

**theremino**  
•the•real•modular•in-out•

**Sistema** theremino

# Informazioni sul Radon

# Il Radon

Il radon è un costituente dell'aria da milioni di anni ma siamo venuti a conoscenza della sua esistenza solo da quando sono stati sviluppati strumenti in grado di rilevarlo e misurarlo. La sua presenza causa molta preoccupazione per via delle allarmanti statistiche che lo legano ai casi di cancro ai polmoni.

Il radon è l'elemento 86 della tavola periodica - abbreviazione "Rn" - un gas invisibile, incolore e inodore, non pericoloso di per se ma instabile e quindi radioattivo.

Gli isotopi del Radon si formano nelle rocce contenenti Uranio, Radio e Torio e attraversano facilmente molte sostanze porose come il terreno, le rocce, e anche la plastica. Diffondono facilmente nell'aria e nell'acqua e vengono da esse trasportati.

## Radon e suoi discendenti

Radionuclide	Nome alternativo	Proviene da:	Tempo di dimezzamento	Principali energie di emissione (MeV)		
				Alfa	Beta	Gamma
<b>Rn-222 (1)</b>	<b>Radon</b>	Radio-226 e Uranio-238	3.82 giorni	5.49	-	-
<b>Po-218 (1)</b>	-	-	3.2 min	6.00	-	-
<b>Pb-214</b>	-	-	26.8 min	-	0.67 / 0.73 / 1.03	0.25 / 0.30 / 0.35
<b>Bi-214</b>	-	-	19.9 min	-	1.51 / 1.54 / 3.28	0.61 / 1.12 / 1.76
<b>Po-214 (1)</b>	-	-	0.16 ms	7.69	-	-
<b>Pb-210</b>	-	-	22.3 anni	-	0.17 / 0.63	0.046
<b>Bi-210</b>	-	-	5.01 giorni	-	1.16	-
<b>Po-210 (2)</b>	-	-	138 giorni	5.30	-	-
<b>Pb-206</b>	-	-	stabile			

## Thoron e Actinon

Radionuclide	Nome alternativo	Proviene da:	Tempo di dimezzamento	Principali energie di emissione (MeV)		
				Alfa	Beta	Gamma
<b>Rn-220 (3)</b>	<b>Thoron</b>	Torio-232	55.6 secondi	<b>(5)</b>	-	-
<b>Rn-219 (4)</b>	<b>Actinon</b>	Uranio-235	3.96 secondi	<b>(5)</b>	-	-

**(1)** Evidenziate in giallo le tre disintegrazioni alfa di nostro interesse (che vengono contate dalla camera a ioni)

**(2)** Le disintegrazioni del Po-210 sono in numero molto inferiore. Il loro effetto è del tutto trascurabile e indistinguibile dal rumore casuale.

**(3)** Il Thoron ha un decadimento quasi 6000 volte più rapido del Radon ed è facile produrlo come discendente del Torio-232. Per questi motivi viene spesso usato nei test di laboratorio ma non è importante nelle misure ambientali.

**(4)** L' Actinon è molto raro. Non viene misurato normalmente e non è importante nelle misure ambientali.

**(5)** Sia il Thoron che l'Actinon decadono con emissione alfa ma la loro energia non viene specificata perché prodotta principalmente dai discendenti che qui non sono listati.

## Concentrazione all'esterno e all'interno

La concentrazione di radon **nell'aria esterna è circa un millesimo della sua concentrazione nel terreno**. Questo può essere dimostrato mettendo un secchiello rovesciato sul terreno nudo con dentro un apparecchio misuratore di radon. Il radon che emana dal suolo si raccoglie nel del secchio fino a raggiungere una condizione di equilibrio. Il monitor indicherà **una concentrazione di radon che è centinaia di volte superiore a quella nell'aria circostante**.

**Una casa** con fondamenta, pareti, pavimenti e tetto può essere considerata **simile a un secchio rovesciato** e intrappola il radon, soprattutto se tutte le finestre della casa sono chiuse. In queste condizioni, il radon potrebbe essere da 10 a 100 volte più concentrato che all'esterno.

Dato che nei paesi sviluppati si vive gran parte del tempo al chiuso, al lavoro, a scuola, o in casa, si viene facilmente esposti a concentrazioni di radon abbastanza alte da mettere in pericolo la salute.

## Concentrazione nell'acqua

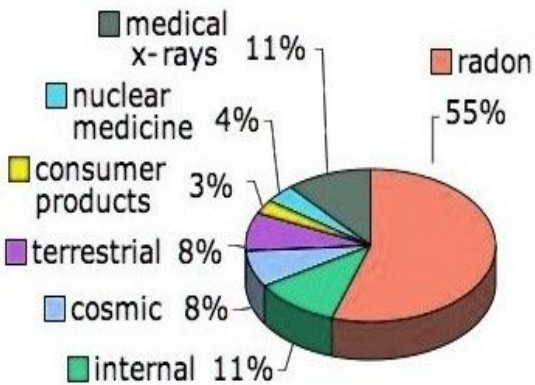
Non tutte le acque potabili contengono radon. Se l'acqua proviene da una sorgente superficiale come un fiume, lago, o serbatoio, gran parte del radon viene rilasciato nell'aria o decade prima di raggiungere i rubinetti di casa. Il Radon è un problema solo se l'acqua viene pompata da pozzi e proviene direttamente dalla falda acquifera. Tuttavia non tutte le sorgenti profonde contengono radon.

Attualmente non ci sono livelli di legge per la concentrazione di radon nell'acqua. I regolamenti attuali di alcuni acquedotti fissano un limite a 4000 Bq/m<sup>3</sup> (100 pCi/l) mentre alcune leggi proposte prevedono di ridurre il livello di Radon nell'acqua potabile sotto ai 10000 Bq/m<sup>3</sup> (300 pCi/l)

# Pericolosità del radon

Il gas radon costituisce oggi in Italia la seconda causa di cancro al polmone dopo il fumo di tabacco (ISPESL - Istituto Superiore per La Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro - Pubblicazione "Il radon in italia.pdf")

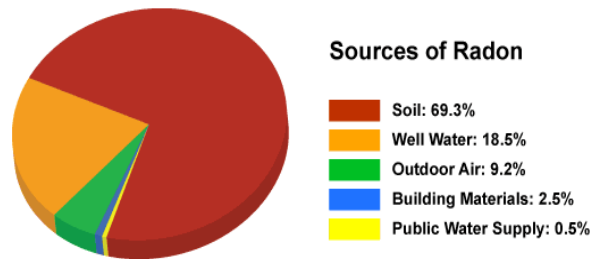
L'esposizione al radon è una delle principali cause di tumore polmonare e rende conto di circa la metà della dose complessiva alla popolazione mondiale, oltre ad essere considerata una delle principali cause di tumore polmonare dopo il fumo di sigaretta. L'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato il radon tra i prodotti più cancerogeni (classe 1)



Questo importante fattore di rischio per la salute, per quanto conosciuto da tempo, è stato molto trascurato fino ad ora. Solo da pochi anni si comincia a comprendere la sua importanza e quanto il Radon sia diffuso nelle abitazioni.

L'uomo è stato esposto da sempre a una radioattività di origine naturale ma oggi questa esposizione è aumentata dato che si vive prevalentemente in ambienti chiusi e poco aerati. La quota di radiazioni di gran lunga più rilevante è quella derivata dall'esposizione a radon presente nell'aria degli ambienti in cui si vive.

La presenza di radon disciolto nell'acqua potabile causa espone lo stomaco per ingestione causa un rischio minimo di tumori allo stomaco. Ma la maggior parte del rischio associato alla presenza di radon nell'acqua potabile è dovuto al trasferimento di radon verso l'aria.



Il radon diffonde facilmente dall'acqua all'aria, e quando le concentrazioni sono particolarmente elevate l'acqua (ad esempio della doccia) contribuisce ad aumentare significativamente la concentrazione di radon nell'aria.

Concentrazione di Radon (approssimativa)		Numero di persone che muoiono per cancro al polmone (*) (ogni 100 persone)	
Bq/m3	pCi/L	Non fumatori	Fumatori
1500	40	10	60
750	20	4	26
400	10	1	15
300	8	-	12
150	4	-	6
75	2	-	3
50	1.25	-	2
15	0.4	-	1

(\*) Secondo i dati raccolti dalla agenzia americana EPA (Environmental Protection Agency) nella ricerca "Lifetime risk of lung cancer deaths from EPA Assessment of Risks from Radon in Homes (EPA 402-R-03-003)"

## Livelli massimi secondo la legge

L'Environmental Protection Agency (EPA) ha dichiarato che un livello di radon inferiore a 150 Bq/m<sup>3</sup> (4 pCi/l) presenta poco o nessun rischio per la salute.

L'EPA ha anche pubblicato raccomandazioni per le azioni specifiche da adottare laddove si riscontrino livelli di concentrazione superiori. Questi includono ulteriori esami di controllo in altre stanze della casa. Tuttavia, in ultima analisi, non esistendo un assoluto livello di soglia di sicurezza stabilito scientificamente, spetta al proprietario di abitazione di decidere quale livello di radon è accettabile per la sua casa.

Confronti di rischio pubblicati indicano che una concentrazione di radon di 1000 Bq/m<sup>3</sup> (30 pCi/l) comporta circa lo stesso rischio cumulativo di fumare due pacchetti di sigarette al giorno.

## Meccanismi biologici

La minaccia la salute del radon è indiretta. Quando gli esseri umani respirano aria contaminata le particelle alfa prodotte dalla disintegrazione del radon e dei suoi figli, possono causare un danno cromosomico ai sottili strati di tessuto polmonare. Tale danno è una potenziale causa di cancro ai polmoni, soprattutto se combinata con gli effetti del fumo di sigaretta.

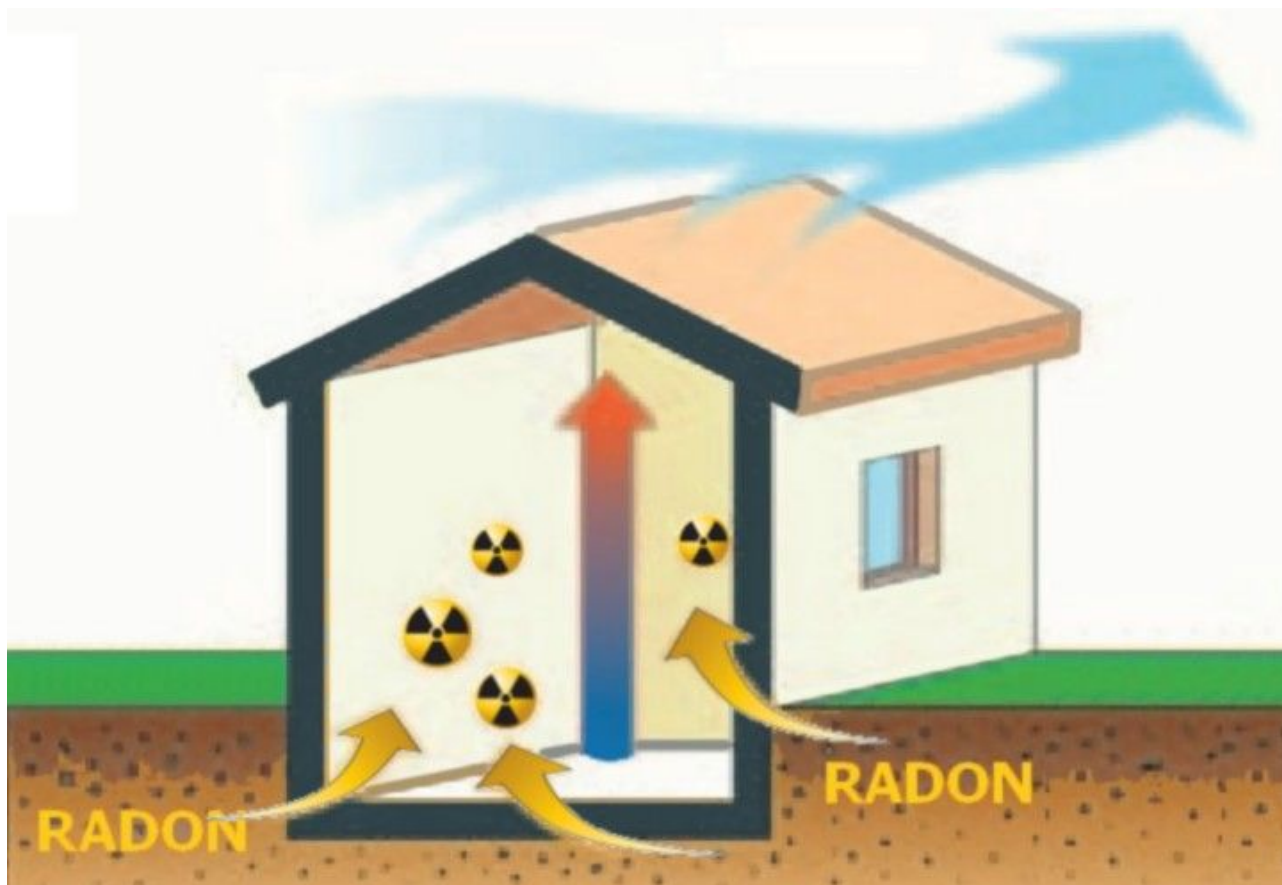
La maggior parte del radon 222 (5.5 MeV di energia) che viene inalato è o esalato direttamente o si diffonde nel flusso sanguigno, dove la sua emissione alfa fa poco danno rilevabile. Tuttavia, progenie di breve durata del radon come il Polonio-214 e il Polonio-218 emettono particelle alfa di maggiore energia (6 MeV e 8 MeV circa) che sono in grado di danneggiare i tessuti umani sensibili.

Gli atomi del radon possono disintegrarsi a loro volta formando polonio, bismuto e piombo. Anche questi prodotti, detti "di decadimento", sono radioattivi e si associano agli aerosol dell'aria che respiriamo. I prodotti di decadimento si accumulano progressivamente negli spazi chiusi. Durante la respirazione, possono penetrare nei polmoni, depositarsi sul tessuto polmonare e irradiarlo, dando origine in alcuni casi ad un processo cancerogeno.

## Come il radon entra nelle abitazioni

La concentrazione di radon nell'atmosfera varia in funzione delle variazioni stagionali e giornaliere della temperatura e della pressione atmosferica.

La concentrazione di radon all'interno dei locali è in media 10 volte superiore a quella che si riscontra all'aperto. Il radon attraverso il terreno penetra nelle fessure, nei muri e nei pavimenti, passaggi di cavi o tubazioni.



La causa principale della presenza del radon nelle abitazioni è la depressione che si viene a creare tra i locali abitati ed il suolo. La depressione è indotta dal vento e dalle differenze di temperatura, che è maggiore in inverno quando gli edifici vengono riscaldati. Gli effetti di questa depressione si traducono nell'aspirazione dell'aria dal suolo e con essa del radon contenuto. L'aspirazione del Radon è facilitata anche da aperture come camini, finestre, lucernari, nonché da impianti di aspirazione delle cucine, bagni ecc..

Ma anche senza differenza di pressione tra l'aria interna e il suolo, il radon penetra ugualmente (ma più lentamente) per effetto della diffusione. La diffusione avviene secondo la legge di Fick: "Due volumi d'aria, aventi concentrazioni diverse di inquinanti, tendono a diluirsi portandosi a concentrazioni omogenee".

## Punti di ingresso del radon



- 1 Muraure
- 2 Prese di corrente (attraverso i tubi dell'impianto elettrico)
- 3 Pozzetti
- 4 Tubature
- 5 Pavimento in terra
- 6 Aperture esterne (finestre e porte esterne)
- 7 Aperture interne
- 8 Materiali porosi (muri interrati e pavimenti)
- 9 Camini
- 10 Giunti tra muri e pavimento
- 11 Crepe e fessurazioni

# Conversioni tra Curie e Bequerel

## Tabella di conversione

Bq/m <sup>3</sup>	pCi/l
0.5	0.013
1	0.027
2	0.054
5	0.135
10	0.27
20	0.54
50	1.35
100	2.7
200	5.4
500	13.5
1000	27
2000	54
5000	135
10000	270
20000	540
50000	1350
100000	2700

pCi/l	Bq/m <sup>3</sup>
0.01	0.37
0.02	0.74
0.05	1.85
0.1	3.7
0.2	7.4
0.5	18,5
1	37
2	74
5	185
10	370
20	740
50	1850
100	3700
200	7400
500	18500
1000	37000
2000	74000

## Conversioni semplici

1 Curie = 37 GigaBequerel

1 pCi = 0.037 Bq

1 Bq = 27.02 pCi

## Con il tempo (secondi e minuti)

1 Bq = 1 CPS (una disintegrazione per secondo)

1 Bq = 60 CPM

1 pCi = 0.037 CPS

1 pCi = 2.22 CPM

## Con il volume (1 metro cubo = 1000 litri)

1 pCi/l = 37 Bq/m<sup>3</sup>

1 Bq/m<sup>3</sup> = 0.02702 pCi/l



# Concentrazioni di radon

Le conversioni da Bequerel per metro cubo a PicoCurie per litro riportate tra parentesi sono approssimate con un rapporto di 40, invece di 37, per ottenere valori i usuali arrotondati ai multipli di 1, 2, 4, 5

## Livelli massimo consigliato dalla EPA

---

Per gli edifici da costruire: 150 Bq/m<sup>3</sup> (4 pCi/l)

## Livelli massimi secondo la normativa europea (consigliata)

---

Per gli edifici esistenti: 400 Bq/m<sup>3</sup> (10 pCi/l)

Per gli edifici da costruire: 200 Bq/m<sup>3</sup> (5 pCi/l)

## Livelli massimi secondo alcuni regolamenti

---

Working ambients = 800 bq/m<sup>3</sup> (20 pCi/l)

Basement with radon = 400 bq/m<sup>3</sup> (10 pCi/l)

## Concentrazione di radon all'esterno

---

Da 5 a 10 Bq/m<sup>3</sup> (da 0.2 a 0.4 pCi/l)

## Ordini di grandezza con scala in PicoCurie e Bequerel

pCi/litro	Bq/m <sup>3</sup>	impulsi/minuto	impulsi/secondo	risultato
0.01	0.4	0.02	-	(Nota 1)
0.1	3.7	0.2	-	stai tranquillo
1	37	2	0.03	controlla sovente
10	370	22	0.3	preoccupati
100	3700	220	3	fai subito qualcosa
1000	37000	2200	33	(Nota 2)

(Nota 1) Una concentrazione così bassa, inferiore all'aria esterna, è misurabile solo se la camera a ioni non funziona o se viene sigillata in un recipiente impermeabile al radon per una decina di giorni.

(Nota 2) Cercando "radon graph" (a immagini) si raccolgono centinaia di grafici. Quasi nessun grafico mostra valori oltre qualche centinaio di pCi/l.

# Caratteristiche dei materiali

## Coefficienti di solubilità caratteristici del radon in diversi materiali (20 °C, 1 atm)

Materiale	Coefficiente di solubilità
Acqua	0,25
Aria	1
Polietilene	5-10
Gomma, silicone	10-50
Alcol etilico	6
Acetone	6
Benzene	13
Toluene	13
Xilene	13
Cloroformio	15
Etere	15
Esano	17

## Impermeabilità dei materiali da costruzione

Materiale	Impermeabile al Radon
PEHD foil 1.5 mm	si
PVC alloy 1 mm	si
Polymer bitumen 4 mm	si
Epoxy resin 3 mm	si
Vernice 0.2 mm	no
Cemento 100 mm	no
Pietra 150 mm	no
Plastica 100 mm	no
Mattoni 150 mm	no

Il radon diffonde attraverso il PE, infatti i dosimetri passivi con pellicola LR-115 vendono alloggiati in una "cassettina" che poi viene inserita in una bustina di PE sigillata pronta per l'esposizione (cioè che viene esposta così, sigillata). Ogni esposizione viene generalmente accompagnata da una prova "in bianco" effettuata parallelamente sullo stesso lotto di dosimetri che viene però conservato. Per la conservazione si realizzano delle buste, tagliando e ripiegando dell'alluminio plastificato in cui si inserisce il dosimetro completo, poi richiuse mediante termosaldatura dei lembi.

## Principali caratteristiche del Radon

Numero Atomico	86
Peso Atomico	222
Colore	incolore
Densità a 1 bar e 0°C	9,73 gr./lt
Solubilità in acqua a 1 Atm. e 20°C	230 cm <sup>3</sup> /kg
Punto di ebollizione a 1 Atm.	- 62°C