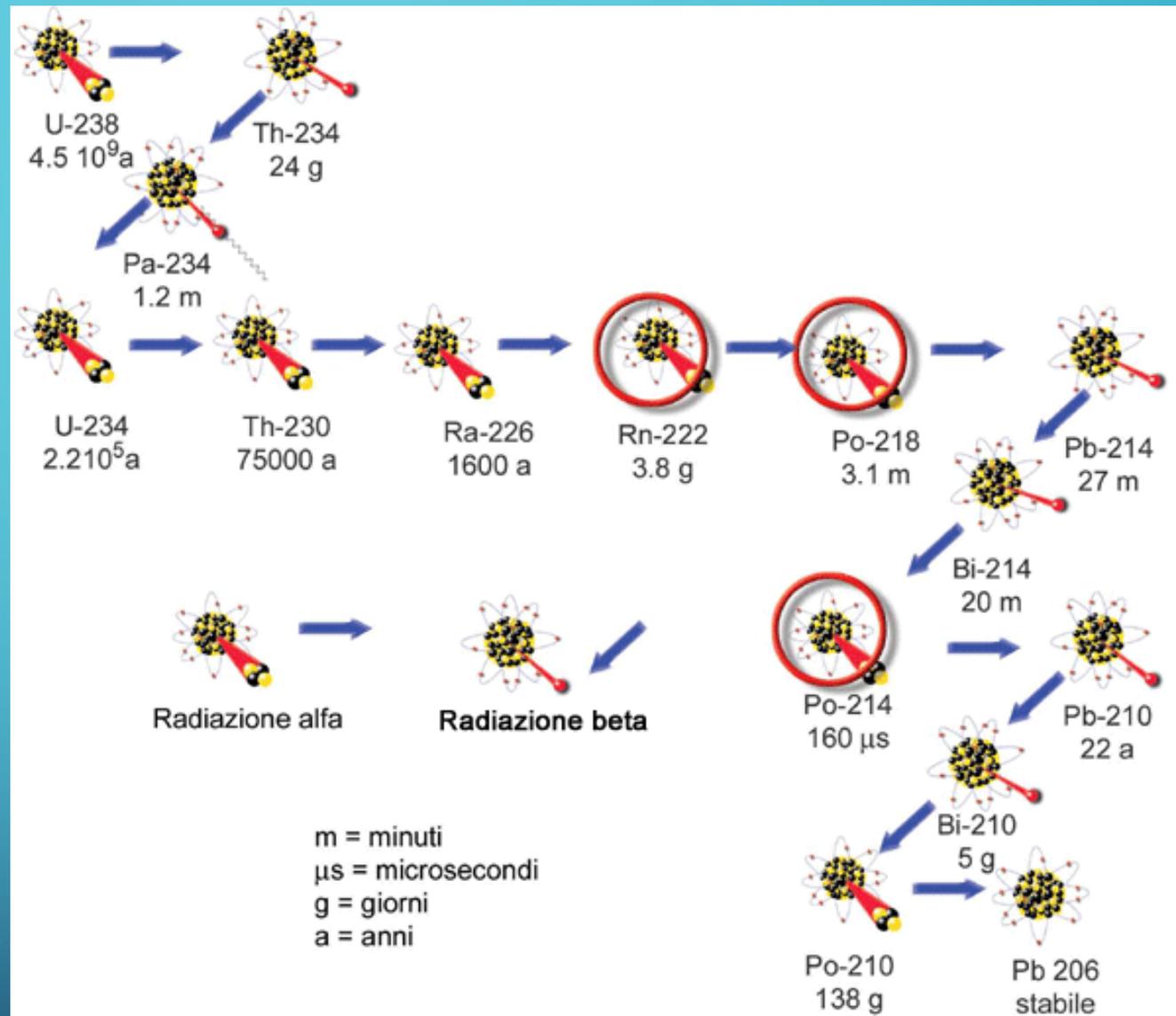


A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a network of white lines and small circles on a blue gradient background, resembling a circuit board or a neural network.

**RADON**

**COS'È E COSA PROVOCA**

# DECADIMENTO DELL' U-238



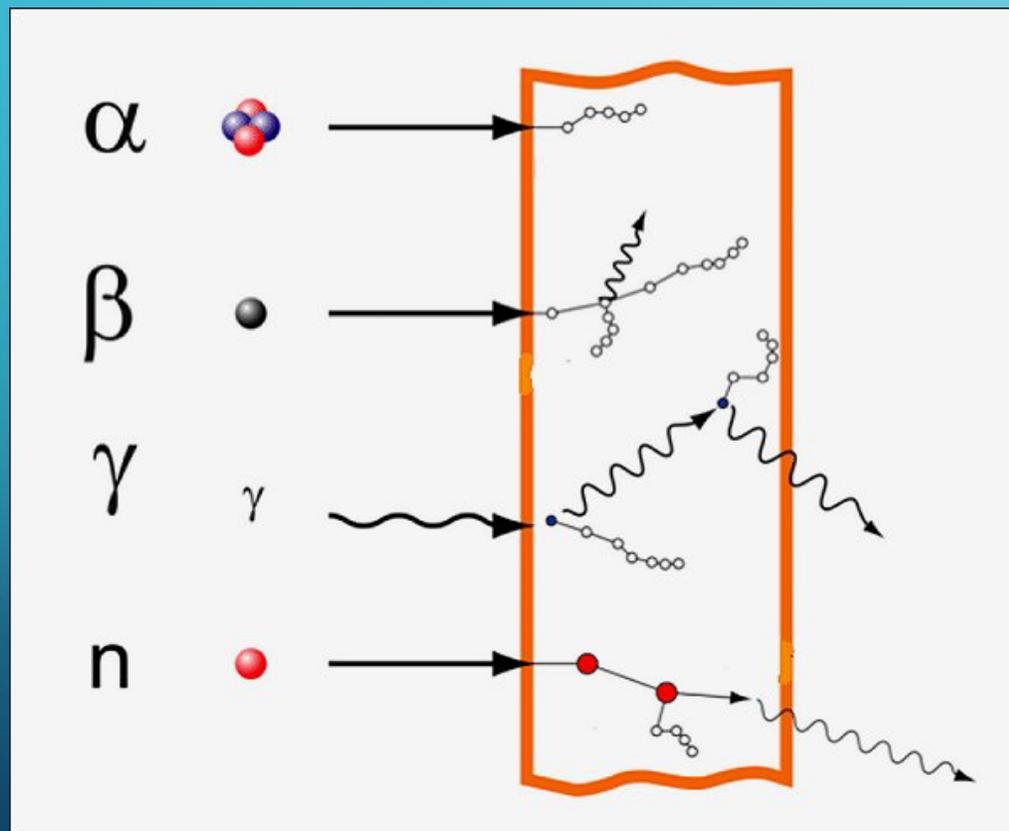


# UNITA' DI MISURA PER LA CONCENTRAZIONE DI RADON

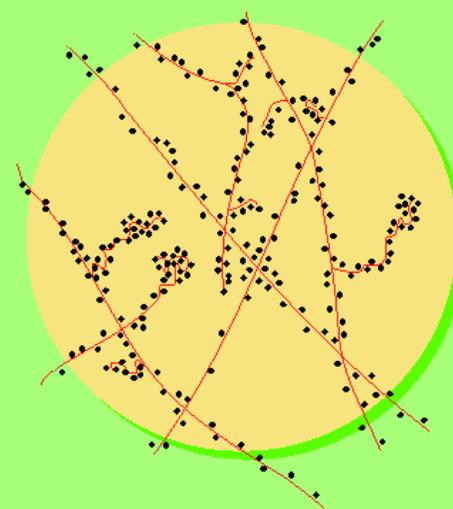
**Bq/m<sup>3</sup>**

**Bq = 1 dec/s**

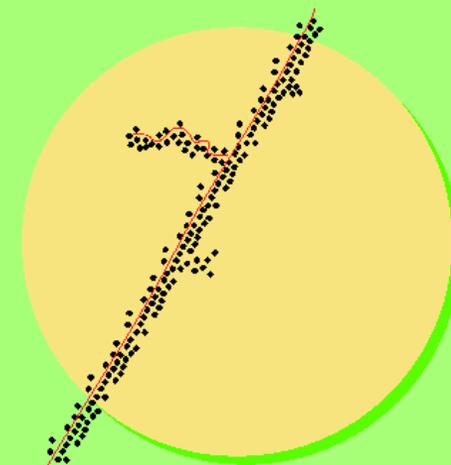
# INTERAZIONE RADIAZIONE MATERIA



## EVENTI DI IONIZZAZIONE



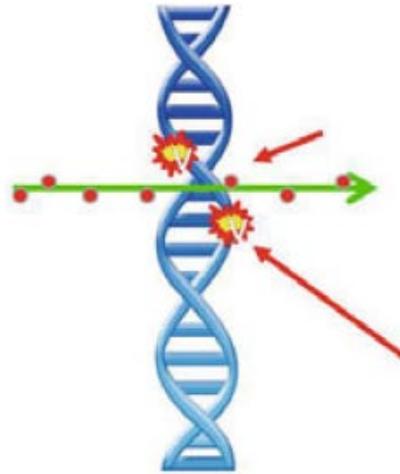
RADIAZIONE A DENSITA' DI IONIZZAZIONE NON MOLTO ELEVATA



RADIAZIONE AD ALTA DENSITA' DI IONIZZAZIONE

### Alto LET

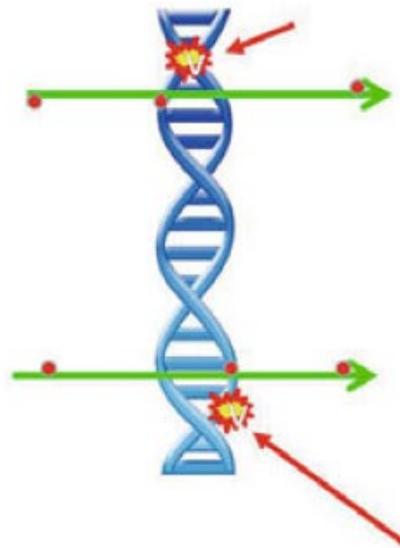
Particelle  $\alpha$ , neutroni, protoni, ioni pesanti



Densamente ionizzanti:  
lesioni vicine

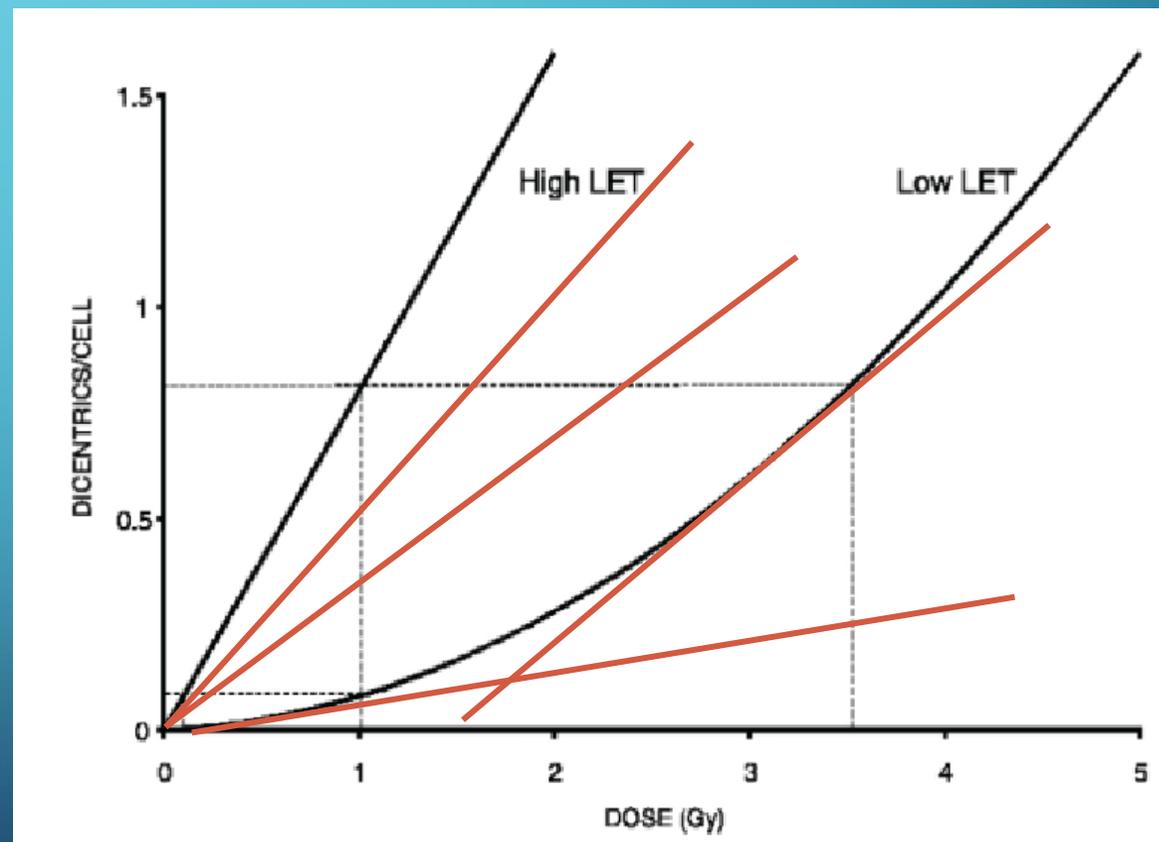
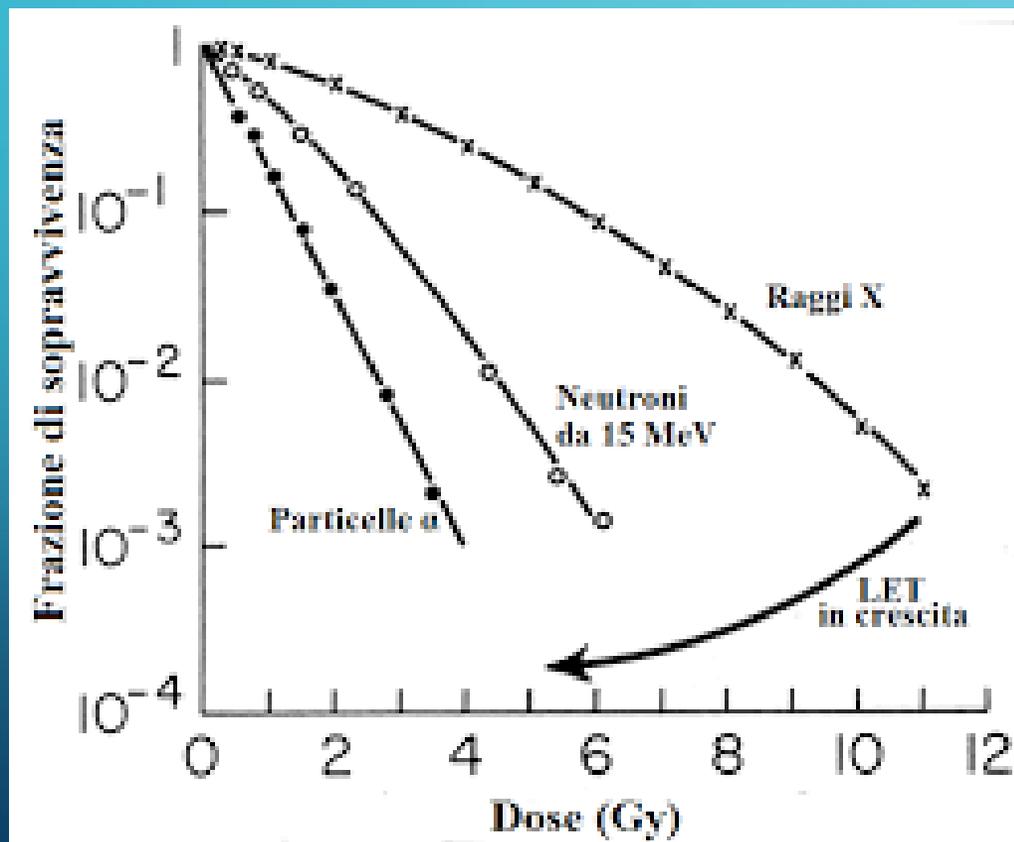
### Basso LET

Radiazioni elettromagnetiche  
(fotoni x e  $\gamma$ ) e  
elettroni accelerati

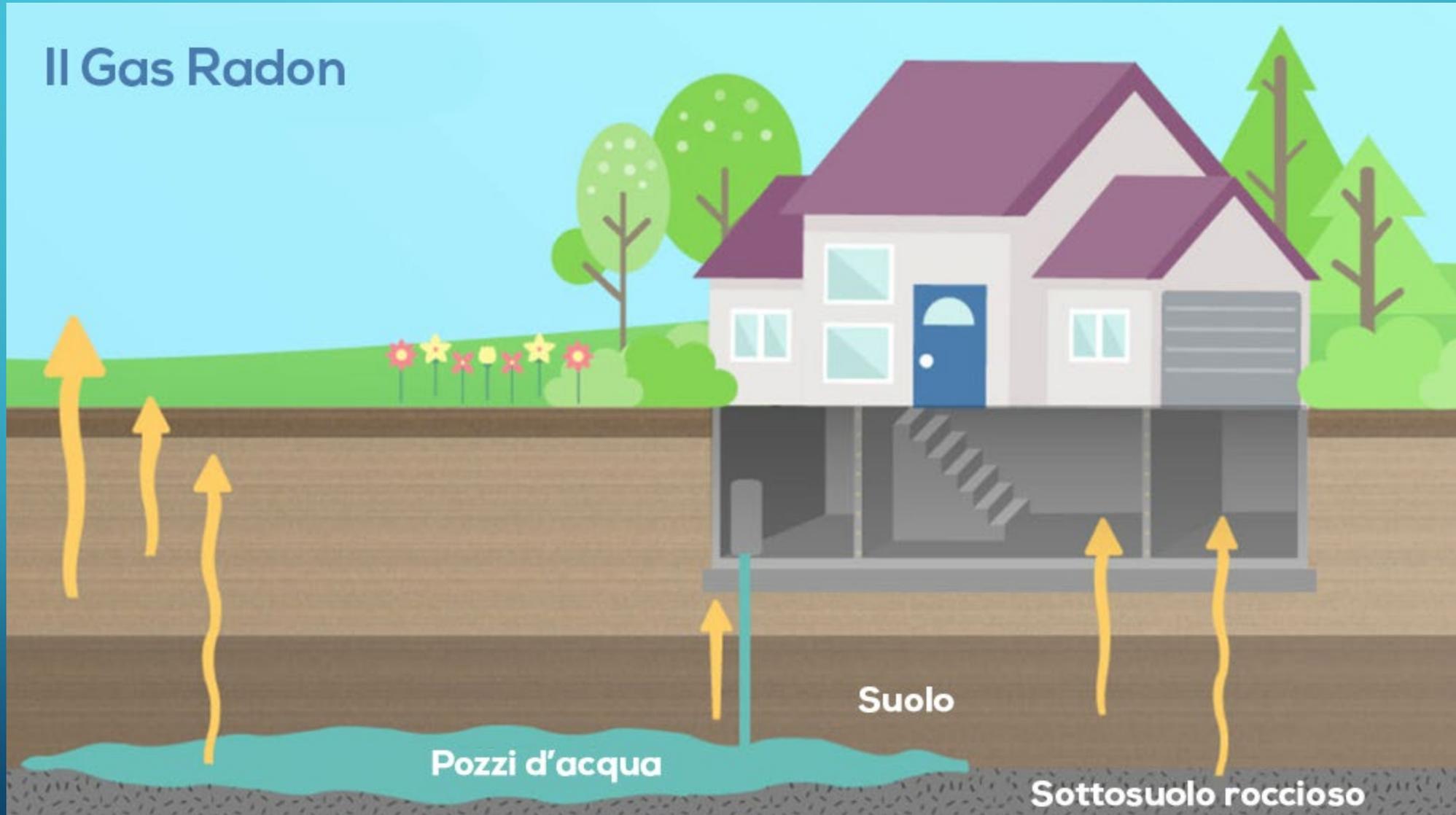


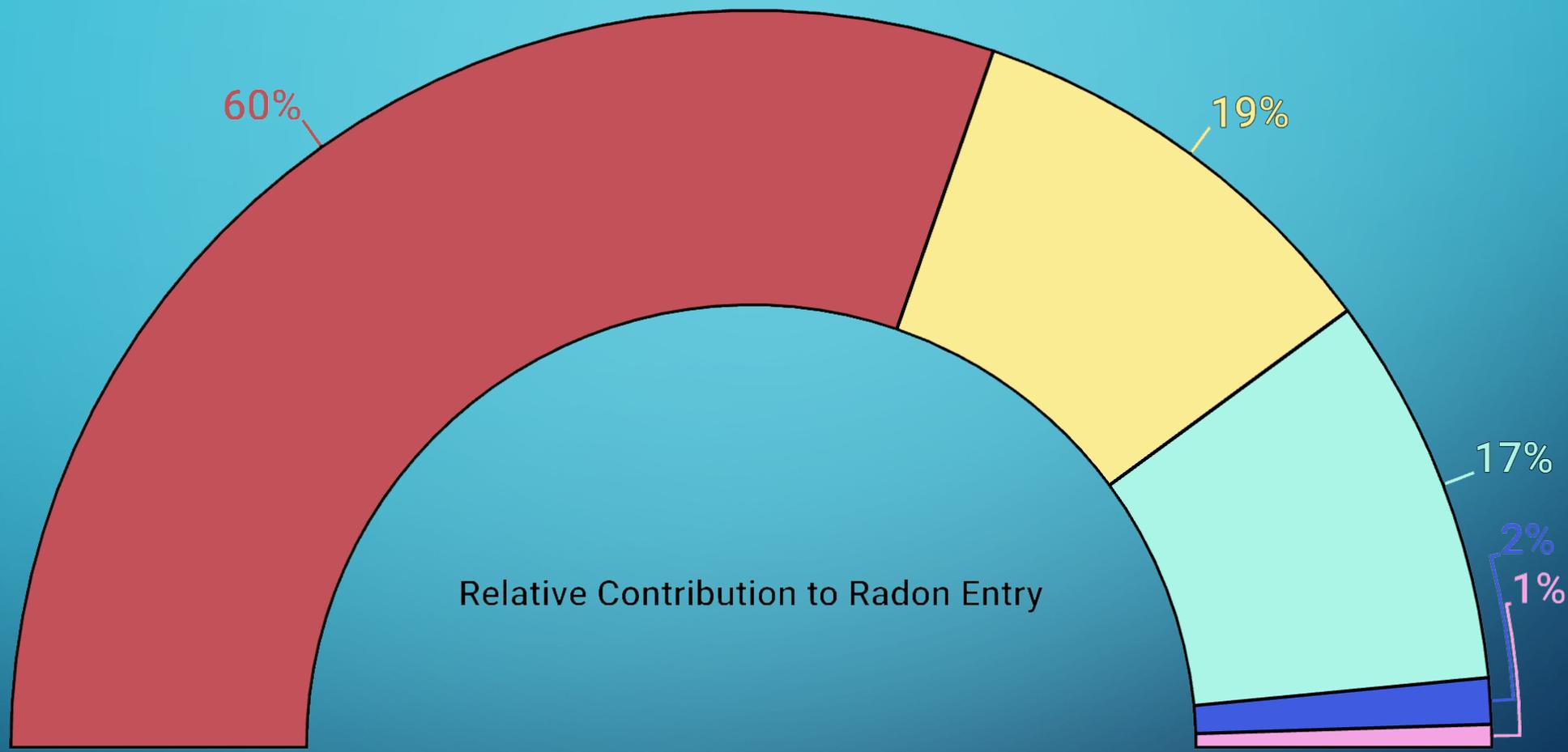
Non densamente ionizzanti:  
lesioni isolate

# INTERAZIONE RADIAZIONE MATERIA



# Il Gas Radon





- Soil
- Building Materials
- Outdoor Air
- Water
- Natural Gas

Materiale da costruzione	Ra-226 (Bq* / kg)	
	media	min-max
tufo	209	136–316
cemento	42	7–98
pietra sienite	317	239–384
pietra peperino	159	109–256
calcestruzzo	22	21–23
laterizi	29	0–67
sabbia	18	0–24
ghiaia	15	11–21
gesso	8	0–16
calce	9	7–15
travertino	1	0–2
marmo	4	1–13
granito	89	24–378
porfido	41	25–51

Attenzione a

- rocce d'origine vulcanica quali tufi, porfidi, graniti, pozzolane

Ma anche a

- cementi di origine pozzolanica,
- sottoprodotti industriali presenti nei materiali da costruzione, (derivati del gesso, scorie d'altoforno, ceneri di carbone)

Ai fini dell'emanazione di radon oltre al contenuto di uranio e radio conta anche la **porosità** del materiale

# DA CHE COSA DIPENDE LA CONCENTRAZIONE DI RADON IN UN LOCALE?

- **Caratteristiche del suolo sottostante l'edificio (contenuto di radio nel terreno, facilità di fuoriuscita dal suolo, presenza di faglie in vicinanza dell'edificio);**
- **caratteristiche dell'edificio (contenuto di radio e facilità di fuoriuscita dai materiali utilizzati, tipologia dell'edificio e dell'attacco a terra, tecnica costruttiva, modo in cui sono disposti i locali, stato e manutenzione dell'edificio);**
- **condizioni ambientali (temperatura, pressione, umidità, condizioni meteorologiche);**
- **stato/modo di utilizzo dell'edificio (riscaldamento, abitudini di vita, ricambi di aria, ecc).**

**In uno stesso ambiente la concentrazione di radon  
è soggetta a fluttuazioni orarie e stagionali**

# DA CHE COSA DIPENDE LA CONCENTRAZIONE DI RADON IN UN LOCALE?

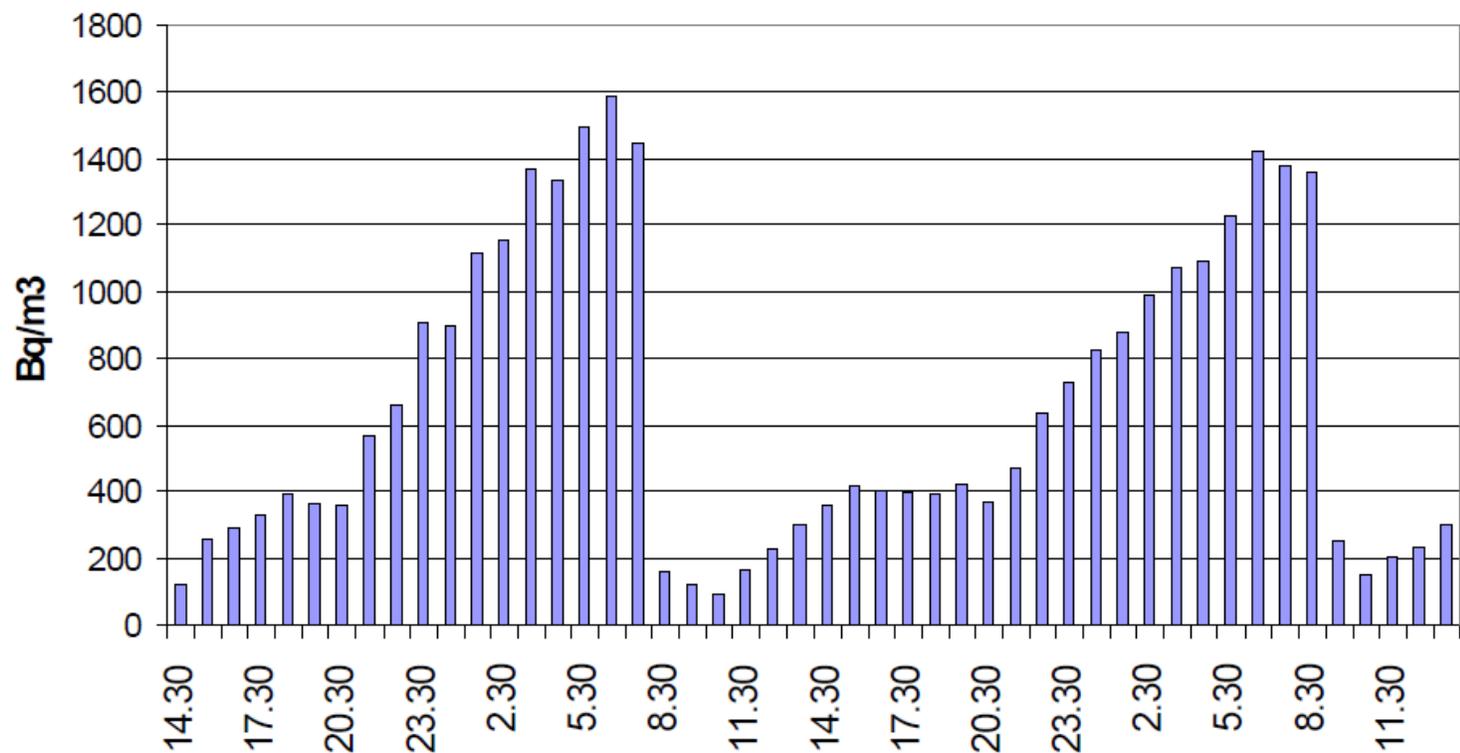
Tipicamente il radon entra nelle case direttamente dal suolo attraverso fessure, crepe, cantine con pavimentazione naturale, tubazioni, ecc. La principale causa dell'afflusso di radon negli ambienti chiusi è la differenza di pressione che si viene a creare tra l'interno e l'esterno degli edifici.

Normalmente l'interno delle case è in depressione rispetto all'esterno. Questa depressione è causata soprattutto da due fenomeni: l'effetto camino e l'effetto vento.

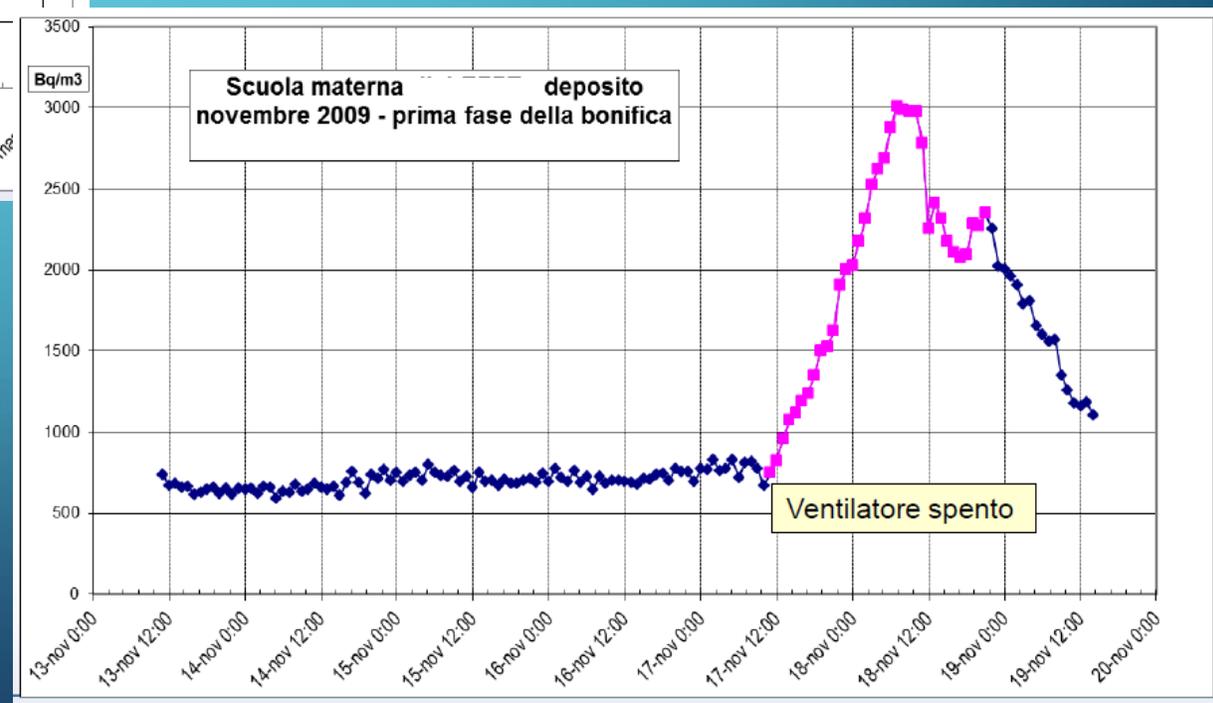
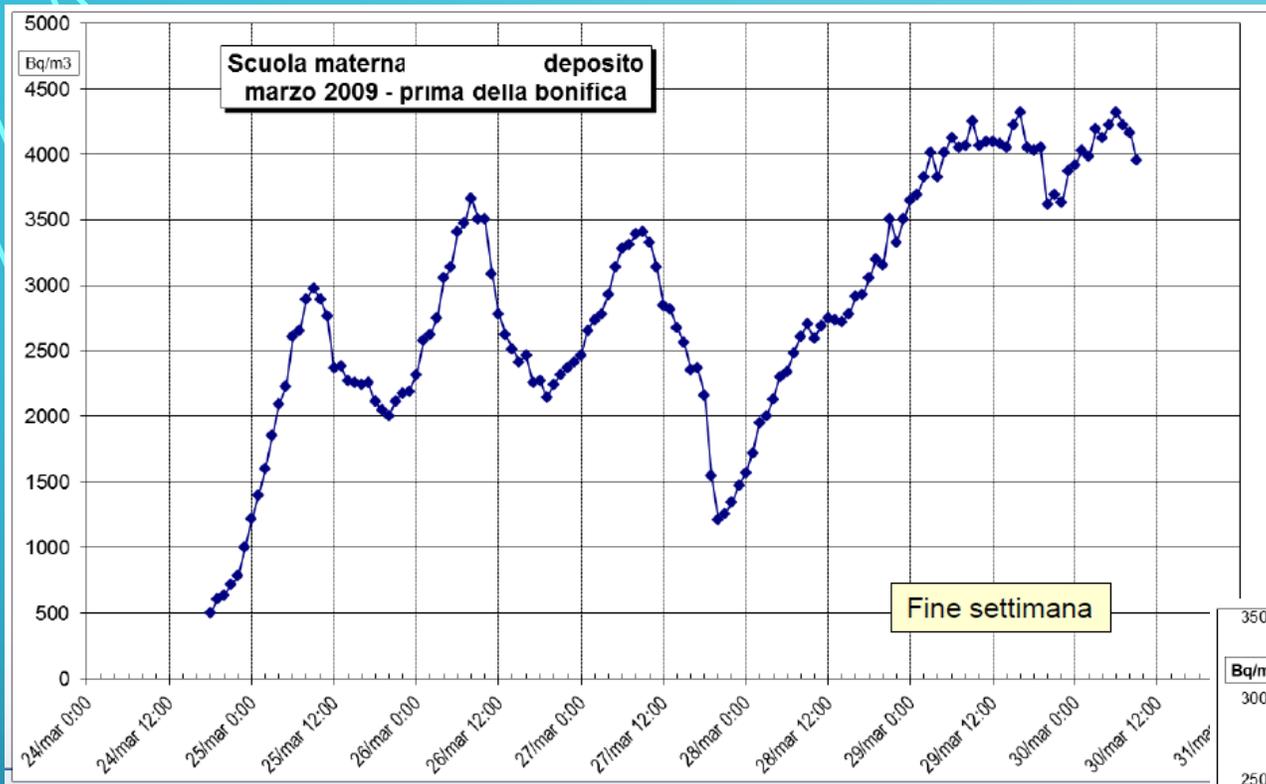
- L'effetto camino è dovuto alla differenza di temperatura tra interno ed esterno della casa, in funzione della quale si forma una differenza di pressione e l'aria fredda contenente radon viene risucchiata dal terreno. Quanto più caldo è l'interno della casa e quanto più freddo è l'esterno,
- L'effetto vento è invece dovuto alla differenza di velocità dell'aria tra esterno ed interno della casa, che crea un leggera depressione all'interno delle case.

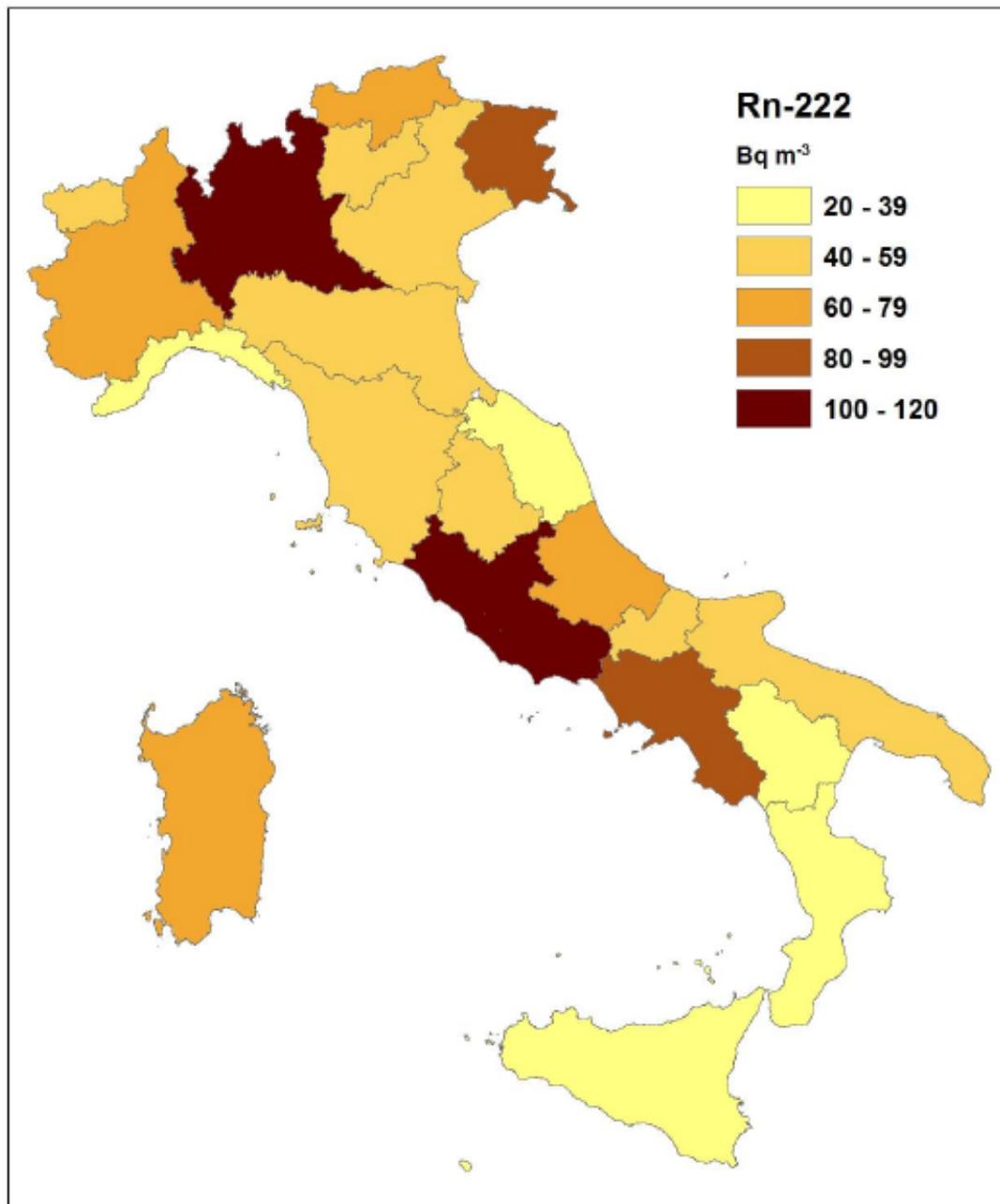
In sintesi, secondo le condizioni di pressione relativa presenti in una casa, la concentrazione di radon può subire sensibili variazioni giornaliere e stagionali. In genere i valori di radon più elevati si osservano nelle prime ore del mattino, quando la differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno è maggiore. Per lo stesso motivo d'inverno le concentrazioni sono mediamente maggiori di quelle estive.

Misura in continuo dalle 14:30 del 2/2/05 alle 14:30 del 4/2/05



Periodo di misura	Fattore di moltiplicazione
gennaio	0.6
febbraio	0.62
marzo	0.69
aprile	0.79
maggio	0.93
giugno	1.05
luglio	1.35
agosto	1.24
settembre	1.01
ottobre	0.88
novembre	0.73
dicembre	0.68



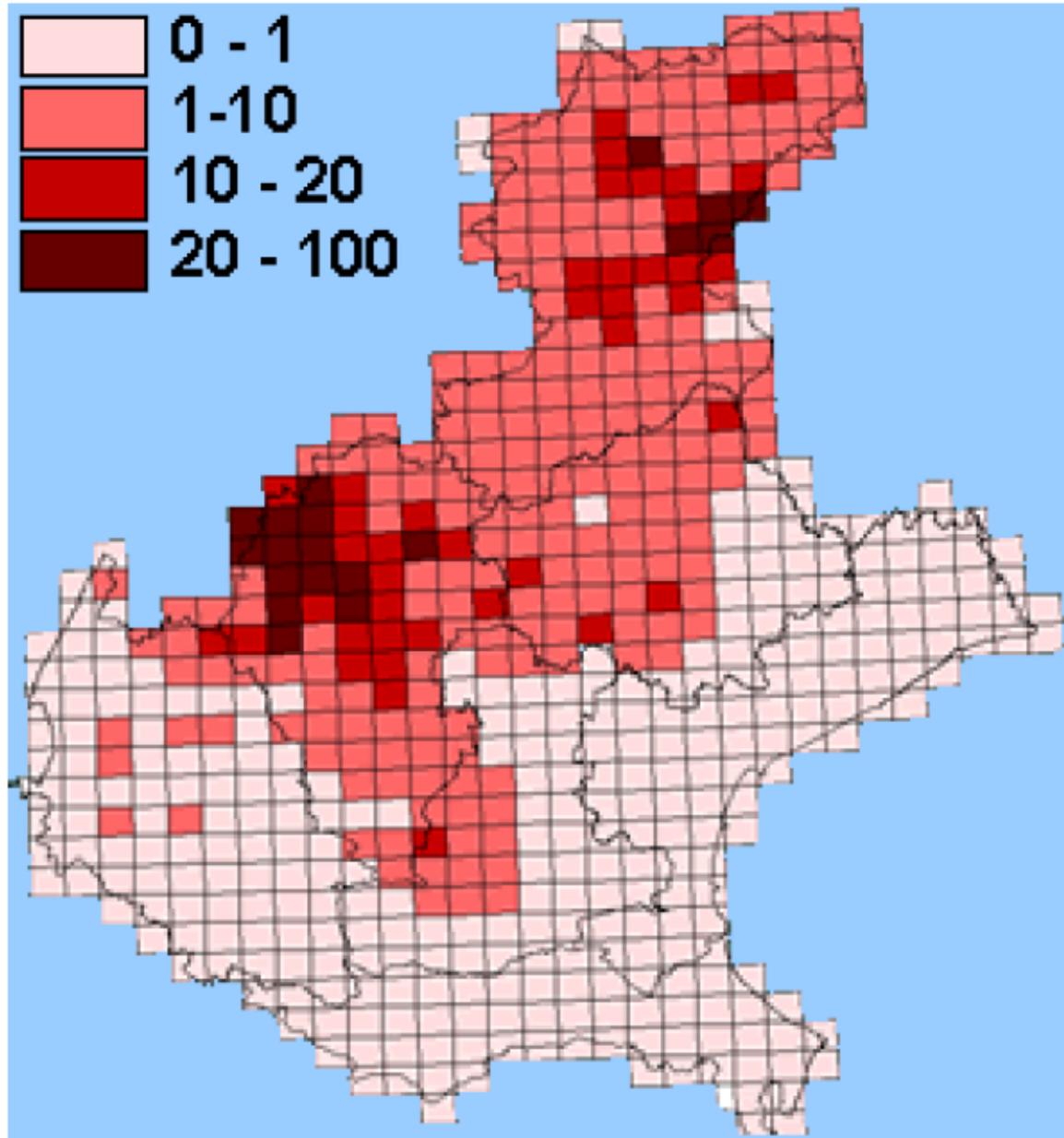


- **Indagine nazionale sulla esposizione alla radioattività naturale in un campione di 5000 abitazioni (1989/1997)**
- **Media annuale nazionale della concentrazione di radon:**  
**70 Bq/m<sup>3</sup>**
- **Percentuale di abitazioni con concentrazione**  
**> 200 Bq/m<sup>3</sup>: 4.1%**  
**> 400 Bq/m<sup>3</sup>: 0.9%**

La cartina indica la percentuale di abitazioni in cui è stato rilevato un livello di riferimento di  $200 \text{ Bq/m}^3$  (il 10% è la soglia selezionata per l'individuazione delle aree ad alto potenziale di radon).

- **maglie rettangolari** di  $6,5$  per  $5,5 \text{ Km}^2$  (dimensioni dei fogli della carta tecnica regionale)
- all'interno di ciascuna si è stabilito di effettuare misure in almeno cinque abitazioni
- esclusione della zona alluvionale di pianura

Totale di circa 1200 misure



# EFFETTI DEL RADON

## ESPOSIZIONE AL RADON DEI MINATORI

Miner cohort	No. of miners	Average worked years	Average Rn exp. (WLM)	Average Rn EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Expected lung cancers	Observed lung cancers
Colorado, USA [U] (1951–1982)	2975	3.9	510	41 700	49	157
New Mexico, USA [U] (1957–1985)	3749	5.6	111	6 300	17	68
Ontario, Canada [U] (1955–1981)	11076	3.0	37	3 900	58	87
Beaverlodge, Canada [U] (1950–1980)	6847	1.7	44	8 300	29	65
Bohemia, Czech Rep. [U] (1953–1985)	4042	6.7	227	10 800	122	574
France [U] (1946–1985)	1785	7.2	70	3 100	21	45
Malmberget, Sweden [Fe] (1951–1976)	1292	18.2	98	1 700	15	51
<b>All 7 cohorts</b>	<b>31486</b>	<b>4.4</b>	<b>120</b>	<b>9 450</b>	<b>310</b>	<b>1047</b>

# EFFETTI DEL RADON ESPOSIZIONE NELLE ABITAZIONI

bmj.com

## **Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies**

S Darby, D Hill, A Auvinen, J M Barros-Dios, H Baysson, F Bochicchio, H Deo, R Falk, F Forastiere, M Hakama, I Heid, L Kreienbrock, M Kreuzer, F Lagarde, I Mäkeläinen, C Muirhead, W Oberaigner, G Pershagen, A Ruano-Ravina, E Ruosteenoja, A Schaffrath Rosario, M Tirmarche, L Tomásek, E Whitley, H-E Wichmann and R Doll

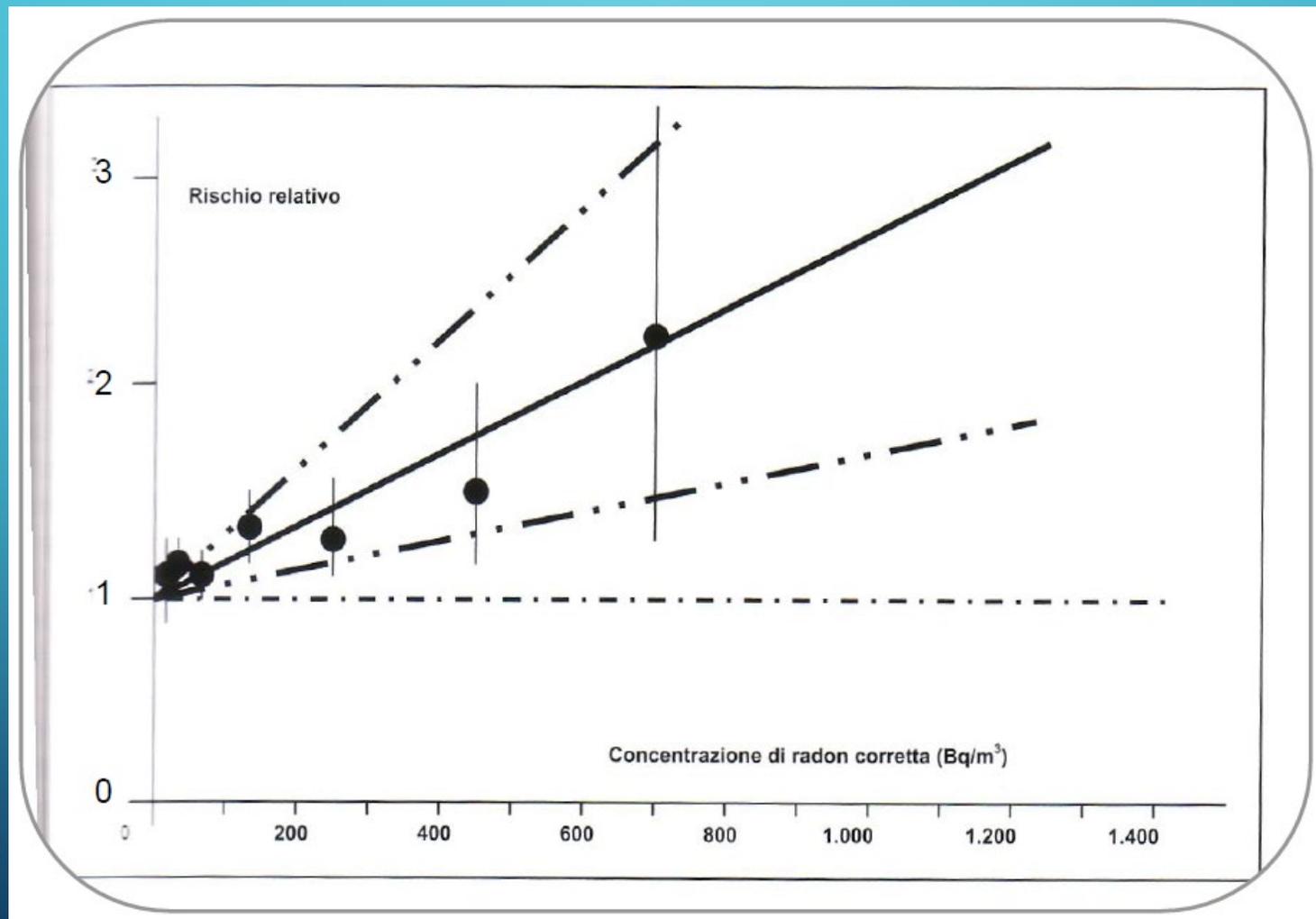
*BMJ* 2005;330:223-; originally published online 21 Dec 2004;  
doi:10.1136/bmj.38308.477650.63

*Scand J Work Environ Health* 2006;32 suppl 1:1-84

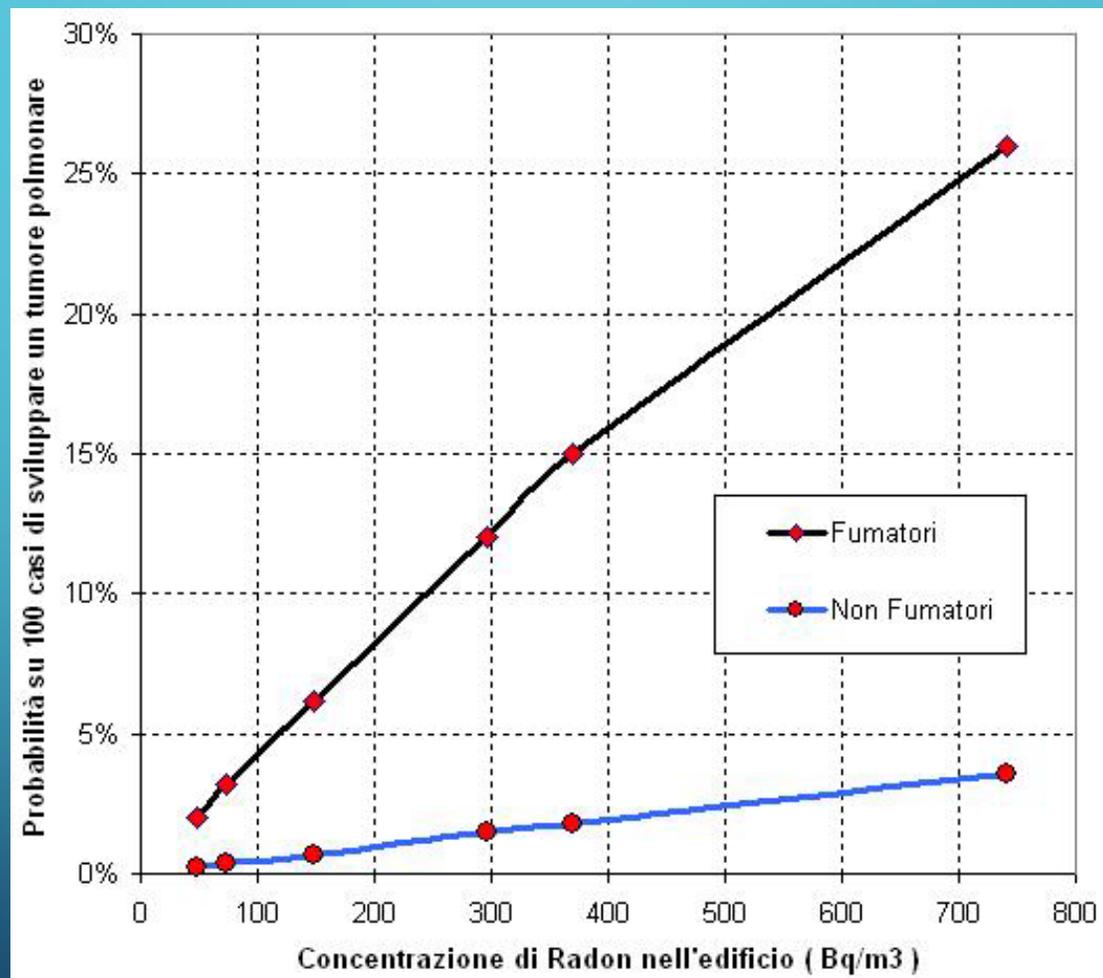
*Residential radon and lung cancer—detailed results  
of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons  
with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from  
13 epidemiologic studies in Europe*

by Sarah Darby,<sup>1</sup> David Hill,<sup>1</sup> Harz Deo,<sup>2</sup> Anssi Auvinen,<sup>3</sup> Juan Miguel Barros-Dios,<sup>4</sup> Héléne Baysson,<sup>5</sup> Francesco Bochicchio,<sup>6</sup> Rolf Falk,<sup>7</sup> Sara Farchi,<sup>8</sup> Adolfo Figueiras,<sup>4</sup> Matti Hakama,<sup>9</sup> Iris Heid,<sup>10</sup> Nezahat Hunter,<sup>11</sup> Lothar Kreienbrock,<sup>12</sup> Michaela Kreuzer,<sup>13</sup> Frédéric Lagarde,<sup>14</sup> Ilona Mäkeläinen,<sup>15</sup> Colin Muirhead,<sup>11</sup> Wilhelm Oberaigner,<sup>16</sup> Göran Pershagen,<sup>14</sup> Eeva Ruosteenoja,<sup>15</sup> Angelika Schaffrath Rosario,<sup>10</sup> Margot Tirmarche,<sup>5</sup> Ladislav Tomášek,<sup>17</sup> Elise Whitley,<sup>18</sup> Heinz-Erich Wichmann,<sup>10</sup> Richard Doll<sup>1</sup>

# EFFETTI DEL RADON ESPOSIZIONE NELLE ABITAZIONI



# EFFETTI DEL RADON SINERGIA CON IL FUMO



Misure Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Americana (EPA)

# EFFETTI DEL RADON

## CONCLUSIONI

- ❑ Un significativo aumento di rischio di tumore polmonare all'aumentare dell'esposizione al radon;
- ❑ l'esistenza di un forte effetto sinergico tra fumo di sigaretta e radon;
- ❑ l'evidenza del rischio di tumore polmonare anche (per esposizioni prolungate di alcuni decenni) a livelli di concentrazione di radon medio-bassi (inferiori a 200 Bq/m<sup>3</sup>).

**L'OMS HA INSERITO IL RADON TRA I CANCEROGENI DI GRUPPO 1**

# EFFETTI DEL RADON

## ESPOSIZIONE NELLE ABITAZIONI

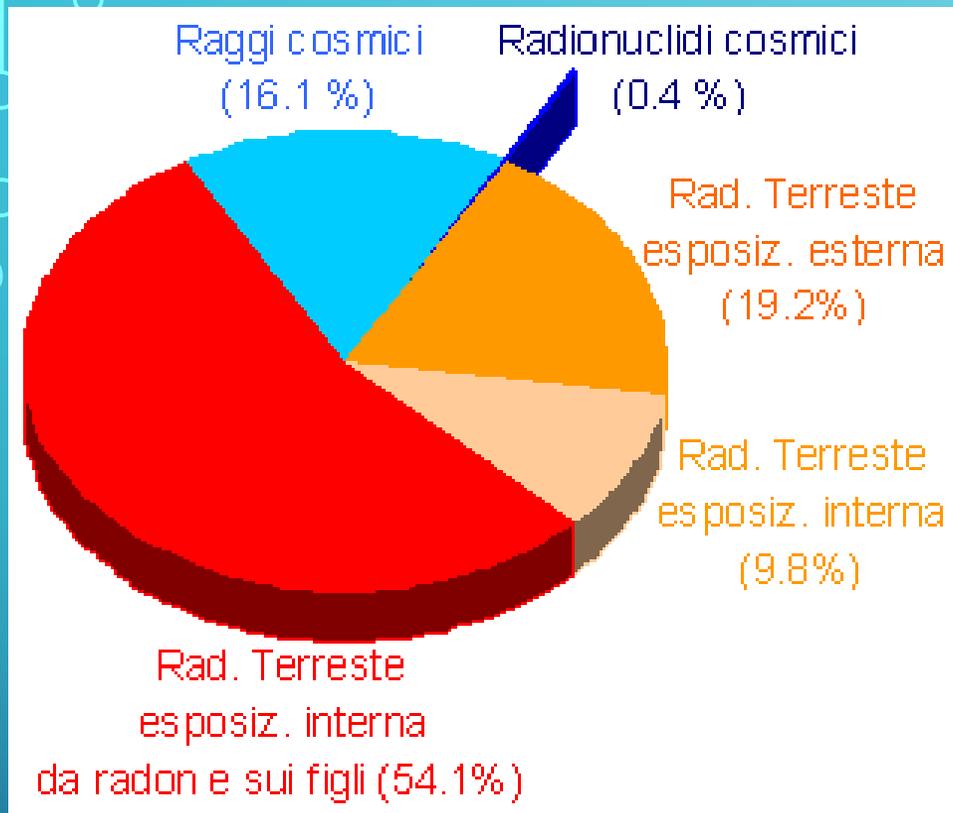
- ❑ In Italia il valor medio della concentrazione di radon nelle abitazioni è  $\sim 70$  Bq/m<sup>3</sup>
- ❑ La percentuale di abitazioni con concentrazioni superiori a 200 Bq/m<sup>3</sup> e 400 Bq/m<sup>3</sup> è  $\sim 4\%$  e  $\sim 1\%$ , rispettivamente
- ❑ Ogni anno i decessi per tumore polmonare sono  $\sim 32\,000$  (in aumento tra le donne!), su un totale di  $\sim 150\,000$  per tutti i tumori
- ❑ La frazione di casi attribuibile al radon è del 10% (3%–18%)
- ❑ I tumori polmonari attribuibili al radon, allo stato attuale delle conoscenze, sono quindi 1100 – 5700 all'anno
- ❑ Di questi, la maggior parte è tra i fumatori, a causa della sinergia tra radon e fumo

## Decessi per tumore polmonare

Fattore	Uomini		Donne		Totale	
	N	%	N	%	N	%
Attribuibili congiuntamente al radon e al fumo attivo	2 321	9.1%	316	4.9%	2 637	8.2%
Attribuibili al radon ma non al fumo attivo	261	1.0%	338	5.2%	599	1.9%
Attribuibili al fumo attivo ma non al radon	20 727	80.8%	2 824	43.5%	23 551	73.3%
Non attribuibili né a radon né a fumo attivo	2 330	9.1%	3 017	46.4%	5 347	16.6%
<b>Totale</b>	<b>25 639</b>	<b>100%</b>	<b>6 495</b>	<b>100%</b>	<b>32 134</b>	<b>100%</b>

**Tabella 3. Stime di casi annui di tumore polmonare attribuibili all'esposizione al radon nelle abitazioni  
Maschi + Femmine**

Regione	Casi osservati	Numero di casi stimati			Percentuale dei casi osservati		
		Stima puntuale	Intervallo di confidenza (95%)		Stima puntuale	Intervallo di confidenza (95%)	
Abruzzo	558	49	16	88	9%	3%	16%
Basilicata	219	10	3	19	5%	1%	9%
Calabria	665	26	8	48	4%	1%	7%
Campania	2 822	372	128	642	13%	5%	23%
Emilia - Romagna	2 886	190	62	346	7%	2%	12%
Friuli - Venezia Giulia	775	106	37	182	14%	5%	23%
Lazio	3 121	499	175	841	16%	6%	27%
Liguria	1 212	69	23	128	6%	2%	11%
Lombardia	5 718	862	301	1 464	15%	5%	26%
Marche	764	34	11	63	4%	1%	8%
Molise	108	7	2	13	6%	2%	12%
Piemonte	2 816	280	94	496	10%	3%	18%
Puglia	1 706	131	43	237	8%	3%	14%
Sardegna	746	69	23	124	9%	3%	17%
Sicilia	2 054	109	35	201	5%	2%	10%
Toscana	2 231	159	52	289	7%	2%	13%
Trentino - Alto Adige	401	35	12	62	9%	3%	16%
Umbria	455	39	13	69	8%	3%	15%
Valle d'Aosta	69	5	1	8	7%	2%	12%
Veneto	2 808	238	79	428	8%	3%	15%
<b>Italia</b>	<b>32 134</b>	<b>3 237</b>	<b>1 087</b>	<b>5 730</b>	<b>10%</b>	<b>3%</b>	<b>18%</b>



**Tabella 1**

**Parametri di valutazione del rischio radiologico**

Procedure diagnostiche	Dose efficace (mSv)	Periodo equivalente di esposizione a radiazioni naturali	Numero equivalente di Rx torace
Rx torace (singola proiezione)	0.02	3 giorni	1
Rx colonna lombare	1.0	5 mesi	50
Rx addome o pelvi	0.7	4 mesi	35
TAC cranio	2	10 mesi	100
TAC torace	8	3.6 anni	400
TAC addome o pelvi	10	4.5 anni	500
PET cranio	5	2.3 anni	250
Rx intraorale (dentale)	<0.005	18 ore	0.25
Ortopantomografia	<0.03	4.5 giorni	1.5
TAC arcate dentali "a fascio conico"	<0.6	3 mesi	30
TAC craniofacciale "a fascio conico"	<1	5 mesi	50

Fonte: WHO

# LE CAUSE DI MORTE PIÙ PROBABILI AL MONDO:

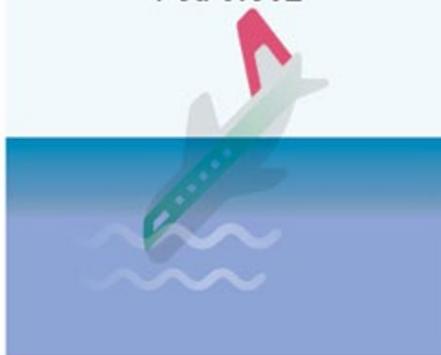
Essere investiti da un'auto  
1 su 623



Incidente con la bicicletta  
1 su 4.147



Incidente aereo  
1 su 5.862



Colpo d'arma da fuoco accidentale  
1 su 5.981



Troppo caldo  
1 su 6.174



Punture di api, vespe o calabroni  
1 su 62.950



Essere colpiti da un fulmine  
1 su 81.701



Vaccino  
1 su 1 MILIONE



# CONFRONTO FRA VARI TIPI DI RISCHIO PARI PROBABILITÀ DI MORTE



**Viaggiare 1000 km in aereo**



**Viaggiare per 90 km in automobile**

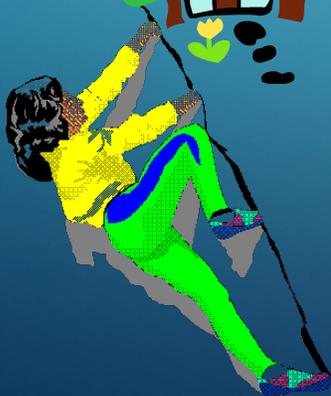
**Lavorare 10 giorni in un'industria  
Lavorare 3 ore in una miniera**



**Vivere 2 mesi in un edificio di tufo**



**Fumare da 1 a 3 sigarette al giorno**



**Scalare una montagna per 15 minuti**

# NORMATIVA

## DECRETO LEGISLATIVO 31 LUGLIO 2020

### Titolo IV SORGENTI NATURALI DI RADIAZIONI IONIZZANTI

#### Capo I

#### Esposizione al radon

##### Sezione I

##### Disposizioni generali

##### Sezione II

##### Esposizione al radon nei luoghi di lavoro

##### Sezione III

##### Protezione dall'esposizione al radon nelle abitazioni

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 201 del 12 agosto 2020 - Serie generale

Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1  
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA  UFFICIALE  
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Mercoledì, 12 agosto 2020

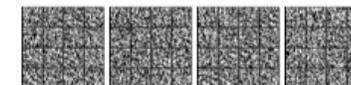
SI PUBBLICA TUTTI I  
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA  
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-45011 - LIBRERIA DELLO STATO  
PIAZZAG. VERDI, 1 - 00199 ROMA

N. 29/L

DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020, n. 101.

**Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, 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 e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117.**



# PIANO NAZIONALE RADON

ENTRO UN ANNO DALLA PUBBLICAZIONE DEL DECRETO

## INDIVIDUA:

- a) le strategie, i criteri e le modalità di intervento per prevenire e ridurre i rischi di lungo termine dovuti all'esposizione al radon nelle abitazioni, negli edifici pubblici e nei luoghi di lavoro, anche di nuova costruzione, per qualsiasi fonte di radon, sia essa il suolo, i materiali da costruzione o l'acqua;
- b) i criteri per la classificazione delle zone in cui si prevede che la concentrazione di radon come media annua superi il livello di riferimento nazionale in un numero significativo di edifici;
- c) le regole tecniche e i criteri di realizzazione di misure per prevenire l'ingresso del radon negli edifici di nuova costruzione nonché degli interventi di ristrutturazione su edifici esistenti;
- d) gli indicatori di efficacia delle azioni pianificate.

# REGIONI E PROVINCE AUTONOME

ENTRO 24 MESI DALLA PUBBLICAZIONE DEL DECRETO

- a) **individuano le aree in cui si stima che la concentrazione media annua di attività di radon in aria superi il livello di riferimento in un numero significativo di edifici;**
- b) **definiscono le priorità d'intervento per i programmi specifici di misurazione al fine della riduzione dei livelli di concentrazione al di sotto dei livelli di riferimento e ne prevedono le modalità attuative e i tempi di realizzazione.**

# LIVELLI DI RIFERIMENTO

I livelli massimi di riferimento per le abitazioni e i luoghi di lavoro, espressi in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria, sono:

- a) **300 Bq / mc in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per le abitazioni esistenti;**
- b) **200 Bq / mc in termini di concentrazione media annua d attività di radon in aria per abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024;**
- c) **300 Bq / mc in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per i luoghi di lavoro;**

# INFORMAZIONE E CAMPAGNA DI SENSIBILAZIONE

I Ministeri della salute e del lavoro e delle politiche sociali, l'ISIN, l'ISS e l'Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (INAIL), le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano rendono disponibili le informazioni sui livelli effettivi di esposizione al radon in ambienti chiusi, sui rischi che derivano per la salute dalle esposizioni al radon in ambienti chiusi, anche associati al consumo di tabacco, nonché quelle sull'importanza di effettuare misurazioni della concentrazione media annua di Attività di radon e sui mezzi tecnici disponibili per produrne la riduzione.

Le amministrazioni statali, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano promuovono campagne di informazione riguardanti la misurazione della concentrazione media annua di attività di radon e i mezzi tecnici disponibili per ridurre la concentrazione, sulla base delle indicazioni del Piano nazionale d'azione per il radon.

# Action Level vs Reference Level

## Action level

*for Interventions*  
Based on ICRP 60 and 65 (Rn)  
(Dir. 96/29/Euratom + RP88)

Optimised action **only** for levels  $> AL$   
(no action for levels  $< AL$ )



## Reference level

*for Existing Exposure Situations*  
Based on ICRP 103 and 126 (Rn)  
(Dir. 2013/59/Euratom)

Optimisation with **priority** for levels  $> RL$   
(but to be applied also for levels  $< RL$ )



(adapted from Lecomte "Understanding existing exposure situations.", Ann. ICRP 45(Suppl.1), 54–63, 2016).

(See also Bochicchio et al. "Radon reference levels and priority areas considering optimisation and avertable lung cancers", Radiat.Prot.Dosim.177, 87–90, 2017)

# ESPERTI IN INTERVENTI DI RISANAMENTO

- Abilitazione all'esercizio della professione di geometra, di ingegnere e di architetto;**
- partecipazione a corsi di formazione ed aggiornamento universitari dedicati, della durata di 60 ore, organizzati da enti pubblici, associazioni, ordini professionali su progettazione, attuazione, gestione e controllo degli interventi correttivi per la riduzione della concentrazione di attività di radon negli edifici;**
- iscrizione nell'albo professionale.**

# TECNICHE DI RISANAMENTO

- **Sigillatura** delle canalizzazioni verticali, crepe, giunti, impianti; pavimentazione delle cantine e/o impermeabilizzazione della pavimentazione esistente.
- **Ventilazione** naturale o forzata degli **ambienti interni**.
- **Ventilazione** naturale o forzata del **vespaio**.
- **Ventilazione** delle cantine e dei locali **interrati** non occupati.
- **Estrazione** dell'aria **dall'intercapedine** sotto il pavimento.
- **Depressurizzazione** del **suolo** mediante pozzetti radon collocati **sotto l'edificio**.
- **Depressurizzazione** del **suolo** mediante pozzetti radon collocati **esternamente all'edificio**.
- **Ventilazione** delle **condutture** di drenaggio.
- **Pressurizzazione** del **suolo** sotto l'edificio.
- **Pressurizzazione** dell'intero **edificio**.
- **Ventilazione** forzata degli **ambienti interni** mediante sistema di **climatizzazione** e recupero del calore.

# ALCUNI VIDEO

- <https://youtu.be/e6botuP5pUs>
- <https://youtu.be/SZ3FXIsYwMA>