

# IL RISCHIO RADON IN EDILIZIA:

## PROPOSTA DI CODIFICA DI UN PROTOCOLLO PER LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO

**MAURO CASTELLUCCIO**

Geologo, Università "Roma Tre"  
[mcastelluccio@uniroma3.it](mailto:mcastelluccio@uniroma3.it)

**GIANLUIGI GIANNELLA**

Geologo, Libero Professionista  
[g.giannella@libero.it](mailto:g.giannella@libero.it)

**CARLO LUCCHETTI**

Geologo, Università "Roma Tre"  
[lucchetti@uniroma3.it](mailto:lucchetti@uniroma3.it)

**MASSIMO MORONI**

Geologo, Georex s.a.s.  
[info@Radon.it](mailto:info@Radon.it)

**PAOLA TUCCIMEI**

Geologo, Professore associato, Università "Roma Tre"  
[tuccimei@uniroma3.it](mailto:tuccimei@uniroma3.it)

### Premessa

La Pianificazione Territoriale, attraverso la conoscenza degli elementi di pericolo esistenti nell'area in esame, consente la predisposizione di strumenti urbanistici idonei ad assicurare la salvaguardia della salute pubblica e dell'incolumità delle persone e dei beni presenti. Quest'impostazione, che vale per il rischio idrogeologico, sismico, vulcanico, industriale ecc., non trova adeguato riscontro nei confronti di un altro rischio naturale poco conosciuto e pertanto comunemente dimenticato, che è causato dalle emanazioni radioattive del gas Radon e dai suoi prodotti di decadimento. Statistiche di tipo epidemiologico indicano il forte impatto che il Radon ha sulla salute pubblica, stimandolo come seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo e responsabile in Italia di circa 3000 decessi / anno (WHO 2009).

Sinora, il problema dell'inquinamento indoor da Radon nel nostro Paese è stato appannaggio prevalentemente di due figure professionali: il medico per l'aspetto sanitario ed il fisico per le misure. Questo stato di cose, particolarmente chiuso e circoscritto, escludendo di tenere in considerazione anche gli aspetti connessi alle cause geologiche del fenomeno, sta indirizzando le necessarie azioni di difesa a soluzioni che risentono fortemente di un approccio al problema limitato e parziale.

Poiché la distribuzione e la migrazione del Radon sono controllate dall'assetto geologico del territorio (natura dei terreni, tettonica, ecc.), ne risulta che le prime indicazioni sulla potenziale localizzazione di zone a forte concentrazione di questo

PARAMETRO	CONTRIBUTO AL PERS	RACCOLTA DATI
<b>1. Litologia (Unità di Roccia, UDR)</b>	Non rientra direttamente nel calcolo del PERS	Rielaborazione della cartografia geologica presente in bibliografia.
<b>2. Concentrazione di isotopi radioattivi nelle rocce</b>	Parametro fondamentale poiché gli elementi radioattivi (in particolare il <sup>226</sup> Ra) costituiscono la sorgente da cui è emanato il Radon.	Analisi chimiche di campioni raccolti nelle diverse UDR e confronto con i dati bibliografici.
<b>3. Spessore dell'Unità di Roccia</b>	Definisce i volumi di roccia in gioco e le quantità totali di elementi radioattivi presenti.	Rielaborazione della cartografia e delle sezioni geologiche bibliografiche.
<b>4. Fatturazione delle rocce</b>	Parametro importante poiché influenza sia la capacità di esalazione del Radon dalla roccia, sia la capacità di migrazione dei gas attraverso un ammasso roccioso.	Analisi di terreno; analisi di foto aeree; analisi qualitativa della relazione tra reologia dei materiali e distribuzione delle faglie e della deformazione.
<b>5. Carsismo</b>	Parametro importante poiché i reticoli di cavità sotterranee creano vie preferenziali per la migrazione di gas e perché la dissoluzione dei carbonati può concentrare gli elementi radioattivi presenti nelle impurità insolubili.	Analisi di foto aeree; dati di censimenti delle aree carsiche.
<b>6. Faglie</b>	Parametro importante poiché, in funzione delle sue caratteristiche, può creare vie preferenziali di risalita di gas, può essere sede di migrazione di fluidi, è sempre associata a zone fortemente fratturate e deformate; tutti elementi che influenzano la presenza di radon in superficie.	Analisi di foto aeree; rielaborazione della cartografia geologica e strutturale e controllo con analisi puntuali di terreno.
<b>7. Mineralizzazioni uranifere</b>	Parametro di interesse locale, ma importante poiché <sup>238</sup> U e <sup>226</sup> Ra costituiscono la sorgente da cui è emanato il Radon.	Bibliografia.
<b>8. Manifestazioni gassose</b>	Parametro importante poiché la circolazione di fluidi ad alta temperatura favorisce la mobilità di <sup>238</sup> U e <sup>226</sup> Ra e la migrazione di gas verso la superficie.	Bibliografia.
<b>9. Sorgenti calde (T&gt;20°C)</b>	Parametro importante poiché la circolazione di fluidi ad alta temperatura favorisce la mobilità di <sup>238</sup> U e <sup>226</sup> Ra e la migrazione di gas verso la superficie.	Bibliografia.
<b>10. Gradiente geotermico</b>	Parametro importante perché nelle aree ad alto gradiente si ha una forte mobilità di fluidi che possono trasportare in superficie il Radon formatosi in profondità, se le rocce profonde hanno alto contenuto in elementi radioattivi.	Bibliografia.

Tabella 1 - Parametri geologici considerati nell'algorithmo per il calcolo del PERS

Tabella 2a - Misura del soil radon ( $Rn_s$ ,  $kBq/m^3$ )

Profondità di misura	$\geq 80$ cm
Densità di misura	4 punti / ha, infittendo le misure sotto l'impronta del fabbricato (con maglia di 25 X 25 m)
Sonda	Il diametro della punta forata deve essere lo stesso dell'asta, per evitare il richiamo di aria atmosferica e quindi la sottostima del soil radon
Metodo di misura	Spettrometria alfa, celle di Lucas, camere a ionizzazione etc... E' consigliata una validazione tramite interconfronto in un sito di riferimento

Tabella 2b - Misura della permeabilità intrinseca ( $k$ ,  $m^2$ )

Diretta	Livello d'approfondimento più alto (Tabella 2c)
Stimata	Livello d'approfondimento più basso (tabella 2d)
Profondità nelle misure dirette	$\geq 80$ cm
Densità nelle misure dirette	4 punti / ha, infittendo le misure sotto l'impronta del fabbricato (con maglia di 25 X 25 m)
Metodo diretto	Attraverso la misura del tempo necessario per l'aspirazione di un volume noto d'aria, sotto l'azione di una differenza di pressione nota. Per esempio: RADON JOK (Radon V.O.S.)

Tabella 2c - Calcolo del potenziale radon (PR) e dell'indice radon (IR)

Con misura diretta della permeabilità	$PR = (Rn_s - 1) / (-\log k - 10)$
Corrispondenza tra classi di rischio	$PR < 10 \rightarrow$ IR: basso $10 \leq PR < 35 \rightarrow$ IR: medio $PR > 35 \rightarrow$ IR alto

Tabella 2d - Determinazione dell' indice radon (IR), nei casi in cui si dispone di una stima di  $k$ , e protezione dell'edificio

IR	$Rn_s$ ( $kBq/m^3$ )			Protezione dell'edificio	Altre opere d'urbanizzazione
Basso	$Rn_s < 30$	$Rn_s < 20$	$Rn_s < 10$	Nessuna	Nessun accorgimento particolare
Medio	$30 \leq Rn_s \leq 100$	$20 \leq Rn_s \leq 70$	$10 \leq Rn_s \leq 30$	Membrane impermeabili al radon	Evitare l'impermeabilizzazione del terreno nelle aree circostanti l'edificio, preferendo coperture permeabili
Alto	$Rn_s > 100$	$Rn_s > 70$	$Rn_s > 30$	Membrane + Depressurizzazione e ventilazione del vespaio (*)	Garantire la presenza di un' area priva di ogni copertura (fascia di rispetto permeabile) intorno all'edificio
	$< 4.0 \cdot 10^{-13}$ Bassa	$4 \cdot 10^{-13} \leq k \leq 4 \cdot 10^{-12}$ Media	$> 4 \cdot 10^{-12}$ Alta		
	Permeabilità ( $k$ , $m^2$ )				

(\*) Nel caso di IR alto, si consiglia il controllo dell'intervento di protezione, tramite monitoraggio annuale della concentrazione di radon indoor

gas si possano ottenere proprio secondo valutazioni di tipo geologico. Informazioni più approfondite invece si ricavano dall'esecuzione di specifici rilievi della concentrazione di Radon nei gas del suolo (rilievi di *Soil Radon*).

Pertanto, ponendo il problema all'attenzione degli urbanisti, dei progettisti e dei costruttori, nei territori che sono stati preliminarmente individuati potenzialmente a rischio, quest'indagine dovrebbe essere compresa tra quelle di natura geologica, necessarie per la redazione dei piani urbanistici particolareggiati e per la progettazione delle costruzioni pubbliche e private. Sarebbe pertanto auspicabile che le Associazioni di Categoria, gli Ordini Professionali e le Pubbliche Amministrazioni facessero proprio e diffondessero l'ampio patrimonio di conoscenze oggi disponibile, al fine di tradurre consapevolmente in azioni concrete le strategie di difesa dal rischio naturale Radon nelle abitazioni e nei posti di lavoro.

### La geologia del Radon

Il Radon è un gas nobile, radioattivo e radiogenico, presente nell'ambiente naturale (rocce, sedimenti, suoli, acqua, atmosfera). Esistono tre isotopi principali del Radon, il  $^{222}Rn$  (detto semplicemente

Radon), il  $^{220}Rn$  (conosciuto anche come Toron) e il  $^{219}Rn$  (detto Actinon), appartenenti, rispettivamente, alle famiglie radioattive aventi come capostipiti  $^{238}U$ ,  $^{232}Th$  e  $^{235}U$  (Bourdon et al., 2003). Il  $^{222}Rn$  (di seguito indicato semplicemente come Radon) è l'isotopo caratterizzato dal tempo di dimezzamento più lungo, (3.82 giorni), ed è quindi quello con una maggiore abbondanza e permanenza nell'ambiente. Gli altri due hanno tempi di dimezzamento molto inferiori (dell'ordine di poche decine di secondi) e contribuiscono limitatamente alla concentrazione totale di questo gas in ambiente *indoor*.

Le principali sorgenti del Radon *indoor* sono, nell'ordine: il sottosuolo, i materiali da costruzione e l'acqua utilizzata a fini domestici. Il substrato geologico gioca però il ruolo principale nei processi di potenziale apporto del Radon negli edifici. La natura delle rocce, la loro composizione mineralogica, la concentrazione degli elementi precursori (Uranio, Torio e Radio), la porosità, la permeabilità, il contenuto d'acqua, la presenza di fratture e faglie, la presenza di cavità, sono gli elementi che più condizionano la concentrazione del Radon nel sottosuolo e il suo trasporto attraverso le fondazioni (vedi anche Tabella 1).

Non tutto il Radon prodotto in un suolo o in una roccia per decadimento del radio è disponibile per il passaggio nell'aria, ma soltanto una parte di esso si libera nei pori (processo d'emanazione), può migrare nel terreno e quindi concentrarsi negli ambienti confinati. La presenza d'acqua nei pori influenza fortemente il movimento del Radon nel suolo, ma il parametro che meglio regola il trasporto e l'esalazione è la permeabilità. Com'è noto, quest'ultima può essere distinta in permeabilità primaria, dovuta alle caratteristiche intrinseche di vacuolarità dei terreni (dipendenti dalla densità, dalla porosità interconnessa e dalla granulometria) oppure secondaria (legata alla presenza di fratture e discontinuità strutturali). Anche la carsificazione di una roccia può aumentare la permeabilità generale dell'ammasso roccioso e influenzare l'accumulo e la migrazione del Radon nel sottosuolo.

In presenza di fratture, faglie e discontinuità, il flusso di Radon non ha soltanto una componente diffusiva (legata al gradiente di concentrazione del Radon in un breve intorno del punto di misura, dell'ordine di qualche decina di centimetri), ma anche e soprattutto un trasporto di tipo avettivo (dovuto ai gradienti della pressione dei fluidi nei pori:

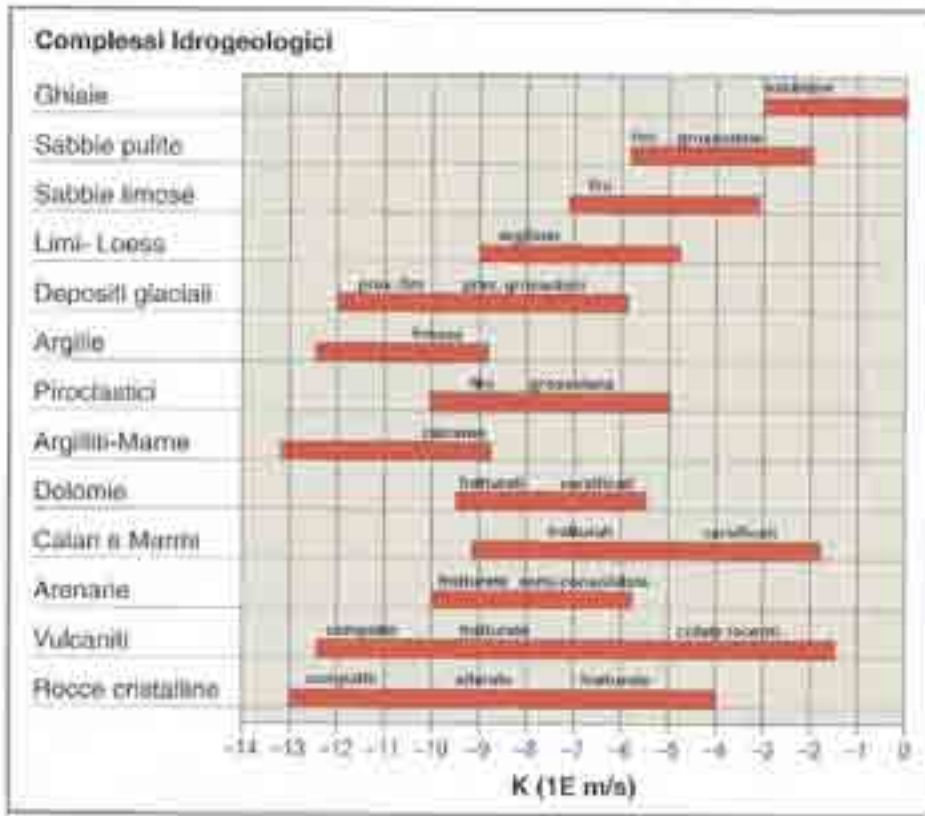


Tabella 3 – Campi di variazione della conducibilità idraulica dei principali complessi rocciosi (tratta da Civita, 2005). Poiché nelle condizioni normali di giacitura dell'acqua, il suo peso specifico, la sua viscosità e la temperatura variano in maniera trascurabile, la conducibilità idraulica (K) e la permeabilità intrinseca (k) possono essere considerate uguali.

H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Richon et al., 2011); in quest'ultimo caso, il Radon, proveniente da aree più profonde, risale con maggiore velocità verso la superficie insieme con altri fluidi, che agiscono da carrier e cioè da convogliatori gassosi trasportatori.

### Metodi di mappatura del rischio

La quasi totalità delle azioni di screening sulla radioattività ambientale effettuate in Italia sono state eseguite negli ambienti indoor. Va sottolineato che le misure effettuate con tale metodologia, ampiamente e correttamente utilizzata per indagini epidemiologiche, risentono di numerosi fattori quali, ad esempio, quelli legati alle abitudini di vita dei residenti, alle tipologie costruttive degli edifici (sia nelle strutture in elevazione, che in fondazione), alla tenuta degli infissi, alla presenza di condizionatori, al periodo d'esposizione (estate/inverno), all'orientamento dei vani, al clima locale ecc. Si può pertanto affermare che in un'area caratterizzata dal medesimo livello di esalazione di Radon, abitazioni costruite con materiali e tecniche diverse, abitate da famiglie con stili di vita diversi, hanno valori di radioattività indoor fortemente

differenziati. Da ciò discende che, per la determinazione del livello di rischio di una specifica area geografica, uno screening fatto sulla base delle misure indoor senza l'adozione di coefficienti correttivi che tengano conto degli elementi sopra richiamati, debba ritenersi puramente indicativo, potendo essere rappresentativo esclusivamente della specifica unità abitativa o di lavoro monitorata. Per la corretta definizione del livello di rischio presente in un'area è quindi necessario disporre di conoscenze sulla localizzazione delle zone nelle quali, per fattori naturali, sono particolarmente attivi o si concentrano i fenomeni d'esalazione della radioattività da Radon. La mappatura del rischio deve basarsi sull'analisi della geologia locale considerando, in particolare, la litologia, la permeabilità dei suoli, la presenza di discontinuità tettoniche (faglie e fratture locali e/o regionali) che possono convogliare notevoli quantità di gas da gran profondità, la presenza di fenomeni carsici più o meno evoluti, lo spessore e la natura dei terreni di copertura e del suolo. Non a caso quest'approccio è tipico di tutti i Paesi nei quali il problema Radon

è posto al centro dell'attenzione delle Istituzioni e dell'opinione pubblica, nei quali le mappe di rischio sono redatte dai competenti Servizi Geologici. Gli studi effettuati sia in Italia che all'estero hanno mostrato che la distribuzione del Radon è fortemente influenzata dalle caratteristiche geologiche. Rispetto ad altri Paesi europei, il nostro territorio ha un assetto geologico molto vario e complesso, con un numero considerevole di litologie differenti che spesso si alternano in spazi molto ristretti, frequentemente a causa di un'attività tettonica molto intensa che ancora oggi comporta l'elevata sismicità del nostro territorio. La presenza, infine, d'ampie zone vulcaniche e altre interessate da fenomeni di termalismo complica ulteriormente il quadro geologico del territorio nazionale.

Partendo da questi presupposti, è descritta una metodica che permette di determinare il rischio da Radon in base alla concentrazione delle sue emanazioni radioattive in ambiente aperto. In funzione della scala di rilievo, l'obiettivo potrà essere raggiunto attraverso studi di primo e di secondo livello, finalizzati, rispettivamente, alla zonizzazione del territorio nell'ambito degli strumenti urbanistici comunali e alla definizione dei tassi d'esalazione del gas a scala locale nei piani urbanistici attuativi.

### Delimitazione delle aree a rischio potenziale Radon a scala comunale (Studio di primo livello)

Nell'ambito dello studio di primo livello, ovvero per la definizione delle aree a rischio potenziale Radon a piccola scala, ad esempio per la redazione di un nuovo piano urbanistico comunale o intercomunale, si adotterà una procedura volta alla definizione del rischio su base geologica. In questo caso i test nel suolo saranno mirati esclusivamente alla validazione della procedura di classificazione e all'assegnazione di parametri quantitativi alle unità di roccia identificate nello studio. La base di partenza della caratterizzazione geologica in questo studio è la suddivisione secondo Unità di Rocca.

Tale approccio, mutuato da uno studio avviato dall'ANPA oltre 10 anni fa e denominato PERS (Potenziale di Esalazione di Radon dal Suolo), può essere validamente utilizzato anche per la definizione di Radon Prone Area ad un livello

di maggior dettaglio della scala nazionale per il quale era stato ideato ed applicato (ANPA, 2000). L'Unità di Roccia è un corpo roccioso tridimensionale omogeneo, con una determinata estensione in superficie e in profondità. E' individuata essenzialmente in base alla litologia e alla geometria (superficie e spessore); spesso è delimitata da elementi tettonici importanti (faglie), ma è definita anche da altre caratteristiche petrografiche, strutturali e tessiturali dell'ammasso: contenuto d'elementi radioattivi (in particolare di  $^{226}\text{Ra}$ ), fratturazione, porosità, permeabilità e caratteristiche idrogeologiche.

Le Unità di Roccia possono essere sorgente diretta di Radon (per es. se contengono elementi radioattivi), oppure possono essere attraversate dal gas migrante verso la superficie (se la fratturazione è elevata). E' quindi fondamentale, al fine di determinare la potenziale presenza di Radon nel suolo, definire e rappresentare con precisione tali unità. Il PERS definisce le Unità di Roccia presenti su tutto il territorio nazionale. Nella parte riguardante le analisi di terreno sono riportati esempi di diverse Unità di Roccia caratterizzate da diversa fatturazione.

Utilizzando Sistemi Informativi Territoriali è possibile ricavare elaborati cartografici che individuano e delimitano aree a rischio potenziale Radon mettendo in relazione i parametri illustrati in Tabella 1.

#### **Protocollo del rilievo del Soil Radon a scala di cantiere (Studio di secondo livello).**

Gli Studi di secondo livello si rendono necessari per le trasformazioni urbanistiche nelle aree classificate a rischio potenziale dagli Studi di primo livello. Cambia quindi la scala dello studio, ma anche le finalità per cui le indagini e la mappatura sono condotte (Castelluccio et al., 2010; Castelluccio, 2010).

Gli Studi di secondo livello consentono di ricavare l'indice Radon (IR), parametro che definisce il livello di rischio locale connesso alle emanazioni di Radon. Esso si ottiene da misure strumentali della concentrazione del Radon nel suolo e della permeabilità intrinseca del suolo.

La misura di *Soil Radon* è effettuata ad almeno 80 cm di profondità (Tabella 2a) con le modalità indicate nel box allegato.

Utilizzando il valore della permeabilità intrinseca, misurata alla stessa profondità (Tabella 2b), si determina il potenziale Radon (PR) con la formula indicata nella Tabella 2c. La medesima Tabella indica la corrispondenza tra potenziale Radon (PR) e indice Radon (IR).

Alternativamente la permeabilità intrinseca può essere stimata:

a) nel caso di suolo o terreno incoerente, tramite curva granulometrica, considerando ad esempio la percentuale in peso della frazione fine,  $f$  ( $<0.063$  mm), secondo il seguente schema di corrispondenza (Barnet et al., 2008):

-  $f < 15\%$  → permeabilità alta

-  $15\% < f < 65\%$  → permeabilità media

-  $f > 65\%$  → permeabilità bassa

b) nel caso di substrato roccioso, tramite fonti bibliografiche che riportano gli intervalli di variazione della permeabilità intrinseca dei principali complessi rocciosi, in funzione delle caratteristiche litologiche e granulometriche e dello stato di fratturazione e/o carsificazione (Tabella 3).

In questo caso l'indice Radon (IR) è ricavato utilizzando la Tabella 2d attraverso la comparazione del valore della permeabilità intrinseca stimata (classe bassa, media o alta corrispondente) con il valore della misura di *Soil Radon*.

Le Tabelle 2c e 2d riassumono quindi la procedura proposta per la determinazione del potenziale Radon (PR) e dell'indice Radon (IR) di un lotto di terreno su cui è prevista l'edificazione, in funzione dei quali sono indicati gli accorgimenti tecnici da adottare a protezione dell'edificio (Jiranek, 2010) ed altre opere d'urbanizzazione nelle aree limitrofe.

Per comprendere meglio il significato degli indici PR e IR si riporta il seguente esempio. Con un valore di *Soil Radon* di  $25 \text{ kBq/m}^3$  (ottenuto in corrispondenza del 75<sup>esimo</sup> percentile della distribuzione cumulativa di tutti i dati della mappatura) e una permeabilità intrinseca di  $6 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$  (ottenuta seguendo lo stesso approccio

statistico), applicando la formula riportata in Tabella 2, si ottiene un valore di PR uguale a 20, pari ad una classe di rischio (IR) medio. Se avessimo avuto a disposizione solo una stima della permeabilità, avremmo dedotto il valore di IR dalla Tabella 2d, scegliendo tra i valori corrispondenti alla colonna della permeabilità alta ( $>4 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$ ), la casella con il valore di *Soil Radon* misurato (in questo caso quella intermedia, con valori di *Soil Radon* tra 10 e  $30 \text{ kBq/m}^3$ ), alla quale corrisponde la classe di IR medio. Per questo livello di rischio è consigliato isolare l'edificio dal terreno sottostante mediante membrane impermeabili al Radon e di lasciare nell'immediato intorno dell'edificio suoli permeabili ed areati.

E' bene specificare che i valori di *Soil Radon* e della permeabilità intrinseca sono influenzati dalla fluttuazione stagionale dei parametri meteo-climatici, vale a dire dalla variazione del contenuto d'acqua e della temperatura del suolo. Si rende pertanto necessaria una normalizzazione dei dati alle condizioni medie annue operando, per esempio, la correzione proposta da Castelluccio (2010), basata sul monitoraggio contemporaneo del *Soil Radon*, del contenuto d'acqua e della temperatura del suolo nel test-site della Valle della Caffarella (Roma), dove affiorano i prodotti dell'attività dei Colli Albani. Ulteriori studi sono in corso per proporre un approccio di normalizzazione che possa essere applicabile anche su altri terreni.

#### BIBLIOGRAFIA

ANPA, Agenzia Nazionale per l'Ambiente, (2000) – Il Sistema Informativo Territoriale per la valutazione del Potenziale di Esalazione di Radon dal Suolo. Rapporto ANPA, serie Stato dell'Ambiente 9/2000.

CASTELLUCCIO M., (2010) – Studio del Soil Radon nel *test-site* della Valle della Caffarella, Roma. Tesi di Dottorato in Geodinamica presso l'Università "Roma Tre"

CASTELLUCCIO M., MORONI P., TUCCIMEI P., NEZNAL M., NEZNAL M., (2010) – Soil Gas Radon Concentration and Permeability at "Valle della Caffarella" Test Site (Roma, Italy). Evaluation of Gas Sampling

Techniques and Radon Measurements Using Different Approaches. Proceedings of 10th International Workshop On The Geological Aspects Of Radon Risk Mapping, Ivan Barnet e Matej Neznal Editori, Czech Geological Survey, Prague (CZ), September 22nd – 25th, 2010, 61-71.

BARNET I., PACHEROVA P., NEZNAL M., NEZNAL M., (2008) – Radon in geological environment – Czech experience. Czech Geological Survey Special Papers 19, pp 1-70.

BEAR J., (1972) - Dynamics of Fluids in Porous Media, American Elsevier, New York .

BOURDON B., TURNER S., HENDERSON G.M., LUNDSTROM C.C., (2003) - Introduction to U-series geochemistry. In: “Uranium-series geochemistry”, Reviews in Mineralogy & Geochemistry, 52, 1-21.

CIVITA M., (2005) – Idrogeologia applicata e ambientale. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

ELLESS M. P., LEE S. Y., (1996) - Uranium solubility of carbonate-rich uranium-contaminated Soils. Water, Air, and Soil Pollution 107, 147–162

GRENTHE I., (1984) – Studies on metal carbonate equilibria. Part 10. A solubility study of the complex formation in the uranium(VI)-water-carbon dioxide (g) system at 25°C. J. Chem. Soc. Dalton Trans, 2439-2443.

JIRANEK M., (2010) – Radon protective and remedial measures in the Czech Republic. Proceedings of 10th International Workshop On The Geological Aspects Of Radon Risk Mapping, Ivan Barnet e Matej Neznal Editori, Czech Geological Survey, Prague (CZ), September 22nd – 25th, 2010, 142-147.

NEZNAL M., NEZNAL M., MATOLIN M., BARNET I., MOKSOVA J., (2004) - The new method for assessing the Radon risk of building sites. Czech Geological Survey, Prague.

NGUYEN-TRUNG C., BEGUN G. M., PALMER D. A., (1992) - Aqueous Uranium Complexes. 2. Raman Spectroscopic Study of the Complex Formation of the

Dioxouranium(VI) Ion with a Variety of Inorganic and Organic Ligands. Inorganic Chemistry 31, 5280-5287.

REGENSPURG S., SCHILD D., SCHÄFER T., HUBER F., MALMSTRÖM M. E., (2009) - Removal of uranium(VI) from the aqueous phase by iron(II) minerals in presence of bicarbonate. Applied Geochemistry 24, 1617–1625.

RICHON P., PERRIER F., KOIRALA B. P., GIRAULT F., BHATTARAI M., SAPKOTA S. N., (2011) - Temporal signatures of advective versus diffusive Radon transport at a geothermal zone in Central Nepal. Journal of Environmental Radioactivity 102, 88-102.

WHO, WORLD HEALTH ORGANISATION, (2009) - WHO Handbook on Indoor Radon: a public health perspective; Zeeb, H.; Shannoun F., Ed., France, 2009, pp 1-95



**Meno carta  
più informazione  
di qualità**



**Formula «Bollettino  
e Banca Dati»**

L'abbonamento alla Legislazione Tecnica, con la formula «*Bollettino e Banca Dati*», è l'ideale per chi desidera una informazione di qualità **riducendo al minimo la carta**, grazie ad aggiornamenti chiari e tempestivi e ad un qualificato servizio online, comprensivo di una **completa Banca Dati** di normativa e giurisprudenza.

**[legislazionetecnica.it/f1](http://legislazionetecnica.it/f1)**



**L'Editrice dell'Edilizia**