzionari referenti per il Comune, durante le quali sono state effettuate le estrazioni casuali, dai database anagrafici comunali, delle abitazioni all'interno delle quali sarebbero stati posizionati i dosimetri per la rilevazione del radon (*campionamento anagrafico*); le abitazioni sono state estratte in numero circa doppio (rispetto ai dosimetri da posizionare) al fine di compensare eventuali rinunce da parte dei cittadini.
- Di concerto con i funzionari referenti comunali, è stato preparato un modello di lettera di invito alla collaborazione, da inviare ai nominativi estratti; le lettere hanno avuto la firma congiunta dell'assessore al Territorio, Ambiente e Protezione Civile, del direttore della Struttura Territoriale ARPA di Ragusa e del sindaco del Comune di pertinenza.

- È stato preparato un *questionario informativo* da somministrare ai residenti partecipanti all'indagine. Questo documento è riportato come **Allegato 1** a questo rapporto.
- È stato preparato il *pieghevole illustrativo "CONOSCERE IL RADON"*, distribuito in circa 1500 copie ai vari Comuni. Questo documento è riportato come **Allegato 2** a questo rapporto.
- Il Dipartimento Regionale della Protezione Civile per la provincia di Ragusa ha avviato contatti con gli operatori volontari coinvolti nella distribuzione dei dosimetri nei Comuni maggiori (Ragusa, Modica, Vittoria, Comiso);
- Nel mese di ottobre 2009 sono state realizzate dei momenti formativi per i funzionari referenti e per gli operatori volontari dei gruppi comunali di protezione civile coinvolti nella distribuzione dei dosimetri nei Comuni di pertinenza.
- Nel mese di ottobre 2009 i Comuni di Vittoria, Scicli e Santa Croce Camerina hanno convocato i cittadini selezionati per la partecipazione al progetto al fine di illustrare le caratteristiche dell'indagine.
- È stata data diffusione dell'avvio dell'indagine a mezzo stampa locale.
- È stata realizzata una pagina sul sito internet istituzionale del Settore Geologia e Tutela Ambientale della Provincia Regionale di Ragusa, trattante le tematiche del progetto, raggiungibile all'indirizzo <http://territorio.provincia.ragusa.it/geologia/pages/69/show>

Modalità di estrazione dei siti di misura

Le misure della concentrazione di radon della presente indagine sono state effettuate su un campione statistico rappresentativo di 429 abitazioni appartenenti ai 12 Comuni della provincia di Ragusa (**Tabella 2**).

Tabella 2 *Elenco dei Comuni partecipanti all'indagine e numero di abitazioni coinvolte in ogni Comune.*

comuni coinvolti	abitanti (Istat 2011)	n. abitazioni previsto	n. abitazioni coinvolte
Acate	10.192	11	16
Chiaromonte Gulfi	8.297	10	12
Comiso	30.569	36	43
Giarratana	3.158	4	6
Ispica	15.573	18	10
Modica	55.328	65	86
Monterosso Almo	3.191	4	8
Pozzallo	19.378	22	26
Ragusa	74.018	87	113
Santa Croce Camerina	10.160	12	15
Scicli	26.550	31	36
Vittoria	63.589	74	58
totale	320.003	374	429

Per la scelta dei siti di campionamento è stato seguito il criterio dell'*estrazione casuale anagrafica*, utilizzando sia i sistemi di estrazione casuale già in dotazione presso gli uffici anagrafe dei singoli Comuni, sia un software opportunamente realizzato (*EsCa - Estrazione Casuale, @ ARPA Sicilia*) per la estrazione casuale di n nominativi dal numero totale di famiglie (N) residenti

nel Comune. Il risultato finale è dato dall'elenco di n numeri casuali compresi tra 1 e N , associati ad n famiglie residenti nel territorio del Comune considerato.

Il numero *previsto* di famiglie da estrarre a sorte in ogni Comune (barre rosse in **Figura 5**) è stato scelto in modo da essere proporzionale al numero di abitanti del Comune (barre verdi in **Figura 5**). Per la precisione, è stato estratto un numero di famiglie, e quindi di abitazioni, circa doppio rispetto a quello previsto, in modo da potere coprire eventuali rifiuti o rinunce alla partecipazione all'indagine.

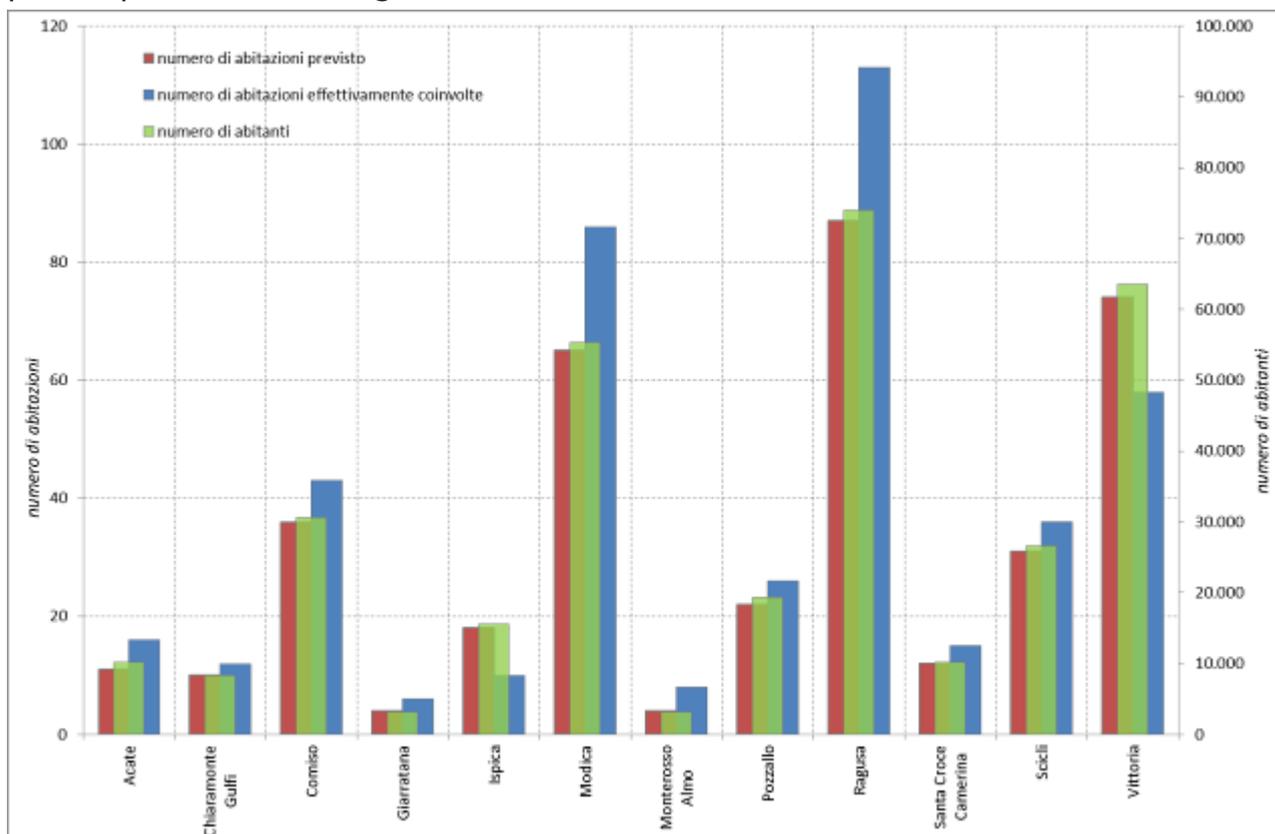


Figura 5 Distribuzione dei dosimetri rispetto al numero di abitanti, per tutti i Comuni della provincia di Ragusa.

Il numero di famiglie *effettivamente* estratte dalle anagrafi comunali è stato lievemente differente rispetto a quello *teorico* riportato in **Figura 5**. Ciò è stato dettato in parte da ragioni di opportunità tecniche, in parte da ragioni di opportunità strategiche, in considerazione del fatto che si trattava della prima indagine correlata al *Piano Regionale Radon*. In alcuni casi ci sono state richieste da parte dei Comuni per ulteriori adesioni da inserire nell'indagine, mentre in altri casi è stato difficoltoso "convincere" i nominativi estratti ad ospitare un dosimetro.

Numeri dell'indagine

La **Tabella 3** mostra un riepilogo del numero di dosimetri utilizzati nell'indagine, relativamente ad ogni Comune, ed in ogni semestre. In sintesi:

- Le abitazioni estratte complessivamente nei 12 Comuni sono state **429**.
- I dosimetri distribuiti nei due semestri nei 12 Comuni stati **825**.

- Di questi ultimi, a causa di perdite, quelli effettivamente ricevuti ed analizzati dai laboratori ARPA sono stati **784**.

Infine, sono stati considerati i soli valori di dosimetri esposti durante semestri "attendibili" (vedi oltre). I valori di concentrazione inferiori alla *minima concentrazione rivelabile* (pari a 10 Bq/m³ per la tecnica di misura utilizzata) sono stati considerati -ai fini del calcolo- pari al valore della minima concentrazione rivelabile.

Se presenti due valori di concentrazione per ciascuno dei due semestri, questi sono stati mediati. Nei casi in cui non era disponibile un valore di concentrazione per uno dei due semestri di misura, si è utilizzato un fattore "stagionale" per la concentrazione del semestre "mancante", ricavato dai dati presenti.

Nei casi in cui la durata del primo periodo di esposizione sia stata molto diversa dalla durata del secondo periodo, si è effettuata la media delle concentrazioni, pesata per la diversa durata dell'esposizione.

Tabella 3 _Numero di dosimetri installati nei Comuni.

		ACATE	CHIARAMONTE GULFI	COMISO	GIARRATANA	ISPICA	MODICA	MONTEROSSO ALMO	POZZALLO	RAGUSA	SANTA CROCE CAMERINA	SCICLI	VITTORIA	TOTALE
ABITAZIONI COINVOLTE		16	12	43	6	10	86	8	26	113	15	36	58	429
DOSIMETRI DISTRIBUITI (D)	1 SEM	16	12	44	7	10	86	10	27	129	15	36	65	457
	2 SEM	16	12	44	7		86	10	27	129	15	36	65	368
	TOTALE	32	24	88	14	10	172	20	54	258	30	72	130	825
DOSIMETRI RICEVUTI (R)	1 SEM	16	12	42	7	10	84	10	26	118	13	25	62	425
	2 SEM	16	10	40	7		74	9	14	101	13	35	40	359
	TOTALE	32	22	82	14	10	158	19	40	219	26	60	102	784
DOSIMETRI SMARRITI (D-R)	N	0	2	6	0	0	14	1	14	39	4	12	28	41
	%	0	8	7	0	0	8	5	26	15	13	17	22	5
ABITAZIONI MISURATE		16	10	43	6	10	74	8	26	112	13	35	58	411

Distribuzione territoriale

Di seguito si riportano due immagini della distribuzione dei dosimetri posizionati nelle abitazioni del territorio della provincia di Ragusa (**Figura 6**) ed il dettaglio sulla città di Ragusa (**Figura 7**).

Questo tipo di campionamento (anagrafico) produce un insieme di siti di misura i quali, per la natura casuale del campionamento, si addenseranno laddove vi è una maggiore densità di popolazione; esso consente un'analisi più accurata nelle zone ad elevata densità di popolazione mentre risulta carente l'informazione relativa alle aree meno densamente abitate.

Il campionamento "geografico" è invece una metodologia studiata per individuare un insieme di siti di misura distribuiti in maniera pressoché uniforme sul territorio. È basato sull'utilizzo delle tecnologie di gestione dell'informazione geografica (GIS). Il campionamento casuale di un'abitazione

in una cella di dimensioni 7x5 km, per esempio, produce una distribuzione dei siti di misura che non privilegia nessuna area rispetto alle altre ma copre tutto il territorio indiscriminatamente, consentendo correlazioni di tipo geologico a posteriori.

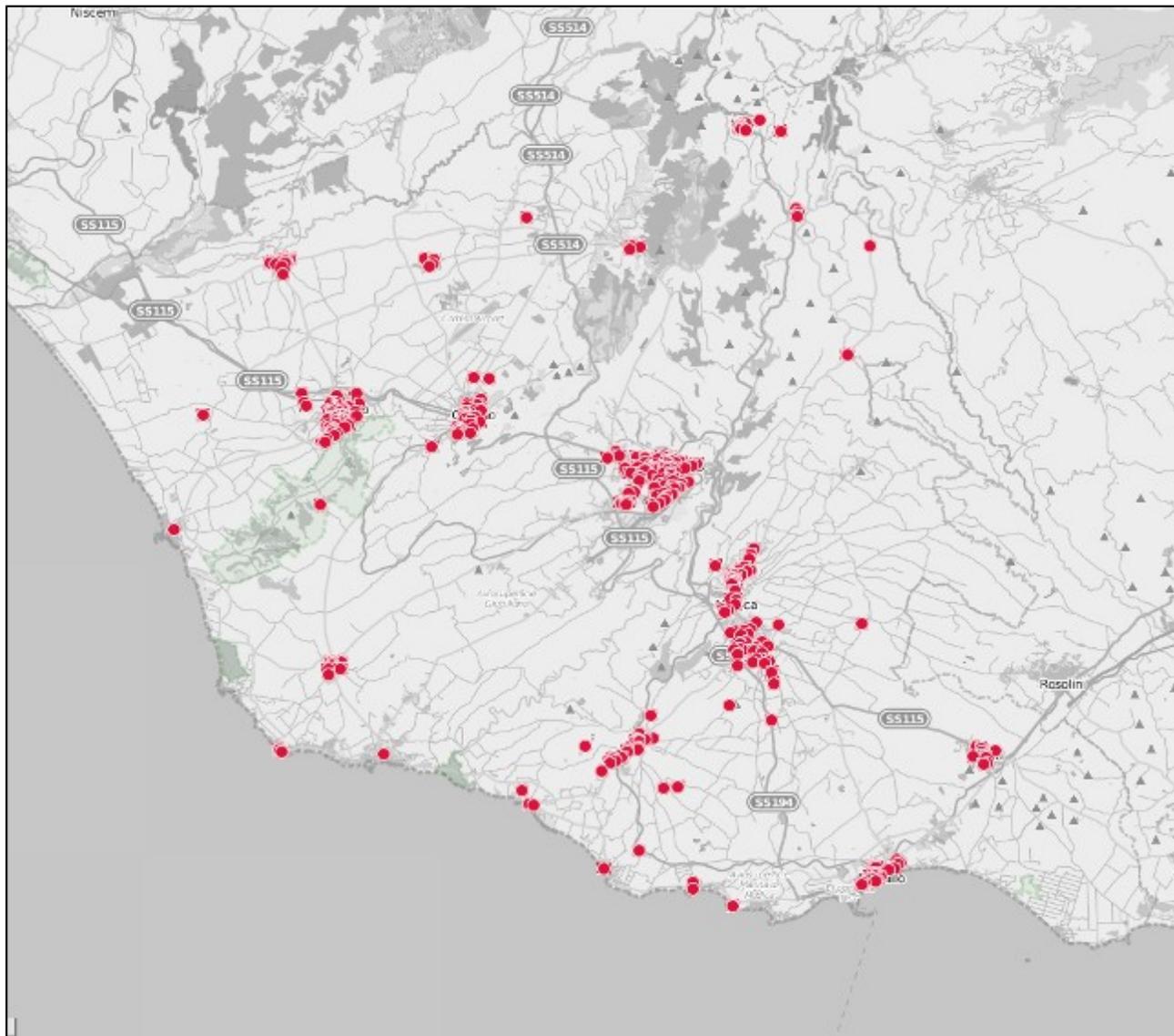


Figura 6 *Distribuzione dei dosimetri nelle abitazioni del territorio della Provincia di Ragusa. Elaborazione da <http://umap.openstreetmap.fr>*

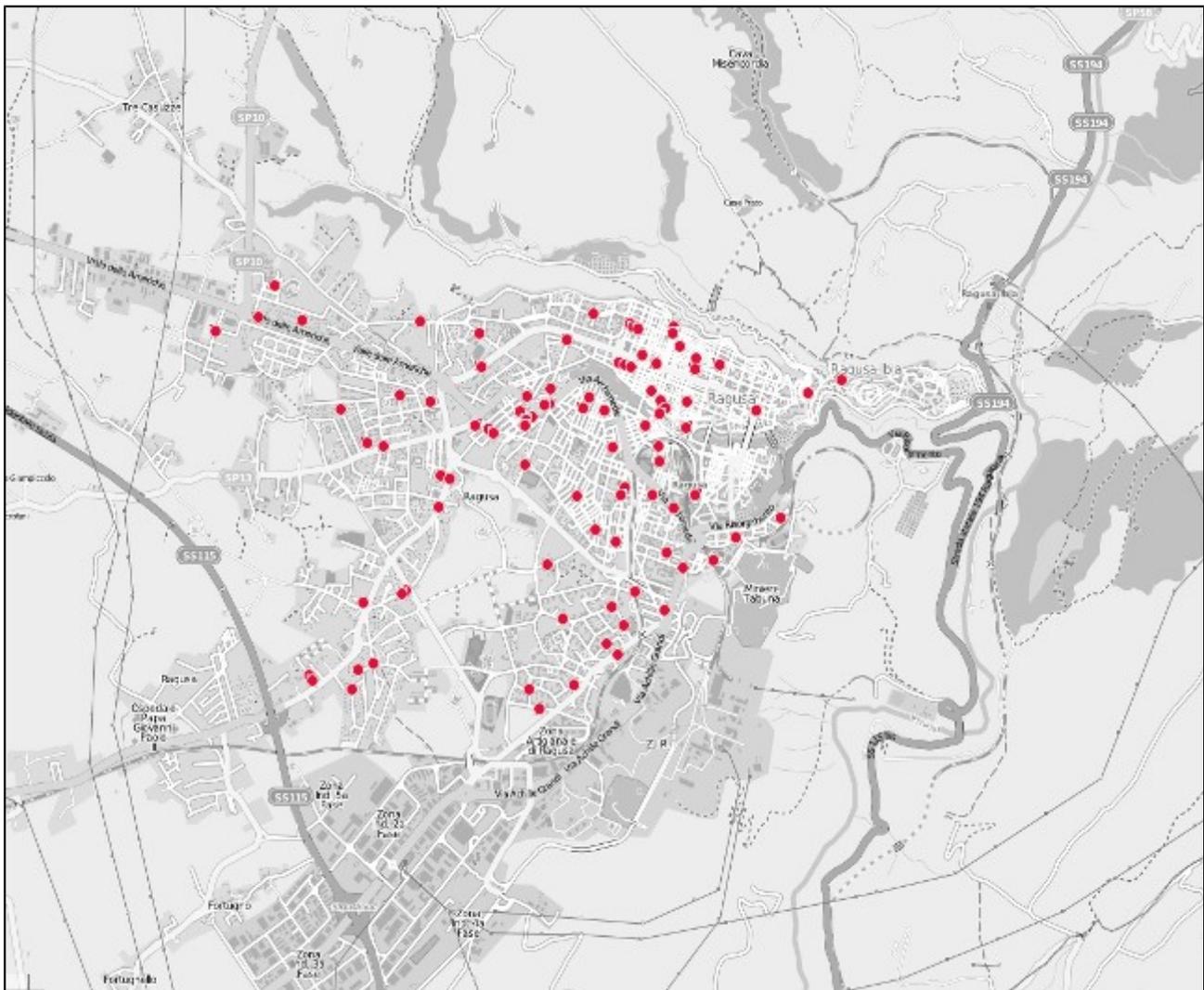


Figura 7 Dettaglio della distribuzione dei dosimetri nelle abitazioni della città di Ragusa. Elaborazione da <http://umap.openstreetmap.fr>

Tempi dell'indagine

A causa dell'elevata variabilità stagionale delle concentrazioni di radon, si è scelto di installare, presso ogni abitazione estratta, una coppia di dosimetri, ovvero un dosimetro per il semestre autunno-inverno, ed un altro per il semestre primavera-estate.

Risulta infatti problematico installare un solo dosimetro per la durata complessiva di un anno solare, come previsto dalla normativa, in quanto i dosimetri CR-39 soffrono di fenomeni di *saturation* -nonché di *ageing* (invecchiamento) e *fading* (attenuazione)- quando esposti per lungo tempo.

A causa di problematicità operative e logistiche legate alla difficoltà di avviare le operazioni di misura contemporaneamente nei 12 Comuni, ci sono stati sensibili sfasamenti rispetto a quanto originariamente previsto. Inoltre, in alcuni casi si sono verificate perdite dei dosimetri, mentre in altri casi la consegna degli stessi è avvenuta con notevole ritardo rispetto al periodo di sei mesi individuato come ottimale, da un punto di vista tecnico, in considerazione della tecnica di misura adottata. I dosimetri con tempi di esposizione maggiori del tempo canonico sono stati espunti dall'analisi dei risultati.

Dosimetri utilizzati - Tecniche di misura adoperate

Come già detto, nelle abitazioni estratte le misure di concentrazione di radon sono state effettuate con *rivelatori a tracce* con elemento sensibile in CR-39, il quale, dopo essere estratto dalla camera di diffusione (vedi **Figura 1**), subisce un trattamento di sviluppo chimico per evidenziare le tracce nucleari (**Figura 8**). Il conteggio delle tracce con un sistema automatico di lettura delle tracce (**Figura 9**) permette di risalire alla concentrazione media di radon nel periodo di esposizione del rivelatore.

L'incertezza associata alle misure è mediamente del 30%.



Figura 8 *Bagno chimico per i dosimetri CR-39.*



Foto: M.C.Reitano

Figura 9 *Sistema di lettura automatica dei dosimetri CR-39 per valutare la concentrazione di radon.*

ELABORAZIONE DEI DATI

Trattamento dei valori di concentrazione

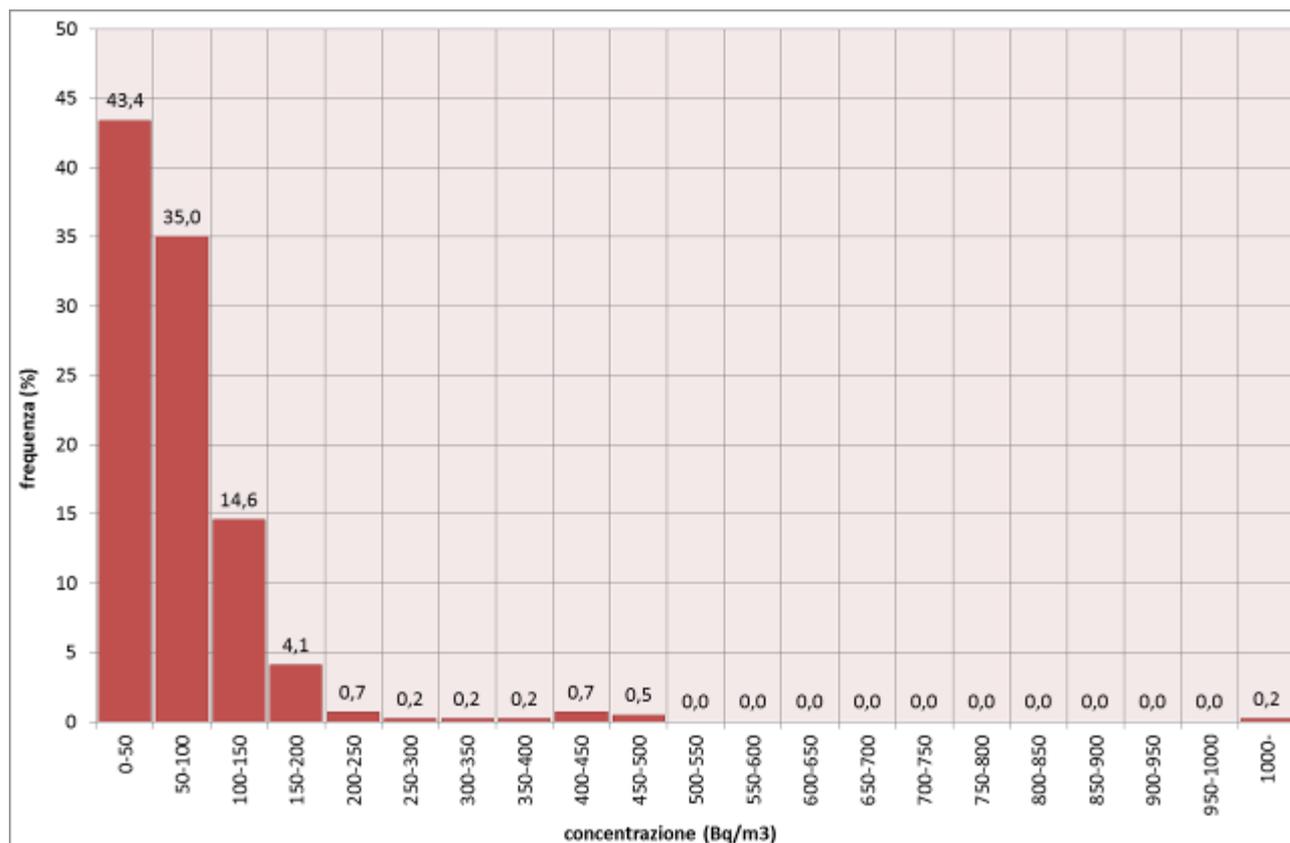
Come mostrato nella precedente **Tabella 3**, i 784 valori di concentrazione di radon registrati da altrettanti dosimetri sono stati trattati nel seguente modo:

- innanzitutto, i valori inferiori ad una soglia prefissata pari a 10 Bq/m^3 , considerata come *minima concentrazione rivelabile* che il dosimetro può registrare, sono stati corretti e portati a 10 Bq/m^3 ;
- successivamente, con l'applicazione di fattori di correzione stagionali, sono stati rivisti i valori di concentrazione registrati in semestri protratti eccessivamente, che hanno portato a fenomeni di *saturation* delle tracce nel rivelatore e quindi ad una significativa riduzione dei valori di concentrazione registrati dai dosimetri;
- infine, i valori di concentrazione relativi ad una stessa abitazione sono stati mediati, in modo da trattare un valore di concentrazione univoco per ogni abitazione.

Questo processo di trattamento ha portato alla definizione di 411 valori di concentrazione per altrettante abitazioni. Con questi valori, complessivamente per tutti i Comuni e poi singolarmente per ogni Comune, sono stati valutati:

- *media aritmetica*,
- *valore massimo*,
- *valore minimo*,
- *distribuzione statistica delle concentrazioni*.

e sono stati realizzati i grafici presentati nelle pagine a seguire.

Frequenza misure / classi concentrazione**Figura 10** *Distribuzione in frequenza delle concentrazioni.*

Come si può vedere dalla distribuzione in frequenza (**Figura 10**), la maggior parte delle concentrazioni misurate (97%) si attesta su valori inferiori a 200 Bq/m³. Ben poche misure superano il livello di concentrazione di 300 Bq/m³; per le abitazioni interessate da questi valori sono in corso misure di approfondimento con rivelatori di tipo attivo.

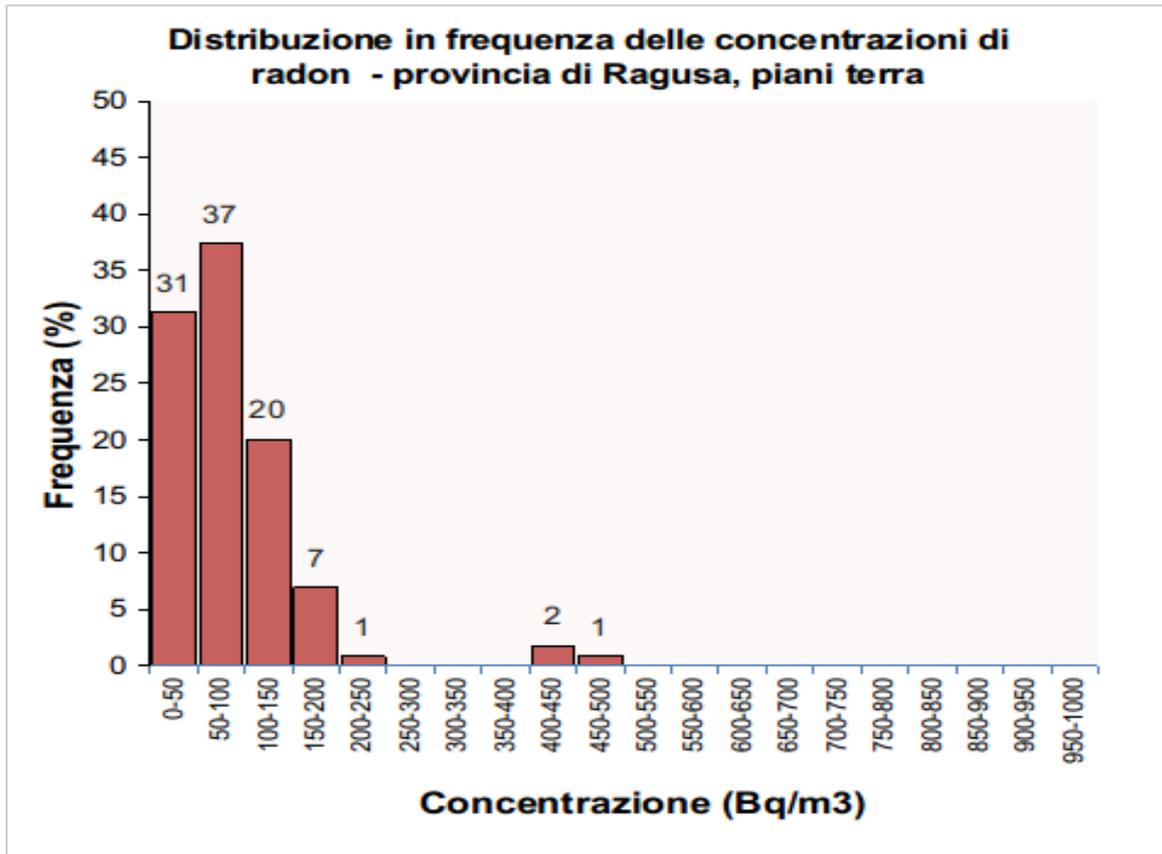


Figura 10_bis *Distribuzione in frequenza delle concentrazioni. Solo piani terra.*

La distribuzione in frequenza delle concentrazioni nei piani terra (**Figura 10_bis**) mostra che la classe di concentrazione “0-50” Bq/m³ è meno popolata della classe “50-100” Bq/m³, al contrario di quanto si osserva nella distribuzione complessiva degli edifici, riportata in figura 10.

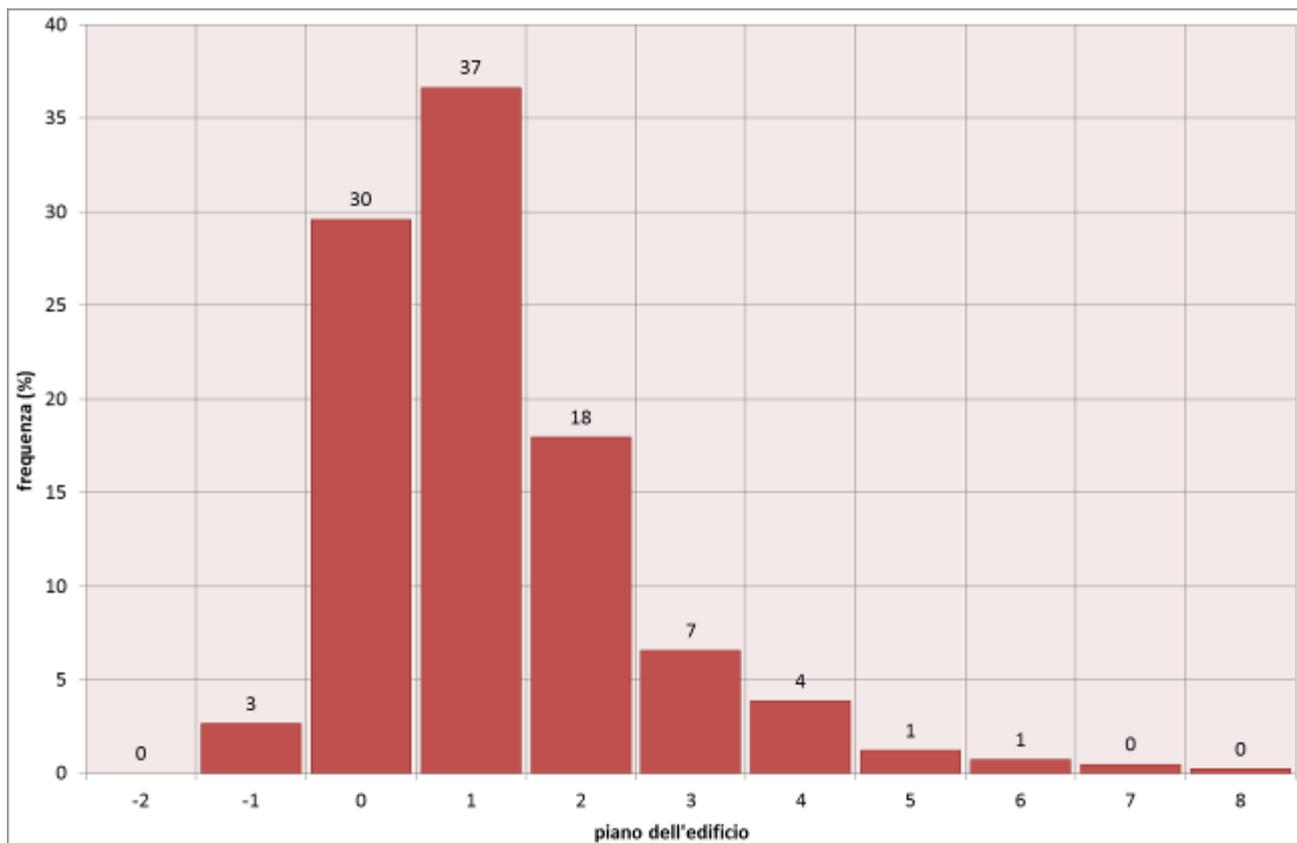
Frequenza misure / piano posizione dosimetro

Figura 11 *Distribuzione in frequenza del numero di abitazioni coinvolte in funzione del piano abitativo.*

La **Figura 11** mostra la distribuzione in frequenza del numero di abitazioni coinvolte, in funzione del piano dell'edificio presso cui è stata effettuata la misura. La distribuzione mostra un andamento abbastanza regolare tra i vari piani.

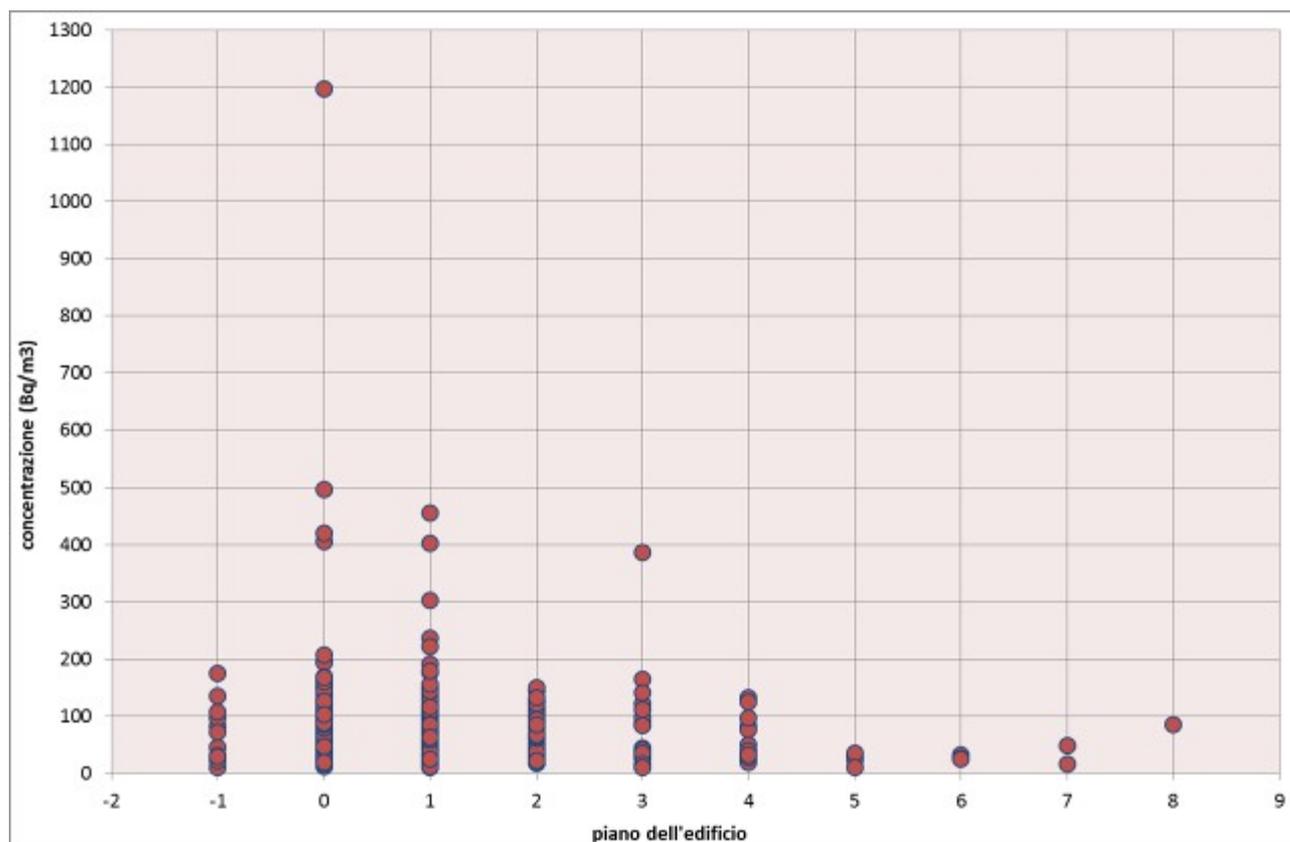
Concentrazione media / piano posizione dosimetro

Figura 12. Distribuzione dei valori di concentrazione media di radon in funzione del piano dell'edificio.

L'analisi della concentrazione in funzione del piano abitativo in cui sono stati esposti i dosimetri (**Figura 12**) mostra che le concentrazioni, anche nella distribuzione di vari piani degli edifici coinvolti, si attestano prevalentemente in un range di valori entro i 200 Bq/m³, se si eccettuano pochi valori marcatamente fuori da questo intervallo. Una lieve flessione sotto i 100 Bq/m³ si può notare per le concentrazioni misurate nei piani dal 5° in su.

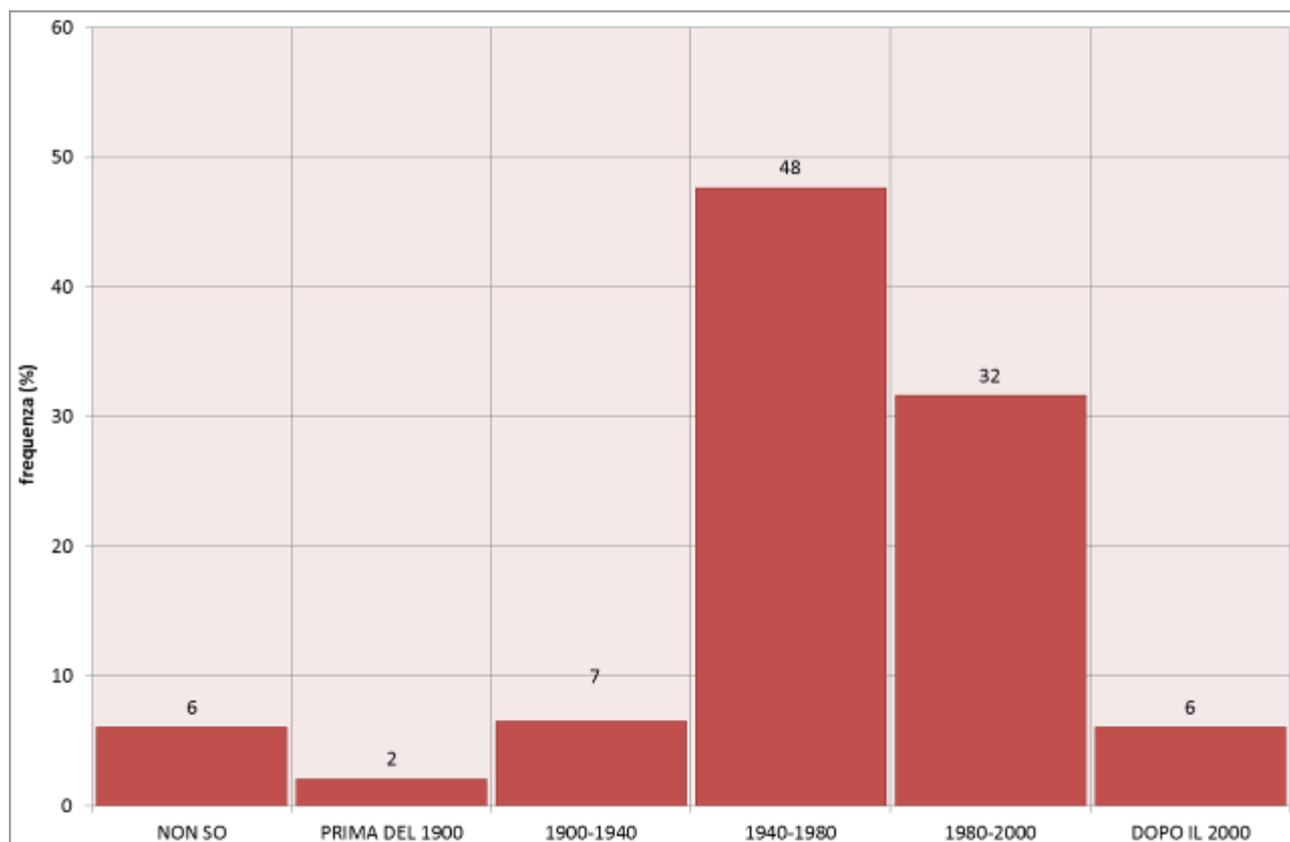
Frequenza misure / anno costruzione edificio

Figura 13 *Distribuzione in frequenza del numero di dosimetri in funzione dell'anno di costruzione dell'edificio.*

Per quanto riguarda la variabilità dei dati delle concentrazioni in funzione dell'anno di costruzione dell'edificio si può affermare che, ancora una volta, il procedimento di estrazione casuale ha confermato il risultato atteso di buona variabilità del numero di abitazioni coinvolte in funzione dell'anno di costruzione (**Figura 13**).

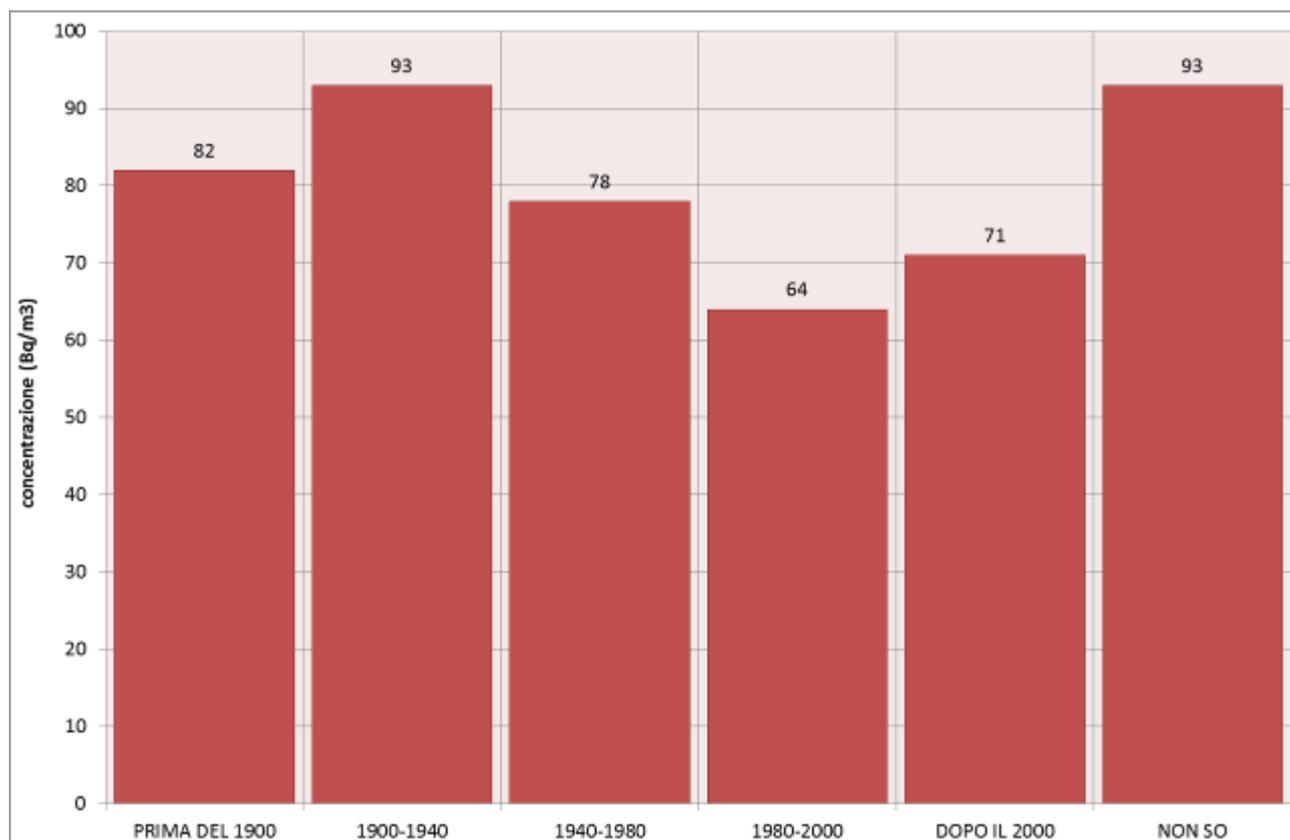
Concentrazione media / anno costruzione edificio

Figura 14 Concentrazione media annuale nelle abitazioni in funzione dell'anno di costruzione dell'edificio. "NON SO" è riferito alle abitazioni delle quali non è stata fornita l'informazione relativa l'anno di costruzione.

La **Figura 14** riporta la media aritmetica delle concentrazioni per anno di costruzione. La variabilità del dato, non evidenziabile dal grafico, è - comunque- elevata, come si può dedurre dai dati dei valori massimi e minimi riportati nella sottostante **Tabella 4**. La dicitura "NON SO" è riferita al fatto che per alcune costruzioni non è stato possibile ricevere l'informazione relativa all'anno di costruzione, perché non nota agli stessi abitanti.

Dai dati in esame non si evidenziano differenze particolarmente significative tra le concentrazioni medie per i vari anni di costruzione.

Tabella 4 Valori medi, minimi e massimi della concentrazione in funzione dell'anno di costruzione.

anno di costruzione	concentrazione media (Bq/m³)	concentrazione minima (Bq/m³)	concentrazione massima (Bq/m³)
< 1900	82	21	175
1900-1940	93	14	222
1940-1980	78	11	1197
1980-2000	64	10	455
> 2000	71	12	170
NON SO	93	10	406

Risultati complessivi per tutti i Comuni

La distribuzione complessiva delle concentrazioni di radon per tutti i Comuni coinvolti è riportata in **Tabella 5**.

Tabella 5 *Distribuzione complessiva delle concentrazioni di radon per tutti i Comuni.*

media aritmetica	75	Bq/m ³
valore massimo	1197	Bq/m ³
valore minimo	10	Bq/m ³
% concentrazioni > 100 Bq/m ³	24	%
% concentrazioni > 300 Bq/m ³	2	%

Risultati in ogni Comune

Nella **Tabella 6** sono riportati i dettagli dei parametri che rappresentano la distribuzione delle concentrazioni di radon misurate nella provincia di Ragusa, riportate per singolo Comune.

Oltre ai valori medi, minimi e massimi, sono riportate le percentuali di abitazioni in cui le concentrazioni sono comprese tra 100 e 300 Bq/m³ e le percentuali di abitazioni in cui le concentrazioni superano il valore di 300 Bq/m³. La scelta di questi valori come riferimento riprende quanto illustrato all'inizio a proposito degli aspetti normativi, avendosi come valore di "massima cautela" il valore di 100 Bq/m³ suggerito dall'*OMS-WHO* e il valore di 300 Bq/m³ indicato dalla recente direttiva europea 2013/59/Euratom, in considerazione: a) del fatto che allo stato attuale tale direttiva è l'unico riferimento aggiornato che suggerisca dei valori limite per le abitazioni; b) del fatto che tale documento sarà a breve recepito dalla normativa italiana.

Tabella 6 *Distribuzione delle concentrazioni di radon per i singoli Comuni.*

comune	numero abitazioni coinvolte	media aritmetica (Bq/m³)	valore massimo (Bq/m³)	valore minimo (Bq/m³)	% abitaz. con 100 < C < 300 Bq/m³	% abitaz. con C > 300 Bq/m³
Acate	16	83	120	63	25%	0%
Chiaromonte Gulfi	10	96	136	39	20%	0%
Comiso	43	73	497	18	0%	9%
Giarratana	6	23	45	14	0%	0%
Ispica	10	110	506	29	20%	10%
Modica	74	86	303	31	26%	1%
Monterosso Almo	8	55	177	24	25%	0%
Pozzallo	26	132	177	95	96%	0%
Ragusa	112	45	225	10	9%	0%
Santa Croce Camerina	13	62	161	34	15%	0%
Scicli	35	138	1197	29	29%	6%
Vittoria	58	58	106	11	2%	0%

CONCLUSIONI

Nel 2010 è stato avviato il **Piano Regionale Radon [3]** per la mappatura delle concentrazioni di radon sull'intero territorio siciliano. Il primo atto di questo percorso è stato l'avvio di un "progetto pilota" per il monitoraggio delle concentrazioni di radon in provincia di Ragusa.

Nell'ambito di tale piano sono stati quindi posizionati 825 dosimetri (distribuiti su due semestri di misura) su tutto il territorio della provincia di Ragusa, per un totale di 429 abitazioni coinvolte.

In riferimento alle raccomandazioni dell'*Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO)* che, nel **WHO handbook on indoor radon [19]**, suggerisce un livello di riferimento che risulti contenuto entro il valore di 100 Bq/m^3 (o - comunque - non superiore a 300 Bq/m^3), le analisi indicano un superamento di questo valore nel 24% del totale delle abitazioni.

In riferimento alla nuova **Direttiva 2013/59/Euratom [5]**, che definisce un livello di riferimento per la concentrazione media annua di radon non superiore a 300 Bq/m^3 negli ambienti di lavoro e nelle abitazioni, questo valore viene superato solo in 8 abitazioni, pari a circa il 2% del totale.

In pochissimi casi (4) il valore di concentrazione raggiunge livelli particolarmente elevati (superiori a 500 Bq/m^3); questi casi sono oggetto di ulteriori indagini e approfondimenti.

La quasi totalità delle misure (97%) rimane al di sotto del valore di 200 Bq/m^3 ; entro questi *range* di valori le misure sono distribuite in maniera abbastanza uniforme.

BIBLIOGRAFIA

I collegamenti a documenti reperibili su internet sono stati verificati alla data del 30 settembre 2015.

1. **APAT Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici**
Annuario dei Dati Ambientali - Edizione 2003 // 2003.
<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/annuario-dei-dati-ambientali-edizione-2003>
2. **Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente**
D.A. n. 18 del 11.03.2010 // G.U.R.S. n. 20 parte I del 23.04.2010 // 2010.
<http://www.gurs.regione.sicilia.it/Gazzette/g10-20/g10-20.pdf>
3. **Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente**
Piano Regionale Radon // Piano Regionale per il monitoraggio delle concentrazioni di gas radon // 2009.
www.artasicilia.eu/old_site/web/.../Piano%20regionale%20radon.pdf
4. **Bochicchio F. Campos Venuti G., Nuccetelli C., Piermattei S., Risica S., Tommasino L., Torri G.**
Results of the representative italian natural survey on Radon indoors // Health Physics: Health Physics Society, 1996, vol. 71 (5), p. 741-748 // 1996.
5. **Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea**
Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio del 05.12.2013, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom // 2013.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32013L0059>
6. **Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea**
Raccomandazione CEC 90/143/Euratom del 21.02.1990, sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi // 1990.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:31990H0143>
7. **Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea**
Direttiva 2013/51/Euratom del Consiglio del 22.10.2013, che stabilisce requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano // 2013.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32013L0051>
8. **Conferenza dei Presidenti delle Regioni e Province autonome di Trento e Bolzano**
Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei // 2003.
http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/agenti-fisici/file-e-allegati/Linee_Guida_luoghi_lavoro_sotterranei.pdf
9. **Conferenza Stato Regioni**
Linee guida per la tutela e promozione della salute negli ambienti confinati // 2001.
<http://www.governo.it/backoffice/allegati/14289-406.pdf>
10. **Decreto Legislativo 09.05.2001 n. 257**
Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 26.05.2000, n. 241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti // G.U. n. 153 del 04.07.2001 // 2001.
<http://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2001;257>
11. **Decreto Legislativo 17.03.1995 n. 230**
Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti, 2009/71/Euratom in materia di sicurezza nucleare degli impianti nucleari e 2011/70/Euratom in materia di gestione sicura del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi derivanti da attività civili // G.U. n. 136 del 13.06.1995 - Suppl. Ordinario n. 74 // 1995.
<http://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:1995;230>

12. **Decreto Legislativo 26.05.2000 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 // G.U. n. 203 del 31.08.2000 - Suppl. Ordinario n. 140 // 2000.
<http://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2000;241>
13. **IARC International Agency of Research on Cancer**
Ionizing Radiation, Part 2: Some Internally Deposited Radionuclides - Volume 78 // IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans // 2001.
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol78/>
14. **ICRP International Commission on Radiological Protection**
Protection Against Radon-222 at Home and at Work // ICRP Publication 65 - Ann. ICRP 23 (2) // 1993.
<http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2065>
15. **Ministero della Salute**
Piano Nazionale Radon // 2002.
<http://www.iss.it/radon/index.php?lang=1&tipo=3>
16. **Ministero della Salute**
Piano Sanitario Nazionale 2003-2005 // 2003.
http://www.salute.gov.it/portale/documentazione/p6_2_2_1.jsp?lingua=italiano&id=948
17. **Tommasino L.**
Radon, Encyclopedia of Analytical Science, London: Academic Press Limited, 1998, p. 4359-4368 // 1998.
18. **UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation**
Sources and effects of ionizing radiation // UNSCEAR 2008 Report Vol. I. // 2008.
http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html
19. **WHO World Health Organization**
WHO handbook on indoor radon: a public health perspective // 2009.
http://www.who.int/ionizing_radiation/env/9789241547673/en/

ALLEGATI

Allegato 1 - Questionario informativo

Viene inserito di seguito il *questionario informativo* utilizzato per raccogliere dati utili nella correlazione dei risultati delle analisi con le caratteristiche dell'edificio presso cui è stata effettuata la misura di concentrazione di radon.

Esso è composto dalle seguenti parti:

- *autorizzazione al trattamento dei dati personali*, ai sensi della vigente legge;
- A. *dati anagrafici del partecipante*;
- B. *dati relativi all'edificio e all'abitazione*, per conoscere le caratteristiche e lo stato dell'ambiente circostante;
- C. *dati relativi al locale in cui è posto il dosimetro*, per conoscere le caratteristiche e lo stato del locale presso cui è stato installato il dosimetro;
- D. *dati relativi al dosimetro*; è la parte più importante: per una corretta analisi è essenziale riportare correttamente il numero dei dosimetri esposti nel locale e le date di apertura e di chiusura;
- E. *coordinate e suolo*, per la georeferenziazione dei valori di concentrazione ottenuti;
- F. *da compilare in caso di rinuncia alla collaborazione*; questa parte è utile per conoscere i motivi di una eventuale esclusione dalla campagna di indagine.

Il questionario è stato fornito agli operatori (volontari e dipendenti) dei gruppi di protezione civile comunali, i quali, durante le operazioni di consegna, collocazione e ritiro dei dosimetri, hanno compilato le varie parti con l'assistenza dei cittadini partecipanti all'indagine.



PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA
Assessorato Territorio, Ambiente e Protezione Civile
10° Settore Geologia e Geognostica



PIANO NAZIONALE RADON

INDAGINE SULLA CONCENTRAZIONE DI RADON NEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI RAGUSA

QUESTIONARIO INFORMATIVO

INFORMATIVA AL TRATTAMENTO DEI DATI PERSONALI

La partecipazione al progetto prevede la compilazione del presente questionario informativo, che verrà utilizzato unicamente per gli scopi connessi con la misura stessa. I partecipanti sono responsabili delle informazioni fornite nel questionario. I dati personali, le informazioni contenute nel questionario ed i dati connessi alla misura saranno conservati rispettando tutte le norme di sicurezza, presso gli archivi cartacei e/o informatizzati degli enti coinvolti nel progetto, ai sensi del D.Lgs. 30.06.2003, n. 196, e successive modifiche ed integrazioni.

MODULO DI AUTORIZZAZIONE AL TRATTAMENTO DEI DATI PERSONALI

(IMPORTANTE: La mancata compilazione e sottoscrizione di questa sezione porta all'esclusione dell'abitazione dall'indagine. In questo caso, compilare direttamente la sezione F) del presente questionario).

Il sottoscritto/a _____
nato/a a _____ prov. _____ il _____,
presa visione dell'Informativa, ai sensi dell'art. 13 del D.Lgs. del 30.06.2003, n. 196, acconsente al trattamento dei propri dati personali, svolto con le modalità e per le finalità ivi indicate ed in conformità alle norme legislative e regolamenti vigenti e applicabili.

Data _____

Firma _____

A) DATI ANAGRAFICI

1. generalità del partecipante

cognome _____ nome _____

2. indirizzo dell'abitazione

via/piazza _____ n. _____

c.a.p. _____ comune _____

3. abitanti

numero complessivo abitanti _____ anni di abitazione _____

4. conosce il radon ed i rischi connessi alla sua esposizione?

no, non ne ho mai sentito parlare sì, qualche volta ne ho sentito parlare

sì, so che è in relazione con i terremoti sì, conosco i rischi per la salute

C) DATI RELATIVI AL LOCALE IN CUI È POSTO IL DOSIMETRO

IMPORTANTE: Il dosimetro va collocato in un luogo distante il più possibile da correnti d'aria, quindi, lontano da finestre, porte, bocchettoni d'aria condizionata o altre aperture. È opportuno, inoltre, che il luogo prescelto non sia immediatamente accessibile, in modo da evitare accidentali danneggiamenti del dosimetro. Si suggerisce di posizionare il dosimetro sulla sommità di un armadio o di un altro mobile relativamente alto. Vanno esclusi ambienti particolari quali cucina, bagno, lavanderia.

1. il locale con il dosimetro corrisponde al piano _____ dell'edificio
2. destinazione d'uso del locale
 camera soggiorno studio cantina disimpegno altro _____
3. superficie del locale (approssimativa) _____ m²
4. altezza del locale (approssimativa) _____ m
5. stato di tenuta delle aperture del locale verso l'esterno
 assenza di aperture mediocre medio buono
6. la porta di comunicazione tra il locale e il resto dell'abitazione è
 abitualmente chiusa abitualmente aperta
7. contatto diretto delle pareti o del pavimento del locale con il terreno
 sì no
8. presenza di caminetto e/o caldaia che brucia aria del locale
 sì no
9. tipologia del pavimento
 cemento mattone pietra marmo
 legno piastrelle linoleum altro _____
10. tipologia del rivestimento delle pareti
 intonaco piastrelle marmo pietra
 legno carta da parati altro _____
11. presenza di prese d'aria per l'immissione di aria forzata nel locale
 sì no
12. presenza di prese d'aria per l'estrazione di aria forzata nel locale
 sì no
13. presenza di infiltrazioni d'acqua e/o umidità
 sì no
14. presenza di tubazioni a vista e/o lavandini
 sì no
15. aerazione del locale (tempi medi stimati)
inverno: meno di 30 minuti al giorno
 più di 30 minuti al giorno
estate: prevalentemente diurna
 prevalentemente serale e notturna
 continua nella giornata

D) DATI RELATIVI AL DOSIMETRO

(A CURA DELL'OPERATORE CHE INSTALLA IL DOSIMETRO)

1. numero del 1° dosimetro _____
2. data di posizionamento del 1° dosimetro (gg/mm/aaaa) _____
3. data di ritiro del 1° dosimetro (gg/mm/aaaa) _____
4. numero del 2° dosimetro _____
5. data di posizionamento del 2° dosimetro (gg/mm/aaaa) _____
6. data di ritiro del 2° dosimetro (gg/mm/aaaa) _____
7. denominazione del locale

8. indicazione univoca del punto di misura all'interno del locale

9. soggetto che effettua il posizionamento del dosimetro
cognome _____ nome _____

E) COORDINATE E SUOLO

(A CURA DELL'OPERATORE CHE INSTALLA IL DOSIMETRO)

1. coordinate geografiche (WGS84)
 latitudine _____ ° _____', _____" N
 longitudine _____ ° _____', _____" E
2. tipologia del suolo
 non so alluvioni calcari lave tufi riporto
 detriti carbonati arenarie argille altro _____

F) DA COMPILARE IN CASO DI RINUNCIA ALLA COLLABORAZIONE

Motivi che hanno portato il soggetto a non collaborare all'indagine

- Mancanza di interesse nell'indagine
- È stata già fatta una indagine per conoscere il livello di radon nell'abitazione
- Sono in atto interventi di riduzione della concentrazione di radon
- Mancanza di fiducia nelle istituzioni e nelle amministrazioni pubbliche
- Non si permette l'accesso di estranei nell'abitazione
- Altro

Allegato 2 - Pieghevole illustrativo

Viene inserito di seguito il pieghevole illustrativo “*CONOSCERE IL RADON*”, che è stato distribuito ai Comuni della provincia di Ragusa, ai cittadini partecipanti all’indagine, agli studenti in visita didattica presso i laboratori del Settore Geologia e Tutela Ambientale del *Libero Consorzio Comunale di Ragusa* (già *Provincia Regionale di Ragusa*).

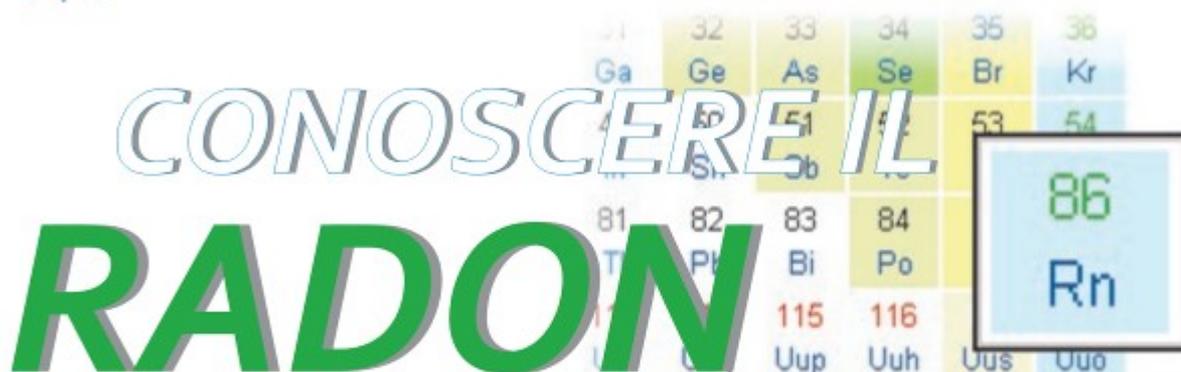
Esso si propone di fornire una conoscenza semplice ed essenziale sulle problematiche connesse al rischio radon, per accrescere il grado di consapevolezza del problema e fornire le indicazioni utili ad approfondire l’argomento, o anche a richiedere una misura nella propria abitazione.



PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA

Assessorato Territorio, Ambiente e Protezione Civile

10° Settore Geologia e Geognostica



COS'È IL RADON

- ◆ Il radon è un gas radioattivo, chimicamente inerte, inodore, insapore ed incolore.
- ◆ Il radon proviene dal decadimento radioattivo dell'uranio naturale.
- ◆ Il radon si trasforma rapidamente in una serie di "discendenti" a loro volta radioattivi.
- ◆ Il radon ha un tempo di dimezzamento di circa 3,8 giorni (è il tempo necessario a dimezzare la propria concentrazione per decadimento radioattivo).
- ◆ I discendenti hanno tempi di dimezzamento inferiori a 30 minuti.

DA DOVE PROVIENE

- ◆ Nelle abitazioni il radon proviene dal terreno, dalle fondamenta e dalle pareti contenenti materiali con tracce di uranio.
- ◆ Il radon si mescola con l'aria ed aumenta la sua concentrazione in condizioni di scarsa ventilazione, specie all'interno degli edifici.
- ◆ Il radon può raggiungere elevate concentrazioni anche in acque sotterranee.
- ◆ L'accumulo del radon suscita particolare attenzione se si tiene conto che la popolazione dei paesi industrializzati trascorre circa l'80% del proprio tempo in ambienti chiusi (casa, ufficio, luoghi di svago, ecc.).

IL RADON E LA SALUTE

- ◆ È stato stimato (UNSCEAR, 2008) che il radon contribuisce per più del 50% circa alla dose annua di radiazioni naturali cui ogni individuo è esposto (v. **Figura 1**).



Figura 1. Contributi alla dose annua di radiazioni naturali (UNSCEAR).

- ◆ Il radon è responsabile di circa il 10÷20% dei tumori al polmone nei paesi occidentali (circa 3000 casi di morti per tumore polmonare da radon ogni anno in Italia), risultando secondo solo al fumo di sigarette.
- ◆ L'effetto cancerogeno del radon è maggiore nei soggetti fumatori che (a parità di esposizione rispetto ai non fumatori) hanno una probabilità circa 25 volte maggiore di contrarre il cancro al polmone, in quanto i tessuti polmonari dei fumatori intrappolano con estrema facilità le particelle di radon.

♦ Una volta inalato, il radon in buona parte viene espirato senza interagire con l'organismo, ma in parte decade in altri radionuclidi a vita media molto breve (pochi minuti o frazioni di secondi) che si depositano negli alveoli polmonari e da lì emettono particelle alfa o beta ad alta intensità che possono provocare notevoli effetti nocivi.

IL RADON NELLE CASE

♦ È spesso possibile avere alte concentrazioni di radon in abitazioni poste al piano terra, specialmente se a diretto contatto con il terreno.

♦ La diffusione del radon da materiali da costruzione è invece meno rilevante; secondo alcuni studi il contributo di radon dovuto ai materiali da costruzione è mediamente del 15-20%.

♦ È importante evidenziare che ogni tipo di ventilazione presente all'interno di un edificio può influenzare la distribuzione di radon nell'edificio stesso.

♦ Le canalizzazioni idrauliche, la presenza di camini, le intercapedini nelle pareti possono provocare una risalita di radon dai piani bassi ai piani più alti a causa degli effetti di depressurizzazione (v. *Figura 2*).

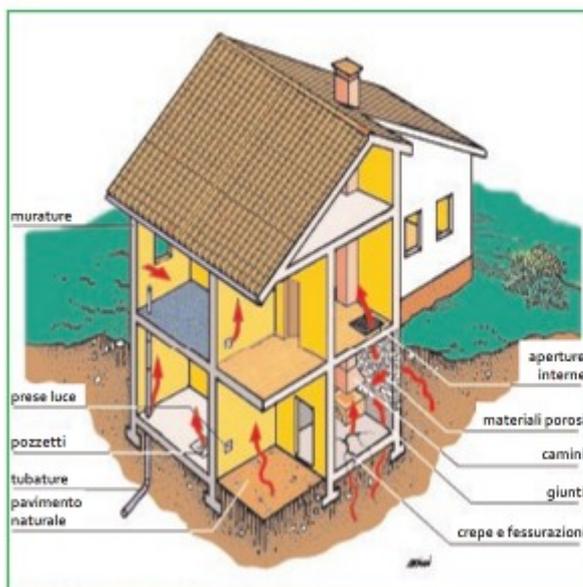


Figura 2. Tipiche vie di accesso del radon nelle abitazioni (ARPA FVG).

AZIONI DI CONTROLLO

♦ Al fine di conoscere la concentrazione di radon nella propria abitazione, l'unico metodo è effettuare una misura.

♦ Vi sono diversi metodi e strumenti di misura: da quelli che forniscono un andamento della concentrazione durante le ore della giornata a quelli che restituiscono il valore di concentrazione di radon in un intervallo di tempo lungo (6 mesi – 1 anno).

♦ Il metodo maggiormente accreditato presso le Istituzioni Nazionali (Istituto Superiore di Sanità, ISPRA (ex APAT)) per le campagne di misura condotte e per quanto attualmente in fase di realizzazione è il metodo di misura con rivelatori di tipo "passivo" (v. *Foto 1*) i quali, appunto, forniscono un valore di concentrazione mediato su lunghi periodi di tempo.



Foto 1. Rivelatori di radon di tipo passivo.

♦ L'unità di misura utilizzata per la concentrazione è il Bq/m³ (leggi: "Bequerel al metro cubo"); 1 Bq corrisponde ad un decadimento radioattivo al secondo.

♦ Nel caso in cui i risultati delle misurazioni dovessero evidenziare valori di concentrazione superiore ai valori di riferimento occorre effettuare degli interventi di "risanamento" negli edifici.

AZIONI DI RIMEDIO

♦ Le azioni di rimedio in caso di abitazioni con elevate concentrazioni di radon devono essere valutate con estrema attenzione di volta in volta e vanno opportunamente verificate.

- ◆ In alcuni casi occorrono interventi particolari con sistemi di ventilazione forzata i cui effetti positivi nel diminuire l'accumulo di radon negli ambienti chiusi sono stati effettivamente misurati.
- ◆ Raramente può risultare sufficiente l'aerazione dei locali, che si può ottenere semplicemente aprendo le finestre dei locali stessi; più spesso questa semplice operazione può produrre l'effetto opposto.
- ◆ Può esserci infatti il rischio che un'errata ventilazione sortisca l'effetto opposto convogliando dentro i locali una maggiore quantità di radon, essendo molte e varie le possibili vie di accesso del radon nelle abitazioni.
- ◆ In alcuni casi, un errato sistema di aerazione può addirittura provocare un effetto di "risucchio" del radon dagli ambienti interrati verso l'interno delle abitazioni (v. **Figura 3**).

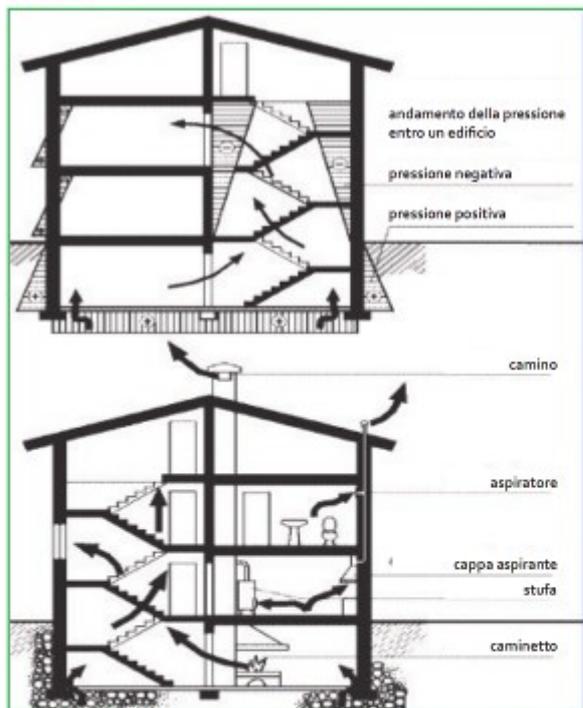


Figura 3. Andamento della pressione ed elementi che possono provocare depressurizzazione all'interno di un edificio (ARPA FVG).

- ◆ Per le nuove costruzioni si sono diffuse diverse tecniche che, comunque, sono rivolte

solo a ridurre le concentrazioni di radon.

- ◆ Questo avviene perché, anche a livello normativo, sono in fase di studio dei criteri che puntano verso una riduzione delle concentrazioni di radon nelle abitazioni, prescindendo dal fatto che siano o meno superati i livelli di soglia.
- ◆ Ciò, naturalmente, è effettuato per tutelare maggiormente la popolazione e ridurre, per quanto tecnicamente possibile, la dose a cui essa stessa può essere esposta.

RIFERIMENTI NORMATIVI

- ◆ I riferimenti per l'esposizione al radon sono i seguenti:

⇒ **Raccomandazione 90/143/Euratom:** emanata dall'Unione Europea, tutela la popolazione contro l'esposizione a radon negli ambienti chiusi e raccomanda i livelli di riferimento di 400 e 200 Bq/m³ rispettivamente per gli edifici esistenti e per quelli in fase di progettazione;

⇒ **D.Lgs. 230/95 (e s.m.i.: D.Lgs. 241/00):** stabilisce un livello di riferimento per l'esposizione al radon in ambienti di lavoro pari a 500 Bq/m³.

- ◆ L'Italia non ha ancora adottato norme particolari per i livelli di radon nelle abitazioni, a differenza di diversi paesi europei.
- ◆ Tuttavia, nelle "Linee guida per la tutela e promozione della salute negli ambienti confinati", recepite con l'Accordo Stato-Regioni del 27.09.2001, si introduce la necessità di predisporre un Piano Nazionale Radon comprendente, fra l'altro, una proposta per la normativa di tutela dal radon negli ambienti di vita, le azioni di rimedio e di prevenzione per gli edifici, e una regolamentazione dell'uso di particolari materiali da costruzione.
- ◆ Tale piano è stato già presentato a livello nazionale nel gennaio del 2008 ed è in fase di attuazione.

ATTIVITÀ IN CORSO

◆ È in corso di sviluppo un "progetto pilota" per l'applicazione del Piano Nazionale Radon, in collaborazione tra:

- ◇ Provincia Regionale di Ragusa
- ◇ A.R.P.A. Sicilia
- ◇ A.R.P.A. Sicilia - Dipartimento di Ragusa
- ◇ Servizio Regionale di Protezione Civile - Ragusa
- ◇ Comuni della Provincia
- ◇ A.U.S.L. 7
- ◇ Azienda Ospedaliera "Civile - M.P. Arezzo"

◆ Parallelamente, A.R.P.A. Sicilia sta lavorando alla pianificazione della realizzazione del Piano Nazionale Radon su tutto il territorio regionale.

◆ È in previsione la distribuzione di circa 7000 dosimetri su tutto il territorio regionale.

◆ In passato sono state effettuate misurazioni localizzate, da parte sia dei Laboratori di Igiene e Profilassi delle AUSL, sia degli Atenei Siciliani.

PER APPROFONDIRE

◆ United Nations

"Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation"

A/63/46, 10-18/07/2008

◆ Istituto Superiore della Sanità

Bohicchio F., Campos Venuti G., Nuccetelli C., Piermattei S., Risica S., Tommasino L., Toni G.

"Results of the representative Italian national survey on radon indoors"

Health Physics 71(5), p. 741—748, 1996.

◆ Ministero della Salute

"Piano Nazionale Radon"

[www.iss.it/binary/tesa/cont/PNR-](http://www.iss.it/binary/tesa/cont/PNR-Testo%20completo.1195145887.pdf)

[Testo%20completo.1195145887.pdf](http://www.iss.it/binary/tesa/cont/PNR-Testo%20completo.1195145887.pdf)

◆ A.R.P.A. Sicilia

"Giornata di studio sul radon"

www.arpa.sicilia.it > tematiche ambientali >

> agenti fisici > radioattività

◆ A.R.P.A. Friuli Venezia Giulia

"Pubblicazioni sul radon"

www.arpa.fvg.it/index.php?id=229

◆ Provincia Regionale di Ragusa

"Pubblicazioni sul radon"

www.provincia.ragusa.it/geologia/index.php?doc=17

PER INFORMAZIONI

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
UO ST 2.1 – Monitoraggi Ambientali

Corso Calatafimi, 219 – 90129 Palermo

dott. Antonio CONTI

tel 320-4643937

mail aconti@arpa.sicilia.it

web www.arpa.sicilia.it

A.R.P.A. Sicilia — Dipartimento di Ragusa

UOS – Monitoraggi Ambientali

Viale Sicilia, 7 – 97100 Ragusa

dott.ssa Silvia TORMENE

tel 0932-234709

mail stormene@arpa.sicilia.it

Provincia Regionale di Ragusa

Assessorato Territorio, Ambiente e Protezione Civile
10° Settore Geologia e Geognostica

Via G. Di Vittorio, 175 – 97100 Ragusa

dott. Rosario MINEO

tel 0932-675552

mail reti.geofisiche@provincia.ragusa.it

web www.provincia.ragusa.it/geologia



"... La valenza di tale progetto, in sinergia con gli altri Enti, testimonia l'impegno e la sempre maggiore attenzione di questa Amministrazione verso i temi ambientali ..."



Salvo Mallia
Assessore Territorio, Ambiente
e Protezione Civile