

RADON

Il radon è un gas radioattivo naturale ed è la seconda causa di tumore ai polmoni dopo il fumo di sigaretta. L'ARPA FVG ha effettuato numerose campagne di misura per valutarne i valori di concentrazione nelle abitazioni e nelle strutture scolastiche: nei casi di accertato superamento dei livelli stabiliti sono state fornite indicazioni per l'effettuazione di azioni di rimedio e ne è stata valutata l'efficacia.

Concettina Giovani
Silvia Pividore
ARPA FVG
Laboratorio Unico
Multisito - Fisica
ambientale

Il radon è un agente cancerogeno che causa un aumento del rischio di contrarre il tumore polmonare. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), ha classificato fin dal 1988 il radon nel gruppo 1, nel quale sono elencate le 95 sostanze dichiarate cancerogene per l'uomo.

La Commissione Europea, con la Raccomandazione 143/Euratom del 1990, ha fissato dei valori di riferimento della concentrazione di radon negli ambienti chiusi, oltre i quali raccomanda interventi di bonifica per la sua riduzione: 400 Bq/m³ per edifici esistenti e 200 Bq/m³ per edifici da costruire (come parametro di progetto).

Il D.lgs. 241/00 ha introdotto la valutazione e il controllo dell'esposizione al radon nei luoghi di lavoro. Nel Decreto sono individuate, in una prima fase, alcune tipologie di luoghi di lavoro: catacombe, tunnel, sottovie e tutti i luoghi di lavoro sotterranei per i quali i datori di lavoro hanno l'obbligo di effettuare misure e valutazioni. Il Decreto fissa un livello di riferimento di 500 Bq/m³, oltre il quale il datore di lavoro deve intervenire con più approfondite valutazioni ed eventualmente con azioni di bonifica.

Il D.lgs. 241/00 prevedeva inoltre che le Regioni, entro cinque anni dalla data di pubblicazione, quindi entro il 31 agosto 2005 (art. 10-sexies e art. 37, comma 5), definissero le aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon (*radon-prone areas*) all'interno del proprio territorio e che l'elenco di tali aree venisse pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale. Il D.lgs. 241/00 prevede che un'apposita commissione tecnica definisca criteri e modalità di definizione di tali *radon-prone areas* oltre che le modalità di misura della concentrazione di radon *indoor*. In assenza, non solo delle indicazioni di tale commissione, ma anche dell'insediamento della commissione stessa, a tutt'oggi non ancora avvenuto, gli unici documenti al momento pubblicati sono: una bozza del piano nazionale radon (ultima versione aprile 2003) e le 'Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei' approvate dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano il 6 febbraio 2003.

A livello regionale è stata promulgata una legge (L.R. 20/05) che, attraverso un regolamento attuativo, prevede, per i soli asili nido, l'obbligo di effettuare misurazioni di radon ai fini di ottenere il rilascio dell'autorizzazione definitiva al funzionamento, imponendo il rispetto dei limiti fissati dalla Raccomandazione Europea (400 Bq/m³); per le strutture scolastiche valgono invece i limiti stabiliti dal D.lgs. 241/00 (500 Bq/m³).

Non è nota una concentrazione di radon al di sotto della quale l'esposizione non presenta alcun rischio.

La L.R. 20/05 prevede per i soli asili nido l'obbligo di effettuare misurazioni di radon per ottenere il rilascio dell'autorizzazione definitiva al funzionamento, imponendo il rispetto dei limiti (400 Bq/m³) fissati dalla Raccomandazione Europea 143/90.

Anche basse concentrazioni di radon possono portare a un piccolo aumento del rischio di cancro ai polmoni. Le analisi indicano che il rischio di tumore ai polmoni aumenta in proporzione all'aumento di esposizione al radon, ma la maggior parte dei tumori al polmone connessi al radon sono causati da concentrazioni basse e moderate perché, in genere, meno persone sono esposte a elevate concentrazioni di radon in ambienti chiusi. L'Organizzazione Mondiale della Sanità, nell'ambito del progetto 'International Radon Project' a cui hanno partecipato oltre 100 esperti di 35 Paesi di diversi continenti, ha elaborato un documento dal titolo *WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective* (settembre 2009) da cui emerge che il radon provoca un

incremento di rischio di tumore polmonare statisticamente significativo anche per esposizioni relativamente basse e interagisce marcatamente con il fumo di sigaretta esponendo a un più alto rischio di tumore al polmone i soggetti che consumano o hanno consumato tabacco.

I valori di concentrazione di radon in regione

La SOS Fisica Ambientale dell'ARPA FVG ha effettuato diverse campagne di misura per valutare i valori di concentrazione di radon negli edifici scolastici e negli asili nido della regione: sono state sottoposte a controllo tutte le strutture esistenti, e di anno in anno vengono effettuate ulteriori campagne per misurare nuove sedi o ampliamenti di strutture già esistenti. Nell'ambito di queste campagne sono state effettuate oltre 10.000 misurazioni in oltre 1.500 edifici.

Come è noto esiste una notevole variabilità nel tempo della concentrazione di radon *indoor* dovuta sia a variazioni naturali (variazioni stagionali; variazioni giorno-notte; variazioni della temperatura e di altri parametri) sia a variazioni nell'utilizzo dell'edificio (diverse abitudini d'uso degli occupanti l'edificio, differenti periodi di accensione del riscaldamento, lunghi periodi di inutilizzo). A tale proposito è importante notare che, negli edifici scolastici, tali variazioni sono spesso particolarmente significative a causa dei prolungati periodi di chiusura delle scuole stesse, delle modalità di riscaldamento, dell'apertura delle finestre durante le pulizie ecc.

I numerosi periodi di misura con strumenti attivi e le oltre 10.000 misure con dosimetri a tracce hanno messo in evidenza che, a causa della peculiarità delle scuole, le concentrazioni di radon *indoor* all'interno di esse, non sempre riflettono gli andamenti nel tempo che generalmente si trovano in letteratura. In particolare è frequente trovare massimi di concentrazione nelle ore diurne invece che in quelle notturne e concentrazioni di radon nel periodo estivo superiori, o almeno uguali, a quelle misurate nel periodo invernale.

Numerosi sono stati gli accertamenti di superamenti dei livelli stabiliti, sia per le scuole che per gli asili nido: in tutti i casi l'ARPA FVG ha effettuato sopralluoghi e fornito indicazioni utili per la realizzazione delle azioni di rimedio. Attualmente, su oltre 60 casi di superamento dei livelli di azione, la maggior parte delle strutture sono state risanate (oltre il 60%), mentre alcune sono ancora in fase di adeguamento (24%). Solamente per 8 edifici gli esercenti non hanno ancora provveduto a realizzare interventi per ridurre i livelli di radon *indoor*.

L'ARPA FVG ha inoltre predisposto un progetto allo scopo di ottenere una prima indicazione della distribuzione della concentrazione del radon *indoor* sul territorio regionale e di definire le *radon-prone areas* in Friuli Venezia Giulia, così come previsto dal D.lgs. 241/00.

A fronte di una riduzione della dispersione energetica degli edifici, si assiste sempre più frequentemente ad un accumulo dei valori di radon *indoor*, facilitato proprio dal miglioramento dell'isolamento termico.

Da questo studio sono emerse importanti informazioni relative alla distribuzione della concentrazione di radon. I risultati ottenuti dall'analisi dei dati confermano tutte le zone a rischio rilevate nel passato (alta pianura friulana, zone carsiche, ecc.). La numerosità e la migliore distribuzione dei punti di misura ne permette inoltre una definizione più dettagliata. Sono state inoltre individuate nella zona montana della regione alcune aree a rischio che con i dati delle sole scuole, non omogeneamente distribuite in tale zona, non erano state evidenziate.

Il confronto dei valori delle concentrazioni di radon *indoor* con le differenti tipologie edilizie delle abitazioni

in cui erano posti i dosimetri di misura ha prodotto alcuni importanti risultati, che hanno evidenziato precise relazioni tra determinate tipologie edilizie ed alte concentrazioni di gas radon. Da sottolineare i risultati dell'analisi dei dati relativi al tipo di separazione suolo-locale che individua nella presenza di soletta controterra la situazione più a rischio. Si sono trovate inoltre medie più elevate in edifici costruiti prima del 1976 e in abitazioni con i muri portanti formati anche da pietra; a riprova dell'importanza che rivestono le tipologie edilizie e, in parte minore per la nostra regione, i materiali da costruzione, nel determinare le concentrazioni di radon *indoor*. Inoltre si è evidenziata una maggiore possibilità di trovare alte concentrazioni di radon *indoor* in locali situati al piano terra piuttosto che ai piani superiori. Ciò è dovuto al fatto che per il territorio del Friuli Venezia Giulia la maggior sorgente di radon è il suolo.

A titolo di esempio nella figura 1 si riporta una mappa di distribuzione della probabilità di superare i 200 Bq/m³ sul territorio del Friuli Venezia Giulia, ottenuta utilizzando come dati sorgente i risultati provenienti dall'indagine regionale sulle strutture scolastiche del Friuli Venezia Giulia. Il metodo usato per la definizione della mappa prevede un'analisi variografica sui dati trasformati mediante *N-score transformation* ed una successiva interpolazione tramite opportuni algoritmi al fine di creare le mappe di rischio.

Nella figura 2 viene invece riportata la mappa con i risultati della campagna effettuata presso oltre 2.400 abitazioni della regione allo scopo di ottenere dati utili per la definizione delle *radon-prone areas*. Le misure sono state effettuate posizionando per due semestri consecutivi rivelatori passivi a traccia CR39 in due locali in ciascuna abitazione; la quasi totalità delle misure si è svolta nel periodo settembre 2005 - settembre 2006. Per ogni quadrante della carta tecnica regionale in scala 1:5.000 è stata effettuata la media aritmetica delle misure contenute.

Il radon negli edifici

Il settore edilizio utilizza circa il 40% dell'energia consumata in Italia (residenziale e terziario). La maggior parte di questa energia viene utilizzata per il riscaldamento e per il condizionamento e più del 10% viene dispersa attraverso i componenti finestrati. La normativa nazionale pone l'accento sul miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, con particolare attenzione ai componenti trasparenti e finestrati.

A fronte di una riduzione della dispersione energetica, si assiste sempre più frequentemente ad un accumulo dei valori di radon *indoor*, facilitato proprio dal miglioramento dell'isolamento termico degli edifici.

FIGURA 1. MAPPA DELLA DISTRIBUZIONE DELLA PROBABILITÀ DI SUPERARE I 200 Bq/m³ DI CONCENTRAZIONE DI RADON SUL TERRITORIO REGIONALE.

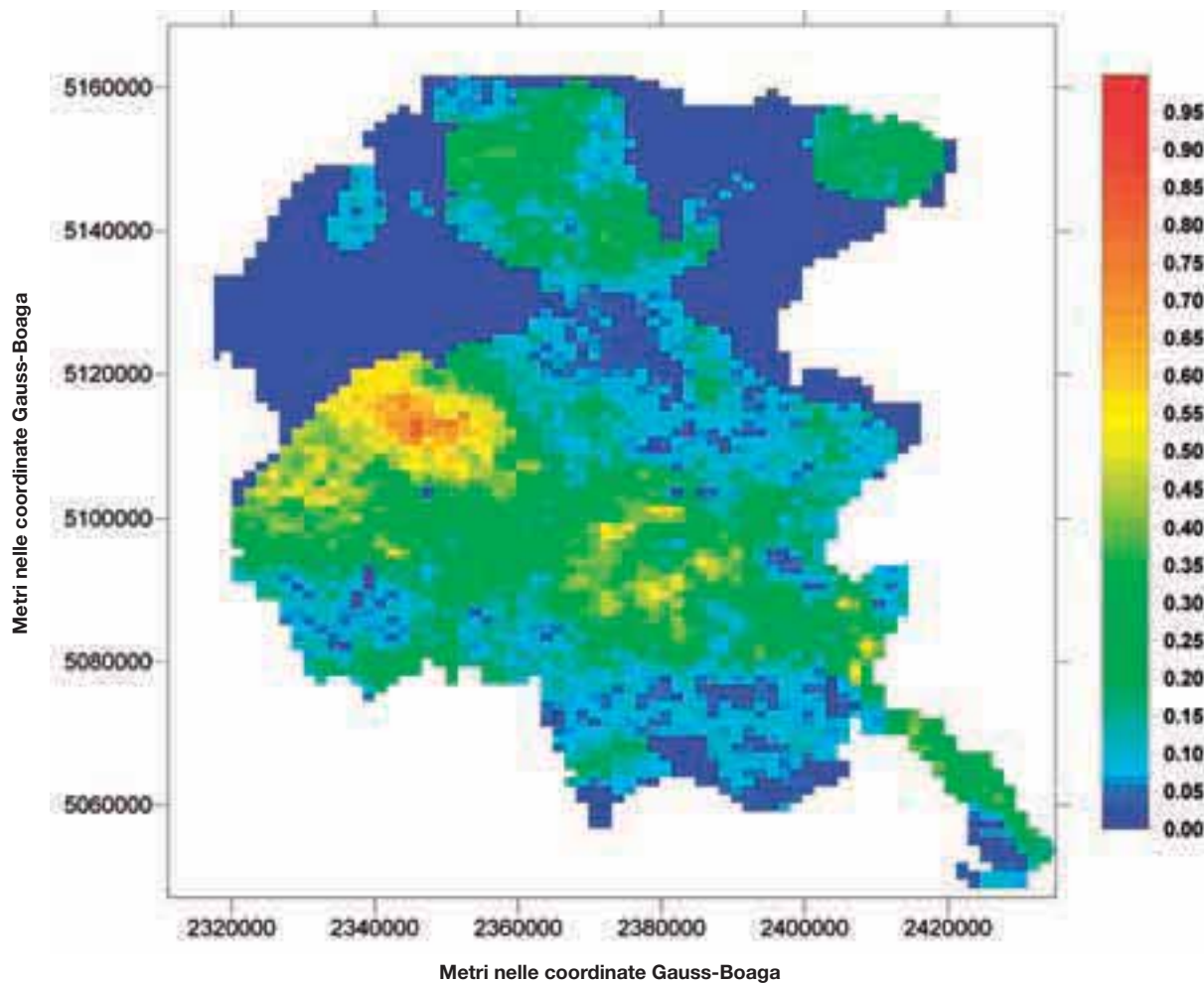
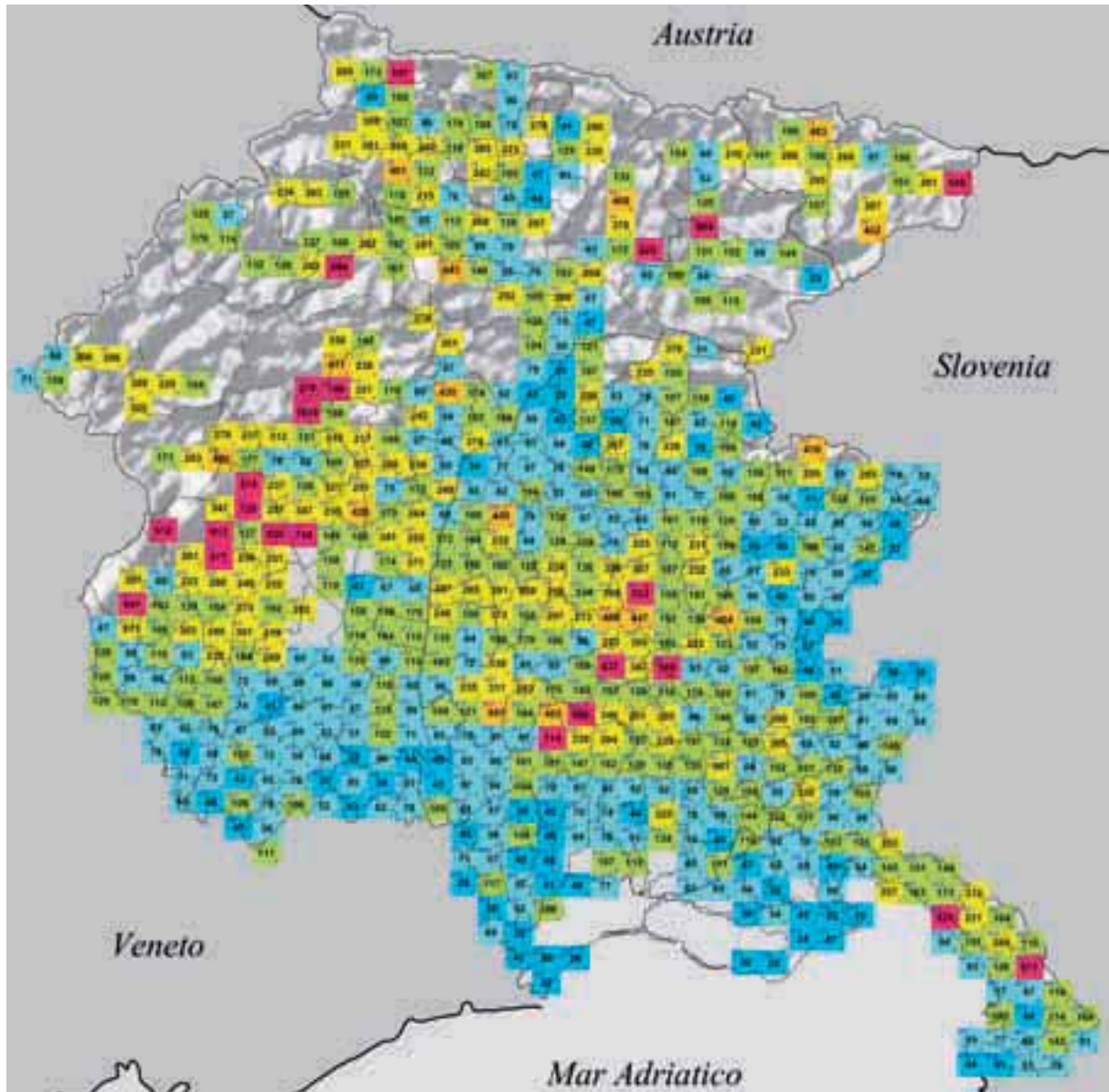


FIGURA 2. MAPPA CON I RISULTATI DELLE MISURE DI CONCENTRAZIONE DI RADON *INDOOR* IN Bq/m³ EFFETTUATE IN OLTRE 2.400 ABITAZIONI DELLA REGIONE.



- da 0 a 50
- da 50 a 100
- da 100 a 200
- da 200 a 400
- da 400 a 500
- da 500 a 2.000

N. di riferimento 547
 Concentrazione media (Bq/m³) 325
 N. di misure per unità di griglia 2

D'altro canto, i programmi nazionali sul radon mirano a ridurre la popolazione a rischio e il rischio individuale per le persone che vivono in zone con alte concentrazioni.

Ciò comporta una maggior attenzione per i valori di radon *indoor*, con limiti di riferimento che negli anni si fanno sempre inferiori: l'Organizzazione Mondiale della Sanità raccomanda un livello di riferimento di 100 Bq/m³, e laddove non sia possibile rispettare questo limite, il livello non deve comunque superare i 300 Bq/m³.

Affrontare il problema radon è importante sia nella costruzione di nuovi edifici (prevenzione) che nel risanamento (o bonifica) di quelli esistenti. Per ridurre il rischio per la popolazione generale, le norme dell'edilizia dovrebbero essere ripensate per comprendere misure di prevenzione del radon nelle case in costruzione. Le misurazioni saranno comunque necessarie sia per verificare l'efficacia delle azioni preventive sia per dare eventuale attuazione alla predisposizione di azioni per la riduzione del radon, in modo che le concentrazioni di radon si mantengano al di sotto del limite di riferimento.

Come si possono ridurre i valori di radon *indoor*

La Regione Friuli Venezia Giulia è stata una delle prime in Italia a sperimentare con successo azioni di rimedio per la riduzione della concentrazione di radon *indoor* (a partire dagli anni Novanta) in abitazioni private ed in strutture scolastiche. L'ARPA FVG, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Udine, è stata inoltre la prima in Italia a pubblicare un manuale tecnico contenente *Indicazioni e proposte per la protezione degli edifici dal radon* (Bertagnin, Garavaglia, Giovani et al., 2003). Gli esperti della SOS Fisica Ambientale di ARPA FVG hanno inoltre stilato, insieme ai colleghi dell'APPA di Bolzano, le linee guida nazionali nel settore linee guida CTN (Centri Tematici Nazionali): 'Azioni di rimedio in edifici con elevate concentrazioni di radon'.

La Regione Friuli Venezia Giulia, che presenta all'interno del suo territorio notevoli variazioni nel parco edilizio e nella consistenza del substrato (suoli sciolti con diverse porosità, calcari fessurati, fenomeni di carsismo, ecc.), offre la possibilità di validare l'applicabilità e l'efficacia di diverse metodologie di intervento, dopo averle opportunamente adattate al singolo caso. Numerosi esempi degli edifici rimediati secondo le indicazioni di ARPA FVG sono riportati nei diversi lavori pubblicati.

Molto spesso le azioni di rimedio vengono eseguite in fasi successive, partendo da una configurazione base che tipicamente consiste nell'apertura di alcuni fori per la ventilazione del vespaio o nella creazione di condotte di aerazione naturale nel sottosuolo, per poi procedere, nel caso l'intervento non risulti sufficiente, con l'aumento del numero di fori o di condotte di ventilazione o con l'applicazione di un certo numero di aspiratori per la depressurizzazione. Il numero di aspiratori, e la potenza degli stessi, possono essere anch'essi implementati fino al raggiungimento di risultati soddisfacenti.

ARPA FVG mette inoltre a disposizione dei privati un servizio a pagamento per la misura del radon *indoor*. Sulla base di una semplice richiesta telefonica, vengono forniti al privato, per posta, dosimetri (contenenti ciascuno due rivelatori passivi a tracce nucleari LR115 in configurazione ENEA DISP), schede per la raccolta dei dati, istruzioni per l'uso ed opuscoli informativi. Nel plico inviato per posta è inoltre contenuta una busta prestampata per la spedizione del dosimetro una volta terminata l'esposizione (della durata compresa tra un minimo di tre ed un massimo di sei mesi, indicativamente nel periodo invernale). Una volta che il dosimetro esposto arriva in laboratorio viene sviluppato ed analizzato in laboratorio ed il risultato della misura viene spedito al privato, confrontato con i valori di riferimento forniti dalla Comunità Europea. Il laboratorio resta a disposizione per qualunque chiarimento relativo all'uso del dosimetro ed ai risultati della misura.

Prospettive future: aumentare la conoscenza dei territori a rischio radon a tutela della salute umana

La Regione Friuli Venezia Giulia non ha ancora delineato le modalità di definizione delle *radon-prone areas* e la commissione tecnica prevista dal D.lgs. 241/00 non ha ancora fornito alcuna indicazione sull'applicazione tecnica del Decreto stesso. In questa situazione di difficoltà è comunque necessario, data la reale situazione di rischio ambientale, effettuare misure, almeno conoscitive, e dare indicazioni affinché possano essere adottate azioni di rimedio.

Appare inoltre chiara la necessità di poter confrontare concentrazioni medie, mappe di distribuzioni ed altri parametri, misurati in regioni, od eventualmente nazioni, diverse. Così come appare opportuno che la definizione delle *radon-prone areas* e gli eventuali provvedimenti che ne conseguano, siano univoci, almeno sul territorio nazionale. Si ritiene altresì necessario istituire a breve un catasto dei siti in cui siano stati accertati superamenti nei luoghi di lavoro, di cui è stata data comunicazione ad ARPA secondo quanto previsto dalla norma vigente.

Tutti i progetti previsti devono essere inquadrati in un'ottica più generale, al fine di poter identificare degli opportuni indicatori che consentano di monitorare nel dettaglio il problema radon sul territorio regionale.

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Raccomandazione 143/90
EURATOM della commissione
del 21 febbraio 1990

Raccomandazione sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi

D.lgs. 241/00

Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti

Regolamento attuativo 87/2006
della L.R. 20/05

Regolamento recante requisiti e modalità per la realizzazione, l'organizzazione, il funzionamento e la vigilanza nonché modalità per la concessione dell'autorizzazione al funzionamento dei nidi d'infanzia ai sensi della L.R. 18 agosto 2005, n. 20, art. 13, c. 2, lett. a) e d)

BIBLIOGRAFIA

- Bertagnin M., Garavaglia M., Giovani C. et al. (2003), *Indicazioni e raccomandazioni per la protezione degli edifici dal radon*, ARPA FVG.
- Bohicchio F., Campos Venuti G., Nuccetelli C. et al. (1996), *Results of representative Italian national survey on radon indoor*, in «Health Physics», 71, 743-750.
- Darby S., Hill D., Auvinen A. et al. (2004), *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*, in «British Medical Journal», 330, 223-228.
- Garavaglia M., Cappelletto C., Giovani C. et al. (2004), *Efficiacia di diverse tipologie di azioni di rimedio per la riduzione della concentrazione di radon indoor*, in *Sanità e Ambiente: Ricerca e Radioprotezione operativa*, Atti del convegno nazionale di radioprotezione, Verona, 16-18 settembre 2004.
- Garavaglia M., Giovani C., Nadalut B. et al. (2007), *Radon prone areas: i primi risultati in Friuli Venezia Giulia*, in *Atti del convegno nazionale AIRP*, Vasto, 1-3 ottobre 2007.
- Garavaglia M., Pividore S., Giovani C. et al. (2003), *Rappresentazioni diverse della distribuzione spaziale del radon nelle scuole del Friuli Venezia Giulia*, in *Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale*, Atti del convegno nazionale, Torino, 29 settembre-1 ottobre 2003, 245-248.
- Giovani C., Garavaglia M., Minach L. et al. (2006), *Linee guida CTN: azioni di rimedio in edifici con elevate concentrazioni di radon*, AGF-T-LGU-04-03.
- Giovani C., Garavaglia M., Montanari F. et al. (2005), *Il progetto radon prone areas in Friuli Venezia Giulia*, in *La radioprotezione nella ricerca. La ricerca nella radioprotezione*, Atti del convegno nazionale di radioprotezione, Catania, 15-17 settembre 2005, sessione V.
- Giovani C., Pividore S., Garavaglia M. et al. (2003), *Procedura di verifica dell'efficacia delle azioni per la riduzione della concentrazione di radon all'interno degli edifici*, in *Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale*, Atti del convegno nazionale, Torino, 29 settembre-1 ottobre 2003, 309-312.
- ICRP (1993), *Protection against Radon-222 at Home and at Work*, Publications 65, in «Ann. ICRP», 23, 1-45.
- Ministero della Salute (2002), *Piano Nazionale Radon*, Commissione tecnico scientifica per l'elaborazione di proposte di intervento preventivo e legislativo in materia di inquinamento 'indoor' (D.M. 8 aprile 1998), Gruppo di lavoro 'Radon'.
- Pividore S., Garavaglia M., Giovani C. et al. (2007), *Radon, prodotti di decadimento del radon e toron in un'abitazione del Carso triestino*, Atti del convegno nazionale AIRP, Vasto, 1-3 ottobre 2007.
- Spinella M., Braitemberg C., Garavaglia M. et al. (2005), *Analisi spaziale delle concentrazioni di radon nella regione Friuli Venezia Giulia*, in *La radioprotezione nella ricerca. La ricerca nella radioprotezione*, Atti del convegno nazionale di radioprotezione, Catania, 15-17 settembre 2005, sessione V.
- Raccomandazione EURATOM 143/90 della Commissione del 21 febbraio 1990 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi*, in «Gazzetta Ufficiale CEE», L80, 27 marzo 1990.
- WHO-IARC (1988), *IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic risks to Humans: man made mineral fibres and Radon*, Lyon, France, IARC Monograph, vol. 43.
- Zeeb H., Shannoun F. (2009), *WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective*, NLM classification: NN 615.