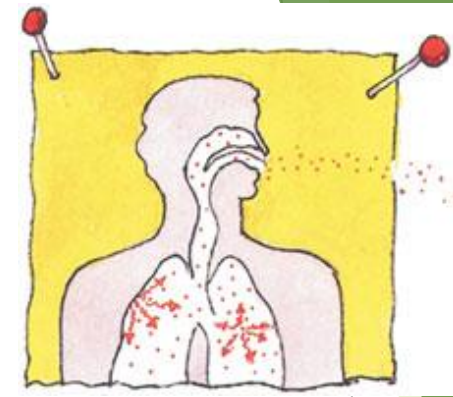


Radon: cenni normativi

Ing. Eleonora Ragno

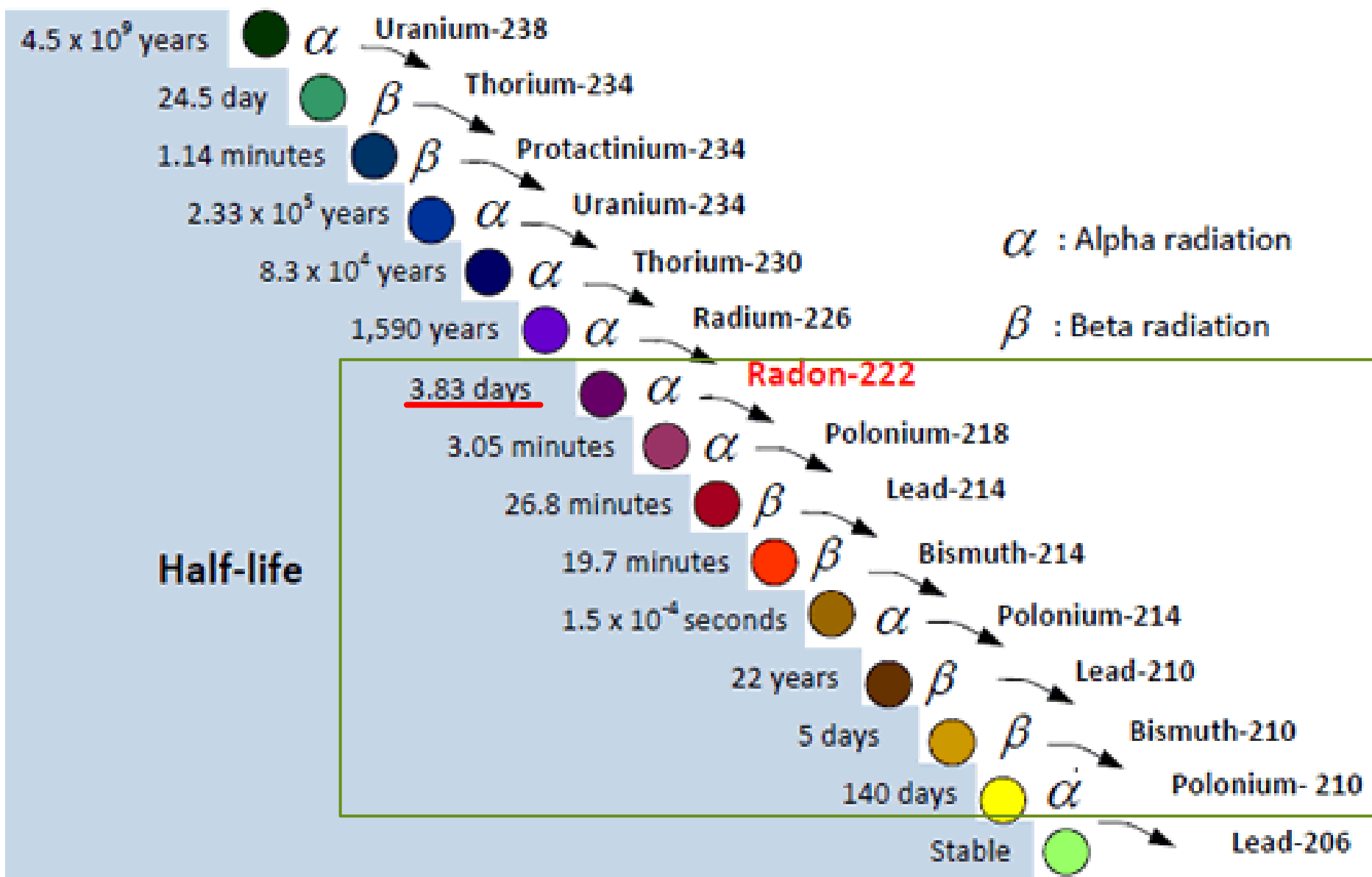


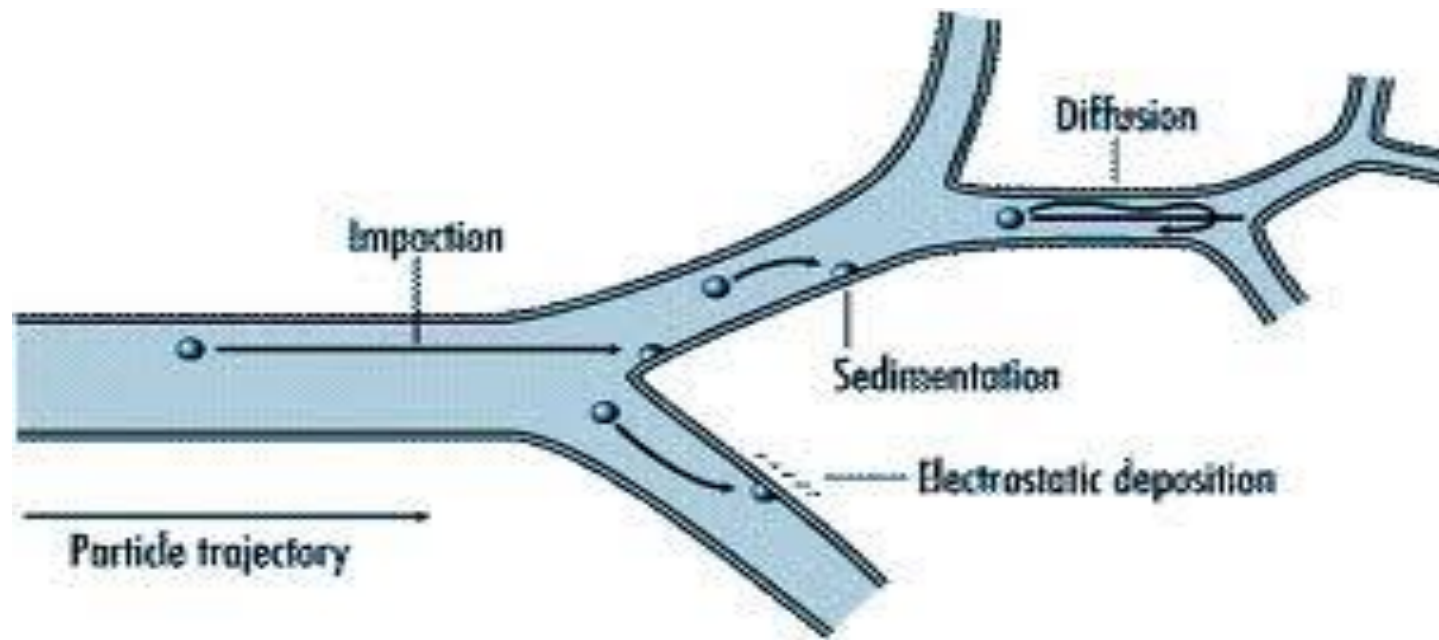
Rn	86 (222)
	Density 9.73 g/L
F.E. Dorn, 1900	Boiling point -62°C
California Geological Survey Mineral Resources and Mineral Hazards Mapping Program	Melting point -71°C
(Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶	
Radon	



Il ^{222}Rn è un gas nobile, chimicamente inerte, per cui praticamente la **totalità del gas inalato viene esalato**

Tuttavia, essendo radioattivo, decade e i suoi discendenti - anch'essi radioelementi a breve emivita - non sono più allo stato gassoso, ma solido

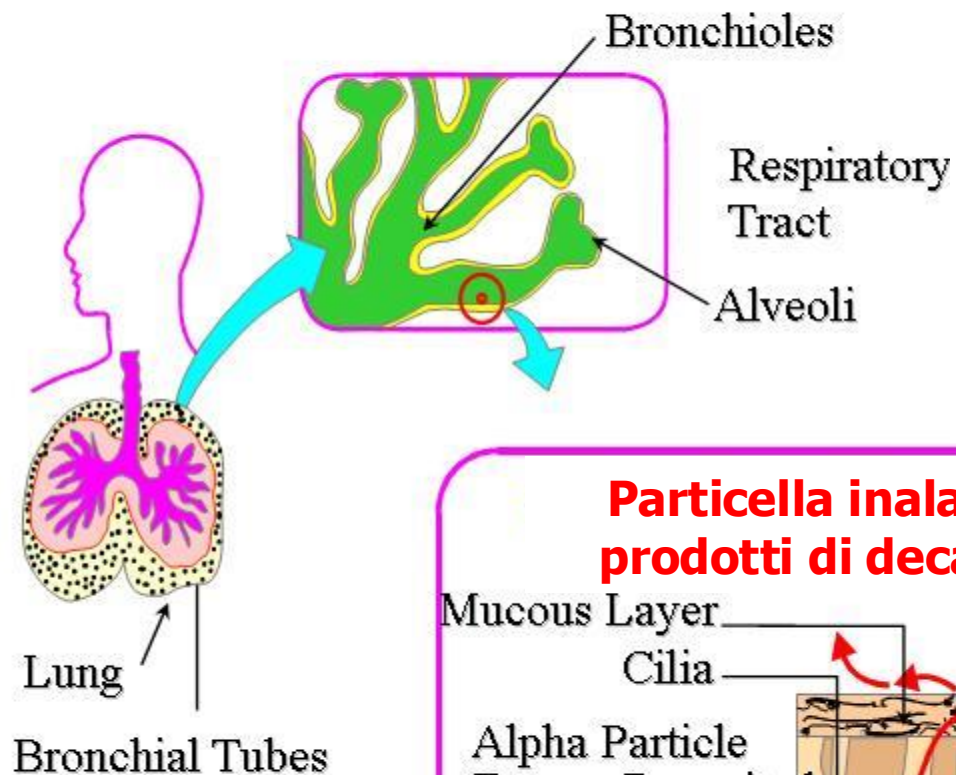




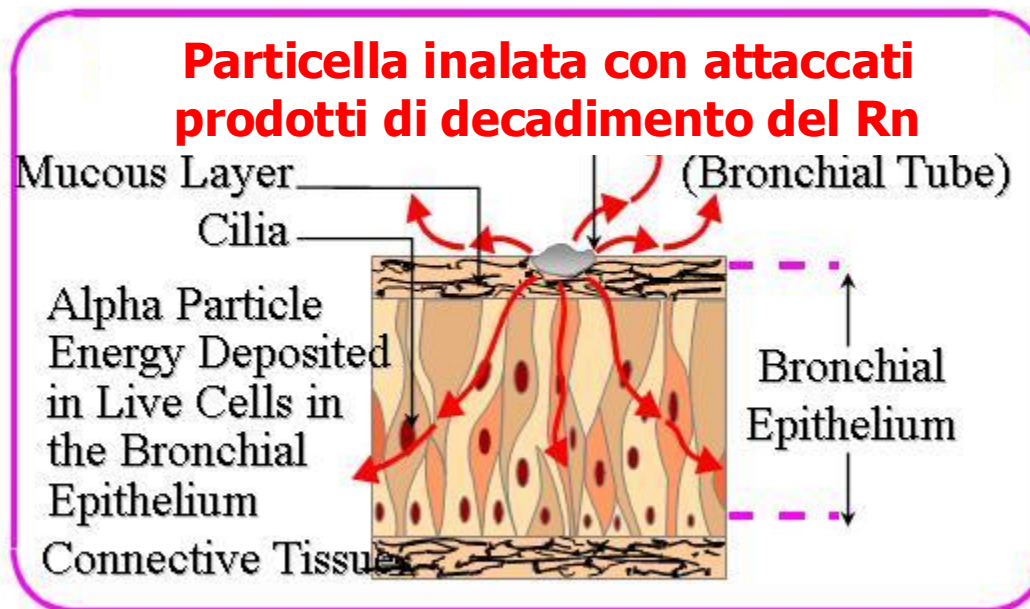
I discendenti allo stato solido del Rn:

1. - si aggregano in piccoli clusters molecolari
- o aderiscono a particelle (aerosol) presenti nell'aria
2. si depositano nel tratto respiratorio (epitelio tracheobronchiale)
3. decadono ($t_{1/2}$ brevissimi) prima di essere asportati dai meccanismi di clearance mucociliare

Effetti dannosi dei prodotti di decadimento del Rn sull'epitelio tracheobronchiale



I prodotti di decadimento del Rn (α -emettitori allo stato solido) aderiscono a particelle che si depositano nei polmoni. L'energia delle particelle α è rilasciata direttamente alle cellule epiteliali



Il Radon è riconosciuto dalla IARC come cancerogeno per l'uomo (per ca. polmonare) (gruppo 1).

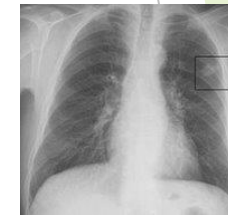
Nel **1988** la valutazione era basata sull'eccesso dei tassi di tumore polmonare osservati negli studi sui minatori e su animali da esperimento.

Nella valutazione **2001**:

- conferma dei precedenti studi sui minatori
- evidenza non conclusiva di incremento di tumore polmonare in studi residenziali (caso-controllo) coerenti con le stime sui minatori.

Nella valutazione **2012** (*100D*)

- Ulteriore conferma dei dati sui minatori per il tumore polmone, qualche evidenza (insufficiente) per la leucemia;
- Maggiore evidenza di incremento del rischio di tumore polmonare da Radon per esposizione domestica.



Effetto del fumo

Un effetto sinergico moltiplicativo è stato evidenziato in ratti Sprague-Dawley a seguito dell'associazione tra esposizione a Radon e tabacco



Publicazione ICRP n. 115 (2010)

Pooled analysis - CONCLUSIONI

Dagli studi residenziali, come già emerso negli studi sui minatori, si è avuta la conferma che il Rn è un cancerogeno polmonare anche in assenza del fumo di tabacco

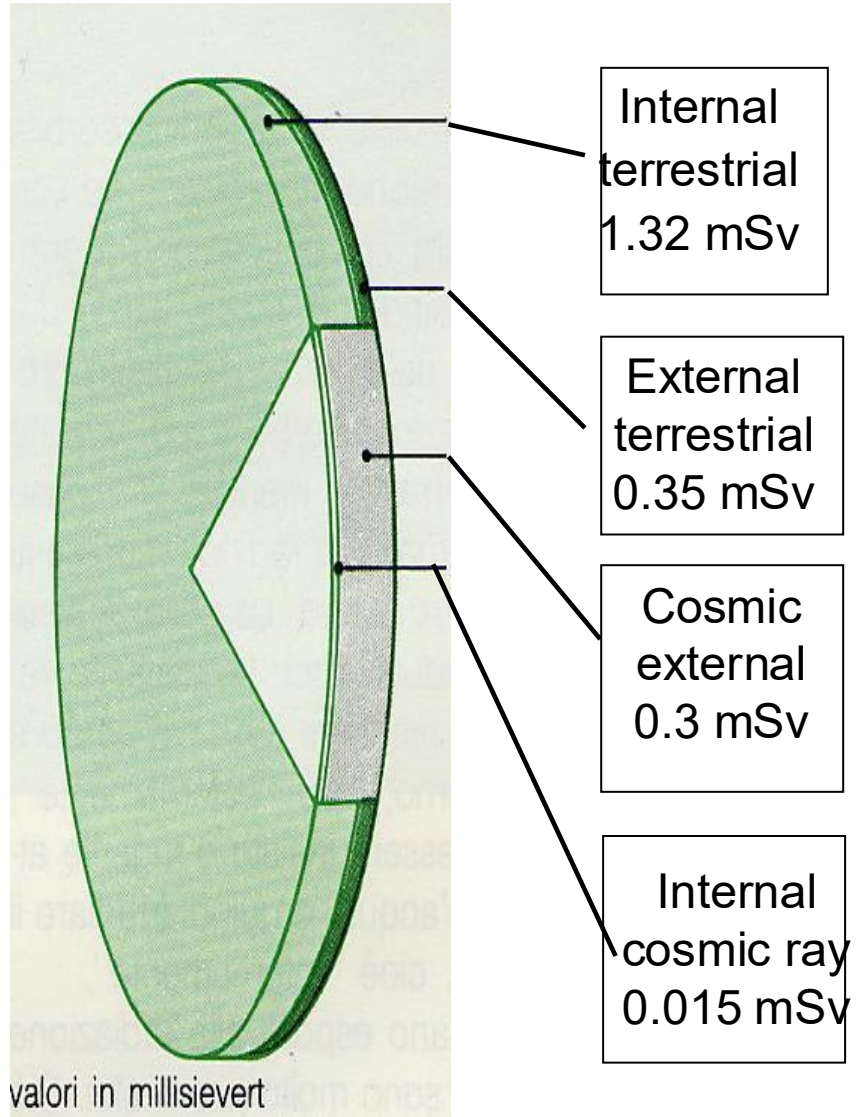
Tuttavia, a causa dell'effetto dominante del fumo di tabacco sul rischio di Ca. polmonare sull'intera vita, l'EAR (eccesso di rischio assoluto) di Ca. polmonare attribuibile ad un determinato livello di concentrazione di Rn è molto più alto tra i fumatori



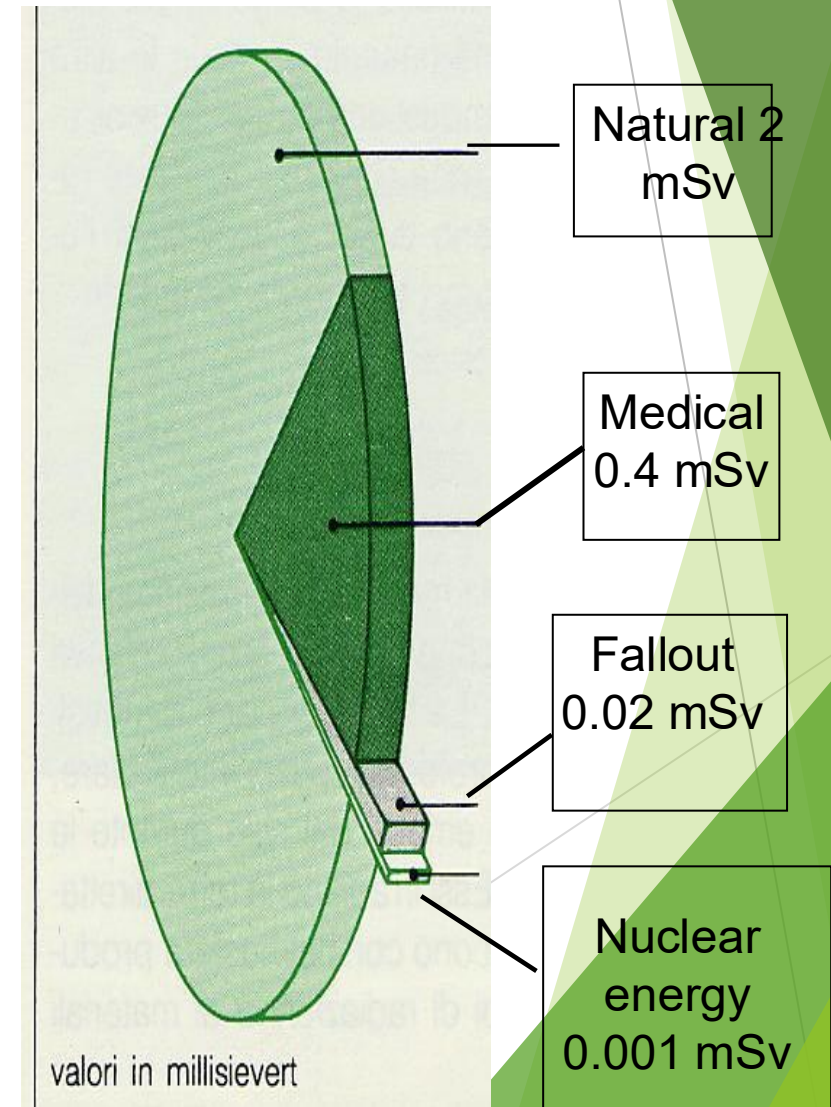
Natural and artificial radioactive sources: Contribution to the dose to the population



Natural sources

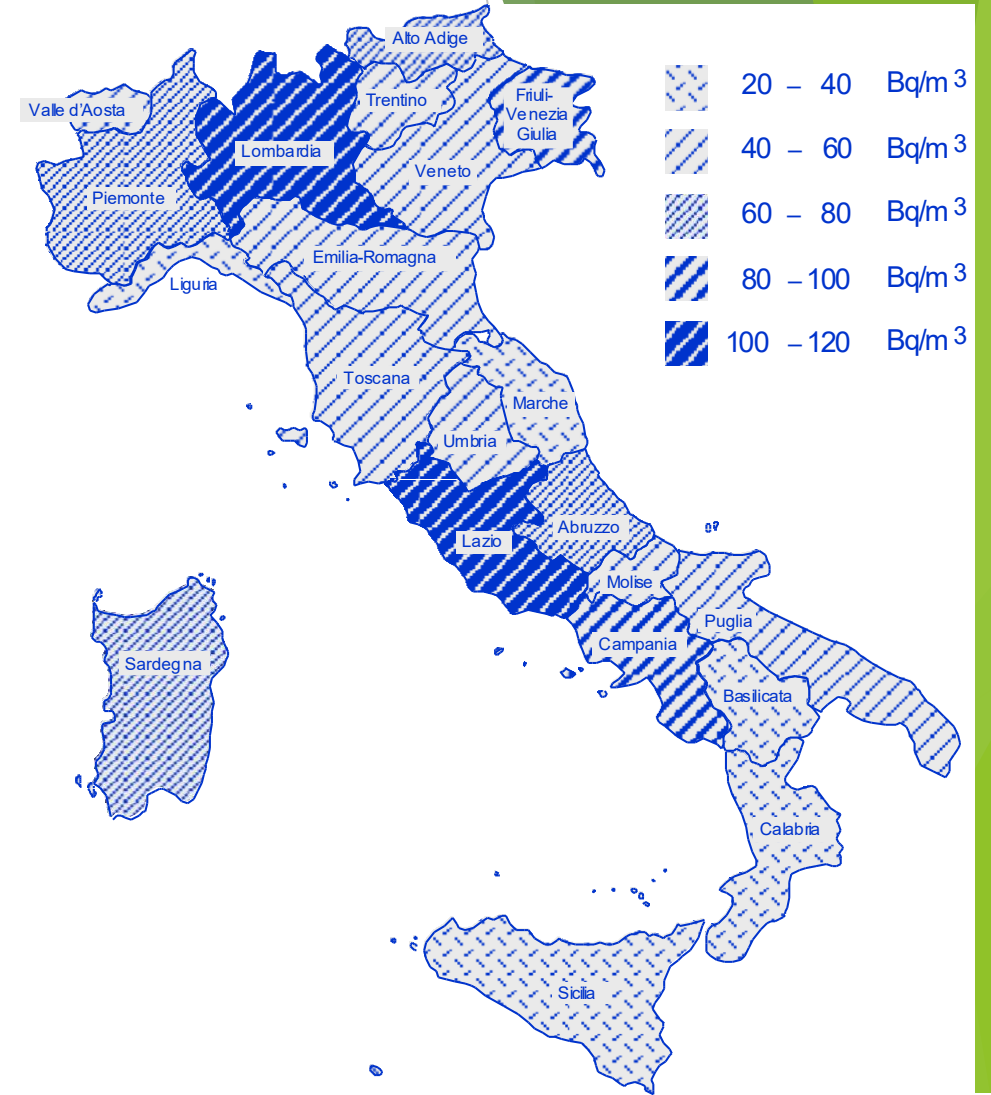


Natural and artificial radiation sources



Livelli Medi Radon Indoors In Italia

- ✓ La concentrazione media di radon nelle abitazioni italiane è 75 Bq/m^3 , circa il doppio del valore medio mondiale (40 Bq/m^3 - dato UNSCEAR, 2000).
- ✓ Dall'indagine nazionale** è risultato che il 5% delle abitazioni ha livelli di radon superiori a 200 Bq/m^3 e l'1% superiori a 400 Bq/m^3 .
- ✓ Lazio e Lombardia ($100 - 120 \text{ Bq/m}^3$), Friuli Venezia Giulia e Campania ($80 - 100 \text{ Bq/m}^3$), sono le regioni con i valori medi più alti.
- ✓ Necessità di attenzione ai materiali da costruzione di origine naturale. In Lazio e Campania sono stati riscontrati valori particolarmente alti di dose gamma indoor.



** Bochicchio, F., Campos Venuti, G., Nuccetelli, C., Piermattei, S., Risica, S., Tommasino, L., Torri, G. *Results of the representative Italian national survey on radon indoors*. Health Phys. 1996.

Vie Di Ingresso Del Radon - Sorgenti Del Radon Indoor

Le principali sorgenti del radon in un edificio sono:

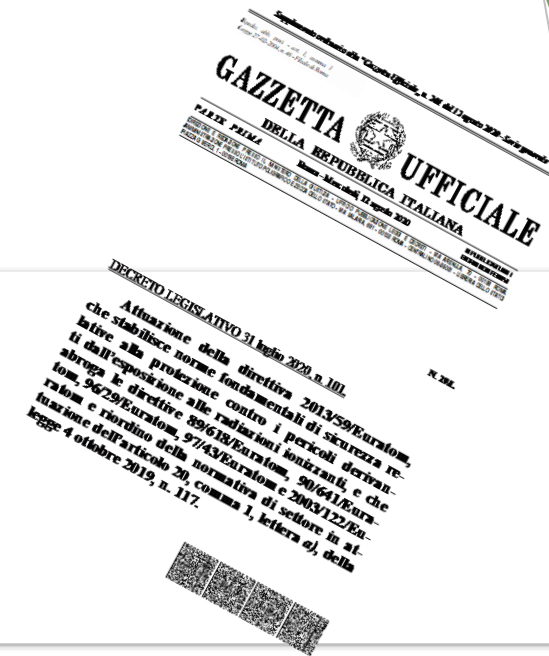
- suolo
- materiali edili
- acqua
- aria esterna e gas

Modello UNSCEAR

Per una casa tipica con una conc. di Rn al pianoterra di 50 Bq m^{-3} :
60% proviene dal suolo
20% dai materiali edili
20% da acqua, aria esterna e gas.



Per edifici multipiano ai piani sup. si stima una conc. media di 20 Bq m^{-3} .
I contributi relativi ad ogni sorgente sono di 0%, 50% e 50%.



**Novità introdotte dal D. Lgs. n.
101/20 relative alla problematica
radon e alla figura del Tecnico del
Risanamento Radon
(ART.10-19)**

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

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

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

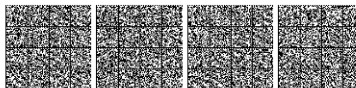
PARTE PRIMA

Roma - Mercoledì, 12 agosto 2020

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA AL
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

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.



TITOLO IV
SORGENTI NATURALI DI
RADIAZIONI IONIZZANTI

Capo I
ESPOSIZIONE AL RADON

D.Lgs. 101/2020: Radon

TITOLO IV
SORGENTI NATURALI DI
RADIAZIONI IONIZZANTI

Capo I
ESPOSIZIONE AL RADON

- Rispetto alla Dir. 2013/59/Euratom, **gli articoli sul Rn** non sono distribuiti nelle varie sezioni (Esp. lavorative, della popolazione, ecc.), ma **sono raggruppati nel Capo I** ("Esposizione al radon") del Titolo IV ("Sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti"), mantenendo l'approccio del 230/95.
- Il capo I è composto da **3 sezioni**:
- **2 allegati**: All. II (sez.I) e All. III
- Cose sparse

Sezione I
DISPOSIZIONI GENERALI

Sezione II
ESPOSIZIONE AL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO

Sezione III
PROTEZIONE DALL'ESPOSIZIONE AL RADON NELLE ABITAZIONI

Sezione I: Disposizioni generali

6 articoli:

Art. 10: PIANO NAZIONALE RADON

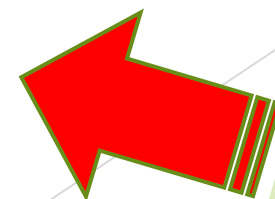
Art. 11: Individuazione aree prioritarie

Art. 12: Livelli di Riferimento

Art. 13: Registrazione dati Rn

Art. 14: Informazione e sensibilizzazione

Art. 15: Esperti in risanamento



new

Sezione II: Esposizione al Radon nei luoghi di lavoro

3 articoli:

Art. 16: Campo di applicazione

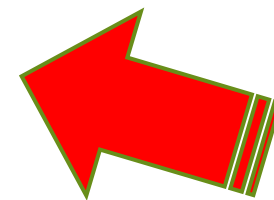
Art. 17: Obblighi dell'esercente

Art. 18: Comunicazione e trasmissione dei risultati delle
misurazioni e delle relazioni tecniche

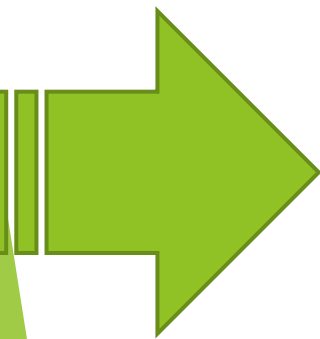
Sezione III: Protezione dall'esposizione al radon nelle abitazioni

Art. 19

**Radon nelle abitazioni-Interventi
nelle aree prioritarie**



new

- 
- ▶
 - ▶ LUOGHI DI LAVORO SEMINTERRATI O AL PIANO TERRA NELLE AREE
PRIORITARIE
 - ▶ LUOGHI DI LAVORO DI SPECIFICHE TIPOLOGIE, INDENTIFICATE NEL
NUOVO Piano Naz. Radon
 - ▶ STABILIMENTI TERMALI

Art. 16.

Campo di applicazione (direttiva 59/2013/EURATOM, articoli 23 e 54; decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, articolo 10-bis).

1. Le disposizioni di cui alla presente sezione si applicano a:

- a) luoghi di lavoro sotterranei;
- b) luoghi di lavoro in locali semisotterranei o situati al piano terra, localizzati nelle aree di cui all'articolo 11;
- c) specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel Piano nazionale d'azione per il radon di cui all'articolo 10;
- d) stabilimenti termali.

LIVELLI DI RIFERIMENTO

DECRETO 101 -art.12

Espressi come valore medio annuo di C_{Rn}

-abitazioni esistenti: ***300 Bq/m³***

-luoghi di lavoro : ***300 Bq/ m³***

-abitazioni costruite dopo il 31/12/2024: ***200 Bq/m³***

-***6mSv/anno di dose efficace***

-**POSSONO ESSERE INTRODOTTI LdR INFERIORI**

OBBLIGHI DELL'ESERCENTE

la C_{Rn} viene misurata dai SERVIZI DOSIMETRICI
RICONOSCIUTI CHE RILASCIANO RELAZIONE
TECNICA CHE DIVIENE PARTE INTEGRANTE DEL
DVR

DECRETO 101/2020 - art.17.2- art.17.3

Nei luoghi di lavoro di cui all'articolo 16 l'esercente e' tenuto a completare le misurazioni della concentrazione media annua di attivita' di radon in aria

la $C_{Rn} < 300$ Bq/m^3 (LdR) , l'esercente elabora e
conservaper 8 anni l'esito e ripete le misurazioni ogni 8 anni

la $C_{Rn} > 300$ Bq/m^3 (LdR) l'esercente pone in essere misure
correttive avvalendosi dell'**ERisRn**, da completare **entro 2 anni** dal
rilascio della RT (ex all.II) e da verificare con nuove misure, da ripetere
ogni 4 anni

OBBLIGHI DELL'ESERCENTE

DECRETO 101 - art.17.4

Se C_{Rn} rimane $> 300Bq/m^3(LdR)$, l'esercente effettua la valutazione delle dosi efficaci annue o delle esposizioni integrate annue avvalendosi dell'Esperto di **RadioProtezione** :

se i risultati sono $> 6mSv$, l'esercente adotta il TITOLO XI "Esposizione dei Lavoratori»

se i risultati sono $< 6mSv$, l'esercente tiene sotto controllo le D_{eff} , fintanto che ulteriori misure correttive non riducano la conc. e sono conservati per almeno 10 anni i risultati delle valutazioni;

RADON NELLE ABITAZIONI

DECRETO 230/1995	DECRETO 101/2020 - art.19
non previsto	<p>Al fine di tutelare la popolazione dai rischi dell'esp. al Rn nelle aree prioritarie (ex art.11), le Regioni + province:</p> <ul style="list-style-type: none">- promuovono campagne e azioni per incentivare i proprietari di <u>immobili adibiti ad uso abitativo</u>, con locali a piano T, seminterrato e interrato, a effettuare misure in locali chiusi attraverso i servizi ex art.155;- provvedono a intraprendere specifici programmi di misurazione per <u>edilizia pubblica</u> (ambienti chiusi) e ad adottare le misure correttive;- comunicano all'ISIN le misure di risanamento adottate, ai fini della registrazione nella BD

ART. 15

ESPERTI IN INTERVENTI DI RISANAMENTO RADON

2. Requisiti minimi degli esperti in interventi di risanamento da radon

Gli esperti in interventi di risanamento radon devono essere in possesso dei seguenti requisiti:

- a. abilitazione professionale per lo svolgimento di attività di progettazione di opere edili;
- b. partecipazione a corsi di formazione dedicati, della durata di 60 ore, organizzati da enti pubblici, università, ordini professionali, su progettazione, attuazione, gestione e controllo degli interventi correttivi per la riduzione della concentrazione di attività di radon negli edifici. Tali corsi devono prevedere una verifica della formazione acquisita. Gli esperti in interventi di risanamento radon devono inoltre partecipare a corsi di aggiornamento, organizzati dai medesimi soggetti e di pari contenuto, da effettuarsi con cadenza triennale, della durata minima di 4 ore che possono essere ricompresi all'interno delle normali attività di aggiornamento professionale;
- c. fatto salvo quanto previsto dall'articolo 24, comma 3, del decreto legislativo 16 aprile 2016, n. 50, l'iscrizione nell'albo professionale.

ART. 15

ESPERTI IN INTERVENTI DI RISANAMENTO RADON

- Le misure correttive per la riduzione della concentrazione di radon negli edifici sono effettuate sulla base delle indicazioni tecniche degli esperti in intervento di risanamento radon, sulla base dei contenuti del Piano di cui all'articolo 10 e, fino all'approvazione del Piano, sulla base di indicazioni tecniche internazionali.

Abitazioni vs Luoghi di lavoro

- Permanenza in media circa 3 volte quella nei luoghi di lavoro
- Permanenza anche di notte (quando i livelli di concentrazione sono generalmente più alti), a differenza dei luoghi di lavoro
- => le esposizioni sono molto maggiori nelle abitazioni che nei luoghi di lavoro (tipicamente almeno 5-6 volte)
- => la gran parte dei casi di tumore polmonare (e di eventuali altri effetti sanitari) attribuibile al radon è dovuta alle esposizioni nelle abitazioni

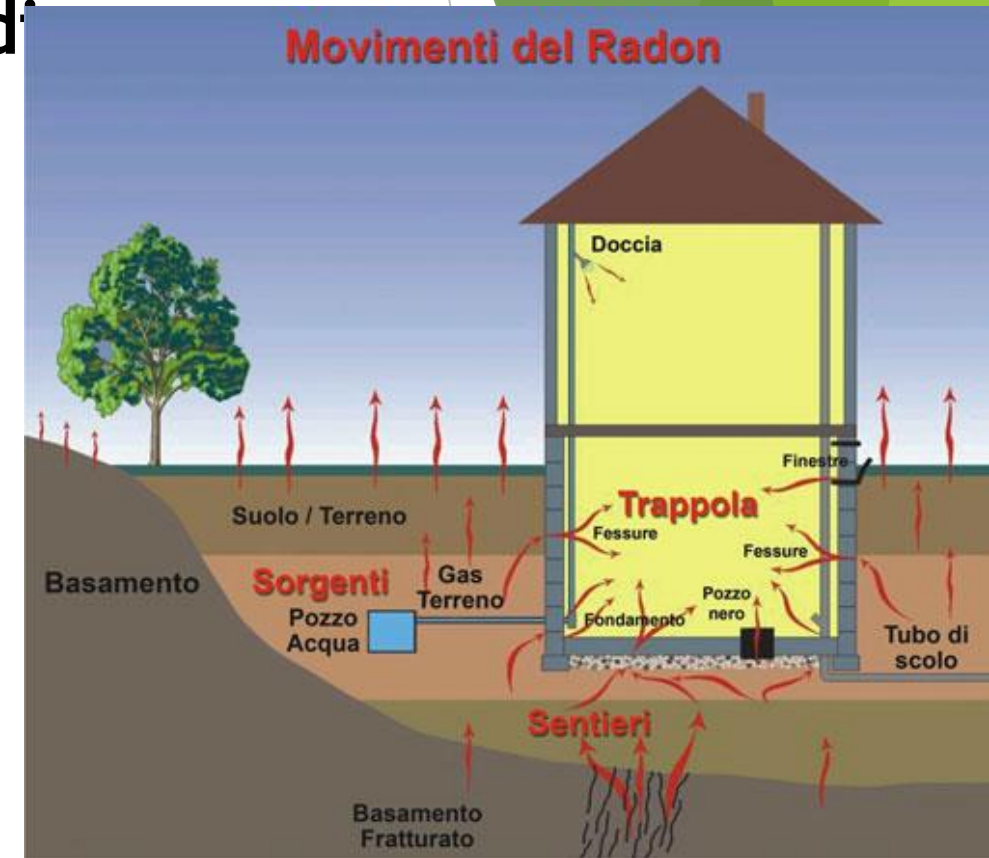
Luoghi di lavoro vs abitazioni

- I livelli medi di concentrazione di radon nei luoghi di lavoro (LL) sono generalmente simili ai livelli nelle abitazioni (tranne alcuni luoghi di lavoro particolari)
- Nei LL i livelli di concentrazione di Rn possono generalmente venir ridotti
 - Ad es. livelli di Rn nelle miniere sono da alcuni decenni simili a quelli nelle abitazioni
- In alcuni particolari LL è difficile/impossibile ridurre la concentrazione di Rn
=> per ridurre l'esposizione si può solo ridurre la permanenza (es. le grotte)
- Concentrazione Rn “media per i lavoratori” spesso molto inferiore alla concentrazione media misurata dai rivelatori passivi esposti 24h al giorno

Meccanismi di ingresso

Le sorgenti di radon nelle abitazioni/luoghi di lavoro possono essere molteplici:

- ▶ **SUOLO:** attraverso fessurazioni del pavimento, crepe, cattivo isolamento dal terreno etc. sia per DIFFUSIONE sia per moti CONVETTIVI
- ▶ **ARIA ESTERNA:** sia attraverso crepe e fessure, ma soprattutto tramite porte e finestre (infiltrazione)
- ▶ **MATERIALI DA COSTRUZIONE:** per diffusione (ESALAZIONE) del gas dai materiali stessi qualora ricchi di elementi radioattivi progenitori appartenenti alla serie naturale dell'U238 (in particolare Ra 226)
- ▶ **ACQUA O GAS NATURALE:** attraverso le linee degli scarichi, degli impianti idrici e/o gas per EMANAZIONE dai fluidi stessi



- Il radon si accumula nell'aria presente nel sottosuolo in tutte le stratificazioni del terreno.
- Il radon presente in profondità giunge in superficie attraverso crepe e fessure, ma più che altro attraverso i terreni porosi. Poi, più il suolo è permeabile tanto più facilmente il radon penetra in un edificio.

La potenziale emanazione di radon di un terreno è determinata essenzialmente da:

Permeabilità del
terreno

Contenuto di Radio nel
terreno

Ovviamente una piccola quantità di radon in un terreno molto permeabile può portare a concentrazioni di radon più alte che molto radon in un terreno impermeabile.

Come entra negli edifici?

Il radon penetra nelle abitazioni attraverso:

- ▶ Depressione rispetto all'aria nel sottosuolo a causa della differenza di pressione tra interno ed esterno o dell'azione del vento sull'edificio
- ▶ Porosità del terreno
- ▶ **Permeabilità** del terreno
- ▶ Fessure/microfratture delle fondamenta
- ▶ Giunzioni pareti-pavimento
- ▶ Canalizzazioni degli impianti idraulici, elettrici e di scarico o tubazioni
- ▶ Materiali da costruzione
- ▶ Acqua
- ▶ L'ingresso da porte e finestre è irrilevante in quanto all'esterno la concentrazione di radon è molto bassa

Il contenuto naturale di uranio in prossimità del terreno è di ca 2-10 Bq/m³



**THANK YOU FOR YOUR
ATTENTION**