

radon

Un problema quotidiano

86

Rn

[222]



Radioattività

Radioattività e radiazioni

Per **radioattività** si intende la capacità che hanno alcuni elementi chimici di emettere **radiazioni** in seguito alla trasformazione della composizione dei loro nuclei atomici (nuclei radioattivi).

Con il termine «radiazione» si intendono tutti quei processi dove vi è trasporto di energia.

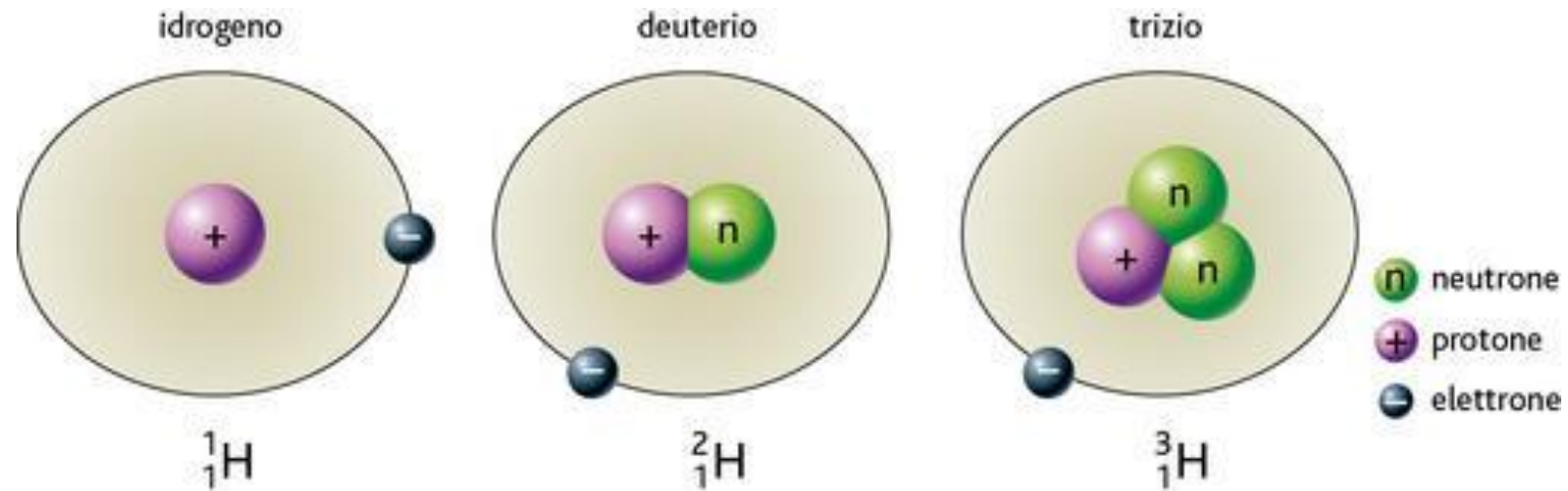
È possibile suddividere le radiazioni in **ionizzanti** e **non ionizzanti**.

Le prime, a differenza delle seconde, hanno sufficiente energia per produrre ioni quando attraversano la materia, compresa la materia vivente.

Radioattività = trasformazione spontanea o artificiale dei nuclei con emissione di radiazione corpuscolare → particelle elettromagnetica → energia



Gli **isotopi** sono forme diverse di uno stesso elemento chimico. Tra tutti gli isotopi alcuni sono stabili mentre altri sono **instabili**, tendono cioè a perdere uno o più costituenti del nucleo dell'atomo.



Durante il processo sono emesse radiazioni ionizzanti e per questo motivo sono definiti **isotopi radioattivi**.

Quando un nucleo radioattivo si trasforma in un **diverso nucleo**, cioè la trasformazione di un elemento chimico in un altro, si ha il fenomeno noto come «**decadimento radioattivo**».

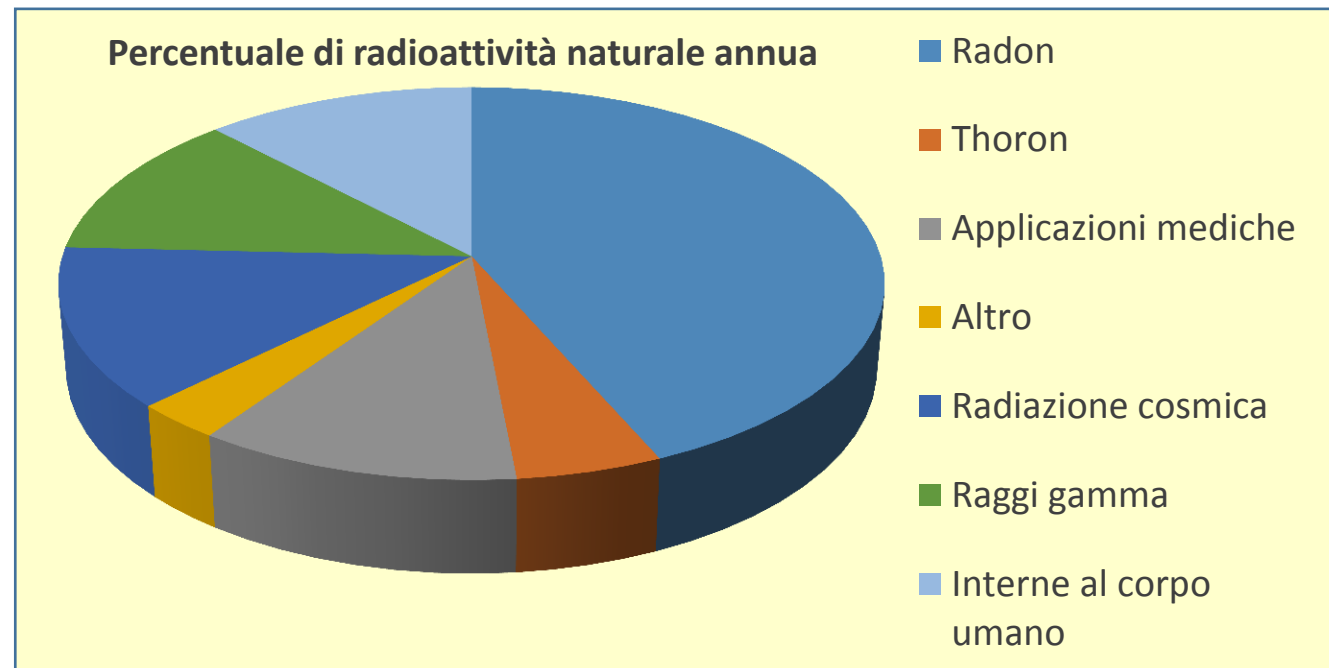
La radioattività può essere distinta in **naturale o indotta (artificiale)**, a seconda se è una proprietà spontanea dei nuclei atomici o se è stata provocata per mezzo di reazioni nucleari.

Radioattività naturale

Nella radioattività naturale si distinguono una componente di origine terrestre e una componente di origine extra-terrestre.

Tipi di radioattività:

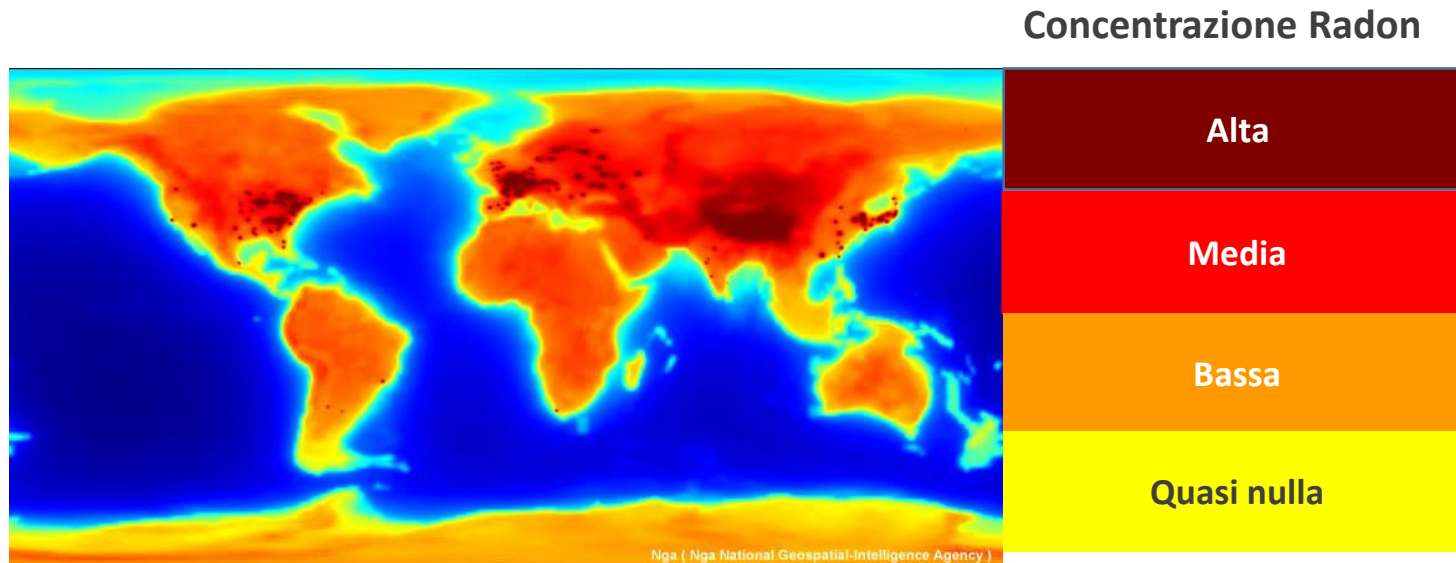
- ✓ Radioattività terrestre
- ✓ Radioattività nelle acque
- ✓ Radioattività cosmica



Radioattività terrestre

Dal suolo terrestre vengono emesse radiazioni dall'uranio, dal torio, dal radon e da altri materiali radioattivi naturalmente presenti all'interno di esso (non sempre ad eccessiva profondità).

Mappa della radioattività terrestre, pubblicata dall'NGA sulla rivista Scientific Reports. I dati per la realizzazione di questa mappa sono stati analizzati in Giappone ed in Italia



Radioattività nelle acque

Anche le acque contengono una certa quantità di radioattività, dovuta sia alle piogge che trasportano le sostanze radioattive dell'aria, sia alle acque di drenaggio che convogliano nei bacini idrici sostanze radioattive presenti nelle rocce e nel suolo. Significativamente radioattive sono le acque calde solfuree negli impianti termali, per produrre elettricità e per riscaldare gli edifici.

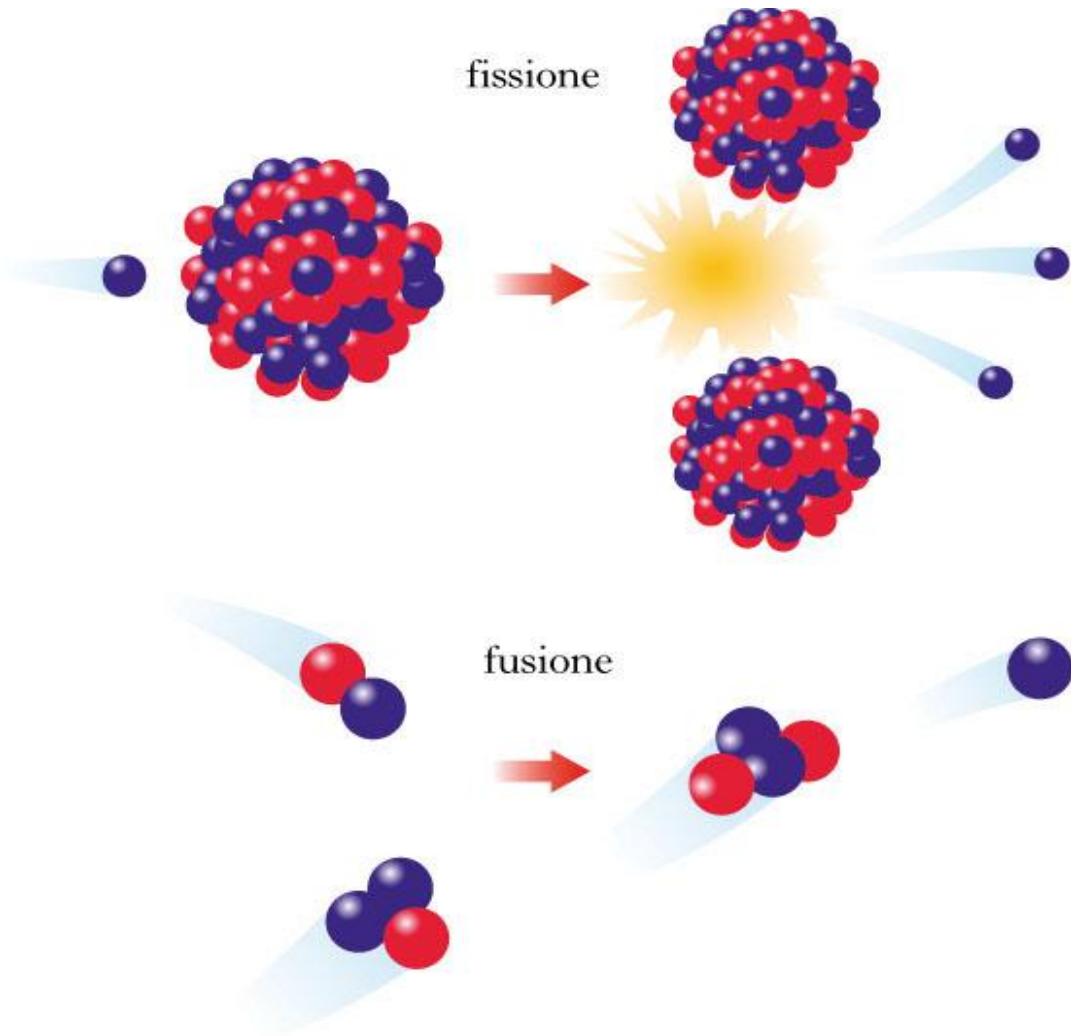


Radioattività cosmica

La radiazione cosmica arriva dallo spazio, ossia fuori dall'atmosfera terrestre. Essa arriva principalmente dal Sole ma anche in minima parte dalle altre stelle, lontane e vicine. Una parte di esse viene assorbita (bloccata) dall'atmosfera terrestre. Ciò comporta che questo tipo di radiazione risulta maggiore in montagna piuttosto che al livello del mare.



Radioattività artificiale



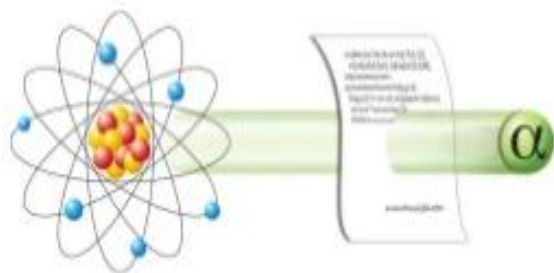
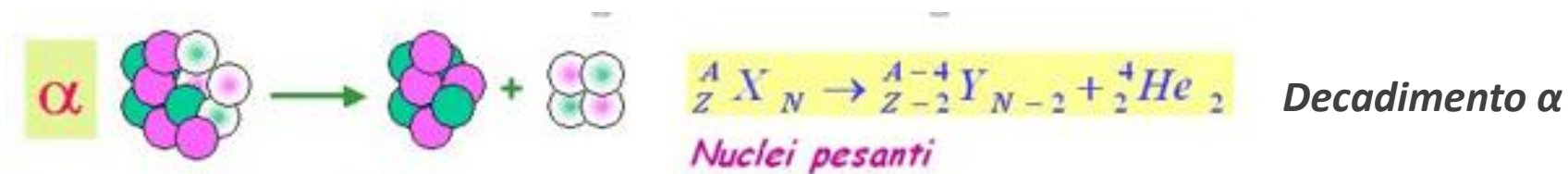
Fenomeni radioattivi possono essere causati anche da reazioni indotte dall'uomo, come quelle nucleari: esse consistono nell'urto di una particella (in genere un protone, un neutrone, una particella o raggio α) con un atomo della materia.

Altre radiazioni artificiali sono quelle generate ad opera di onde radio (RF) (cellulari, antenne, forni a microonde, ecc...): esse **non generano ionizzazione** e quindi non dovrebbero provocare danni.

Tipi di decadimento

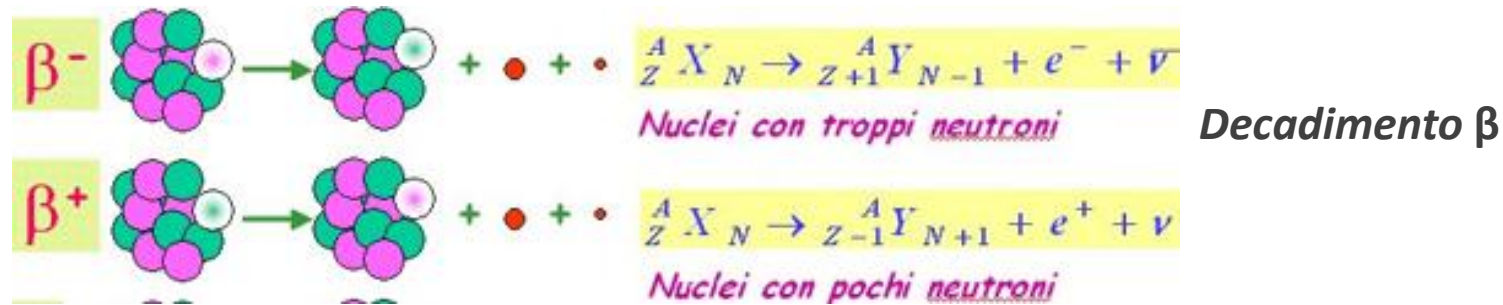
Il decadimento radioattivo comporta un'emissione di tre tipi di particelle: **particella alfa (α)**, **particella beta (β)** e **radiazione gamma (γ)**.

✓ Le **particelle α** sono costituite da **nuclei di elio**. Penetrano in misura molto scarsa nella materia perché sono tra le particelle più pesanti emesse dai nuclei.



Incidenza delle particelle α sulla materia

- ✓ Le particelle β sono costituite da elettroni (β^-) o positroni (β^+). La maggior parte dei decadimenti β è di tipo β^- e interessa soprattutto isotopi radioattivi di elementi leggeri.

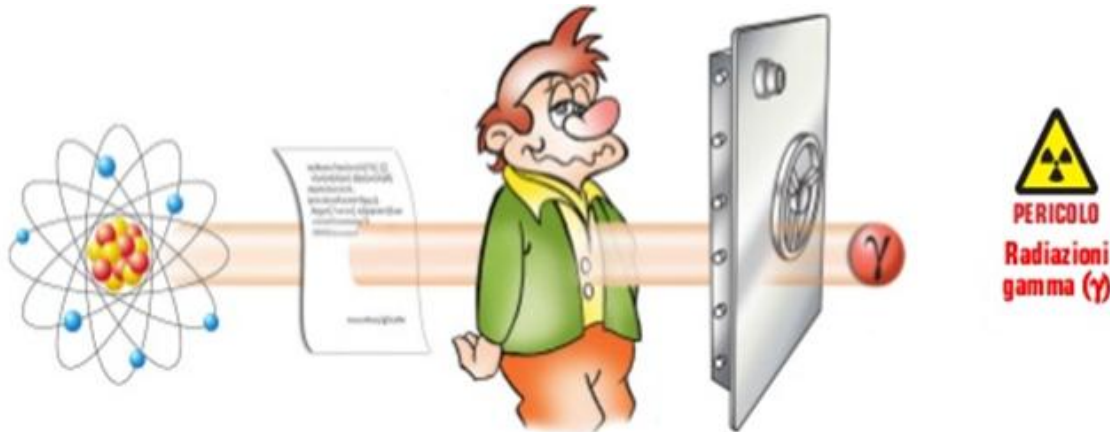


Incidenza delle particelle β sulla materia

- ✓ Le **radiazioni γ** sono costituite da **fotoni**, sono cioè vere e proprie radiazioni elettromagnetiche. Hanno la stessa natura della luce e si muovono alla stessa velocità, ma possiedono energia più elevata e per questo penetrano maggiormente rispetto alle particelle summenzionate.



Decadimento γ



Incidenza delle particelle γ sulla materia

L'ORIGINE DEL RADON

Il radon è un gas nobile radioattivo incolore ed inodore, generato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre (principalmente lave, tufi, graniti, pozzolane).

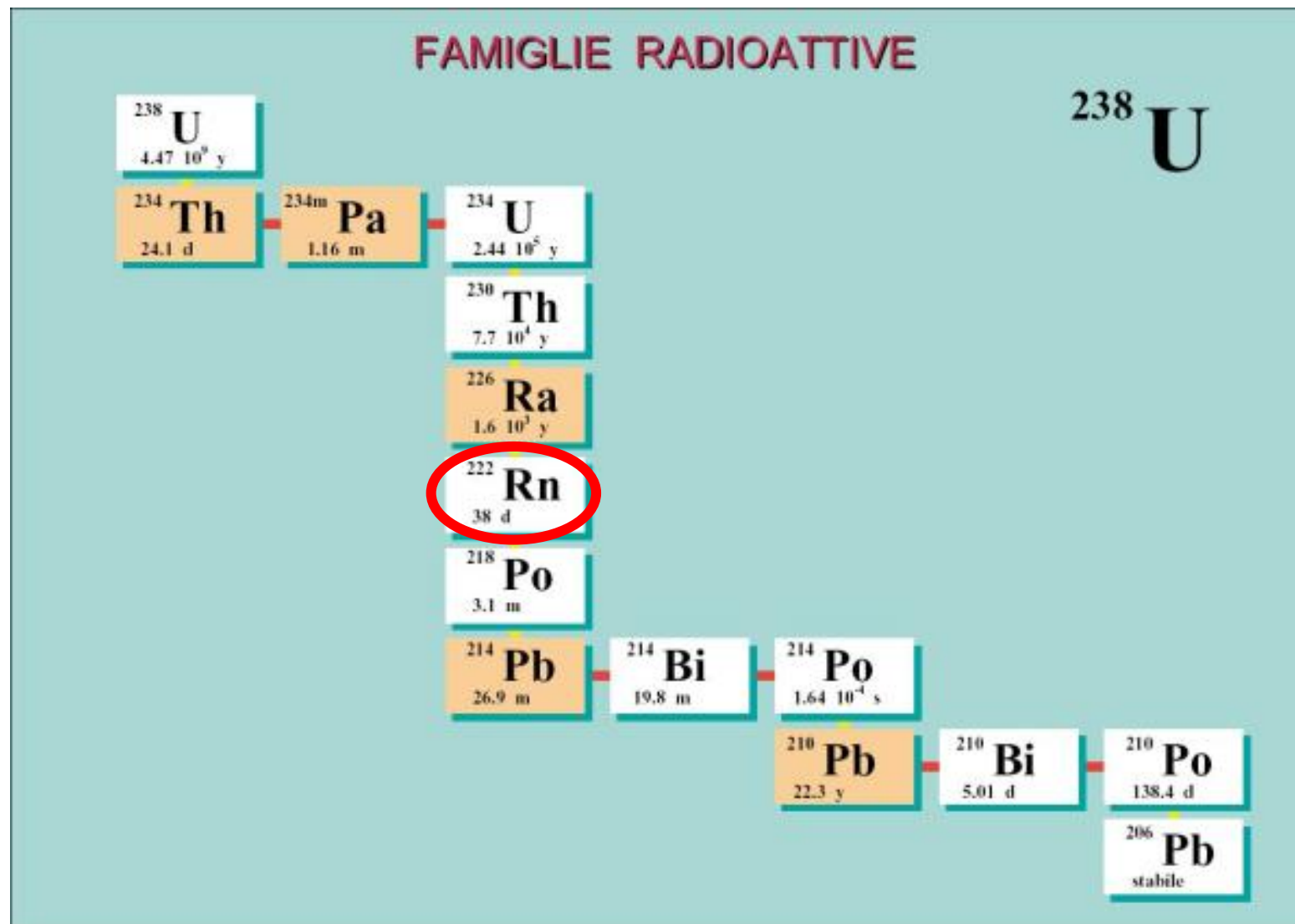
Esso si forma dal decadimento del Radio e si trasforma in altre sostanze radioattive dette “figli del radon”.

La catena di decadimenti ha termine con un elemento stabile rappresentato dal Piombo.

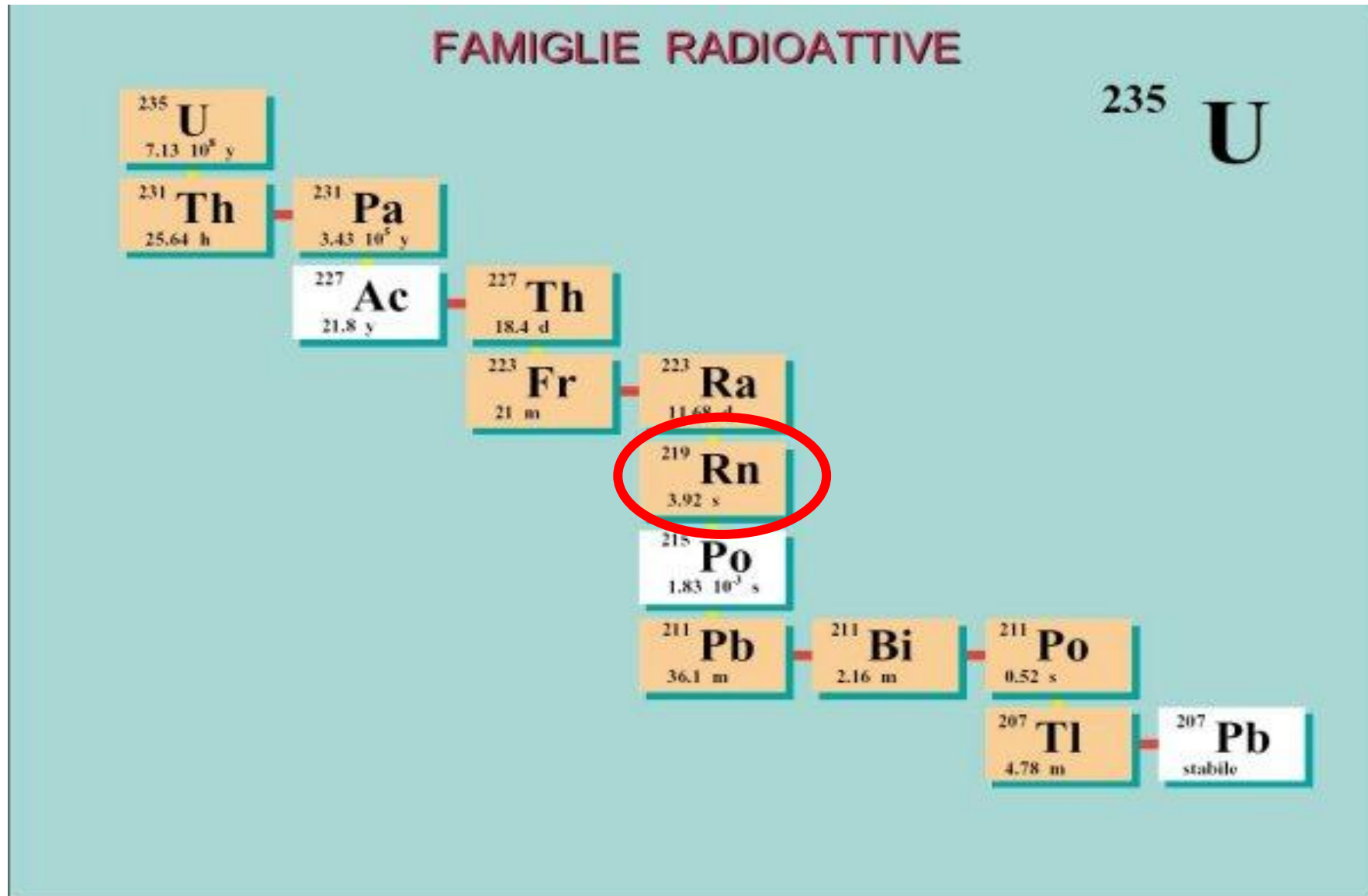
PSE.Menu																				
1																	18			
1	H																2	He		
	1.0079																4.0026			
2	3	4													13	14	15	16	17	10
	Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
	6.941	9.0122													10.811	12.011	14.007	15.999	18.998	20.180
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
	22.990	24.305											26.982	28.086	30.974	32.066	35.453	39.948		
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
	39.098	40.078	44.956	47.867	50.942	51.996	54.938	55.845	58.933	58.693	63.546	65.39	69.723	72.64	74.922	78.96	79.904	83.80		
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
	85.468	87.62	88.906	91.224	92.906	95.94	(98)	101.07	102.91	106.42	107.87	112.41	114.82	118.71	121.76	127.60	126.90	131.29		
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
	132.91	137.33		178.49	180.95	183.84	186.21	190.23	192.22	195.08	196.97	200.59	204.38	207.2	208.98	(209)	(210)	(222)		
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	114							
	Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uuq							
	(223)	(226)		(261)	(262)	(266)	(264)	(277)	(268)	(281)	(272)	(285)	(289)							
Copyright © 1998-2003 by Eni Generalia																				
Lantanidi																				
	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71					
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
	138.91	140.12	140.91	144.24	(145)	150.36	151.96	157.25	158.93	162.50	164.93	167.26	168.93	173.04	174.97					
Attinidi																				
	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103					
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					
	(227)	232.04	231.04	238.03	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(262)					

Tra gli elementi radioattivi presenti nelle rocce e nel terreno derivano infatti tre importanti catene radioattive:

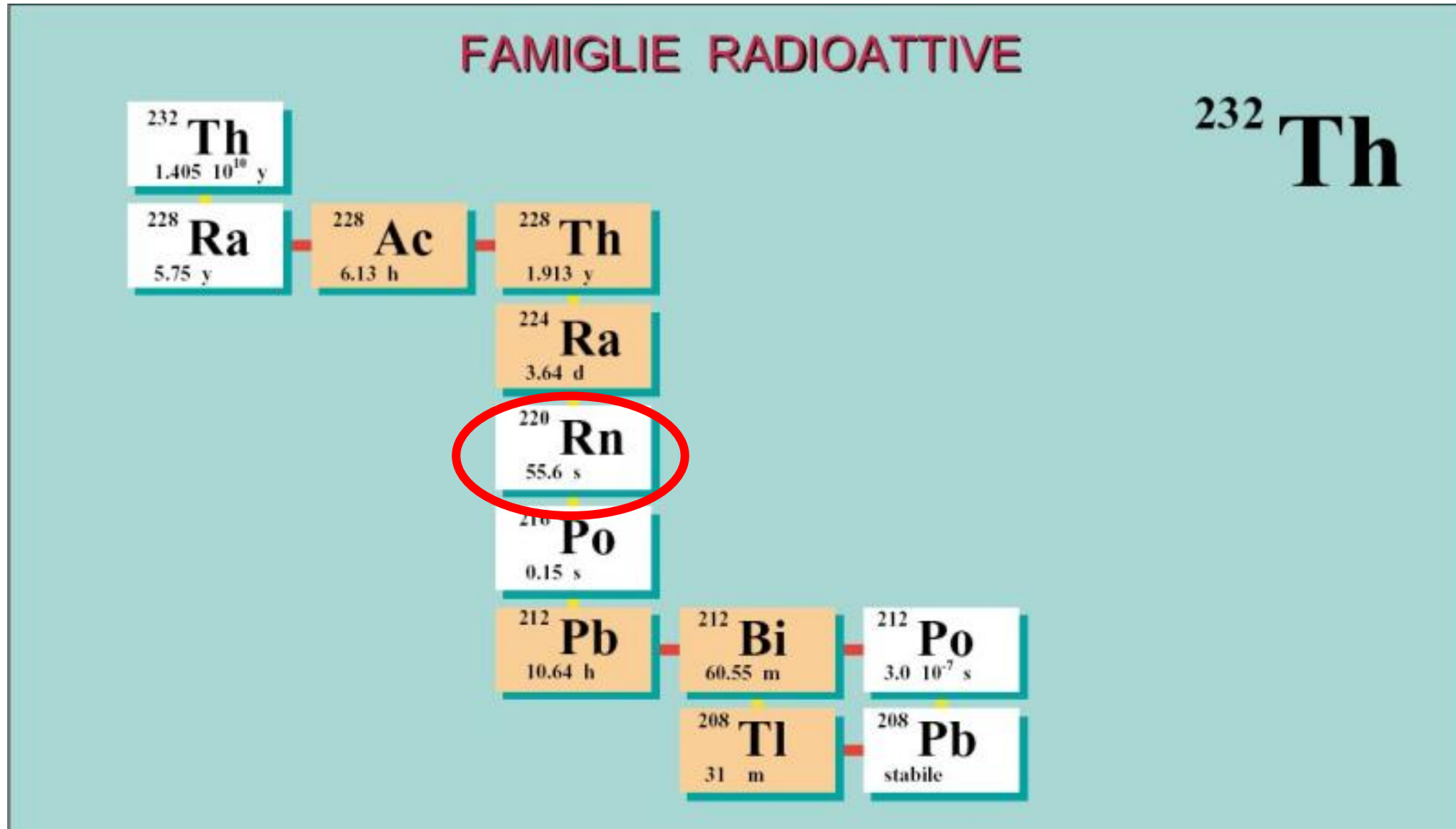
- la prima ha origine dall'Uranio 238 e arriva fino al Piombo 206; costituisce la serie dell'Uranio;



- la seconda ha origine dall'Uranio 235 e termina con il Piombo 207; è detta serie dell'Attinio;



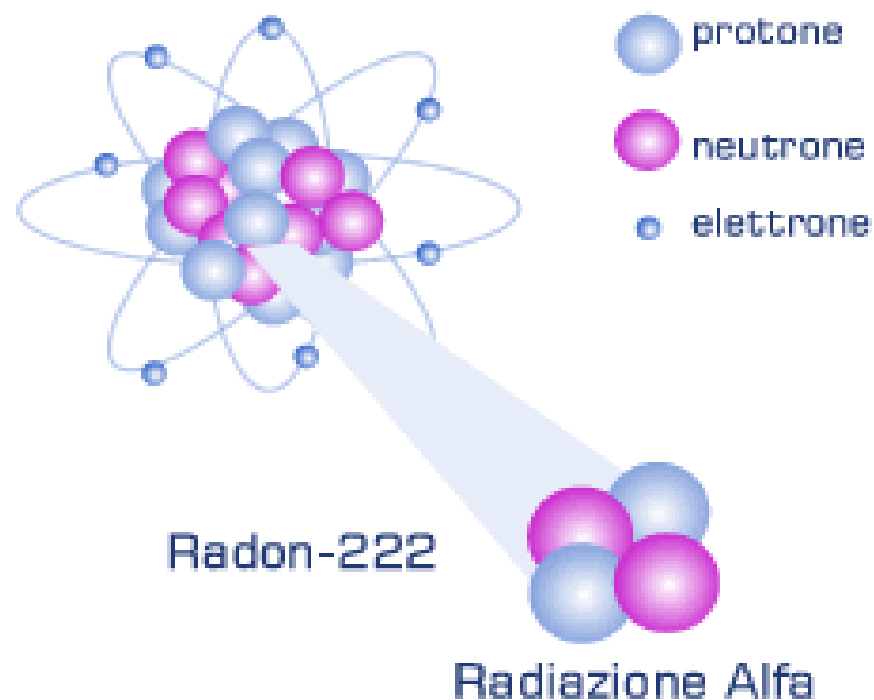
- la terza ha origine dal Torio 232 e termina con il Piombo 208 ; viene definita serie del Torio.



Da queste tre serie si originano 3 isotopi del Radon, che hanno diverso tempo di decadimento

Isotopo di partenza	Isotopo del radon prodotto	Tempo di decadimento dell'isotopo del radon prodotto
^{235}U	^{219}Rn (actinon)	3,96 secondi
^{238}U	^{222}Rn (radon)	3,8 giorni
^{232}Th	^{220}Rn (thoron)	55 secondi

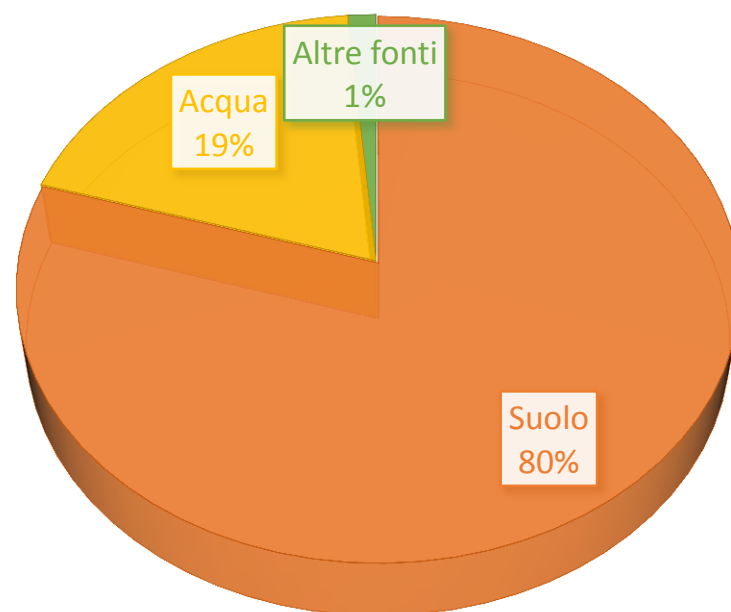
- L'Uranio 238 è il nuclide responsabile della produzione del Radon 222 (^{222}Rn), che rappresenta l'isotopo più pericoloso per uomo
- Gli isotopi del radon decadendo emettono particelle α e si trasformano in elementi "figli", quali Polonio 218 (^{218}Po), Polonio 214 (^{214}Po), Piombo 214 (^{214}Pb) e Bismuto 214 (^{214}Bi), anch'essi radioattivi.
- Polonio 218 (^{218}Po) e Polonio 214 (^{214}Po) decadono a loro volta emettendo particelle α .



Il suolo è responsabile dell'80% del Radon presente nell'atmosfera, l'acqua del 19% e le altre fonti solo dell'1%.

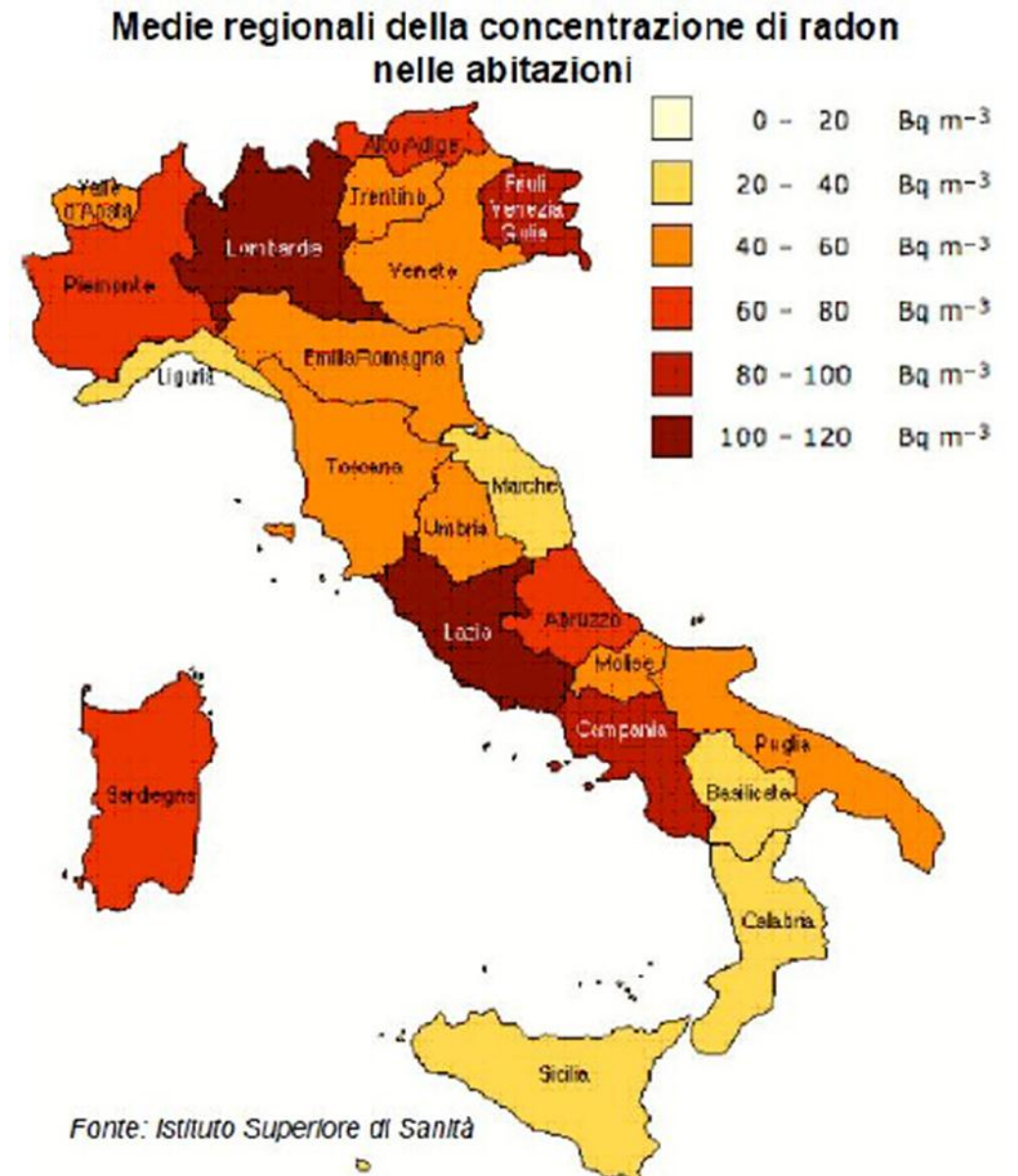
È circa 8 volte più pesante dell'aria, e per questa sua caratteristica tende ad accumularsi negli ambienti confinati e quindi anche nelle abitazioni.

FONTI DEL RADON



Tra gli anni 80 e 90 è stata realizzata dall'ISPRA, dall'Istituto Superiore della Sanità e dai Centri Regionali di Riferimento della Radioattività Ambientale (odierni ARPA e APPA), un'indagine nazionale rappresentativa sulla esposizione al radon nelle abitazioni italiane .

Il valore della concentrazione media è risultato pari a 70 Bq/m^3 , valore relativamente elevato rispetto alla media mondiale valutata intorno a 40 Bq/m^3 e a quella europea di circa 59 Bq/m^3 .

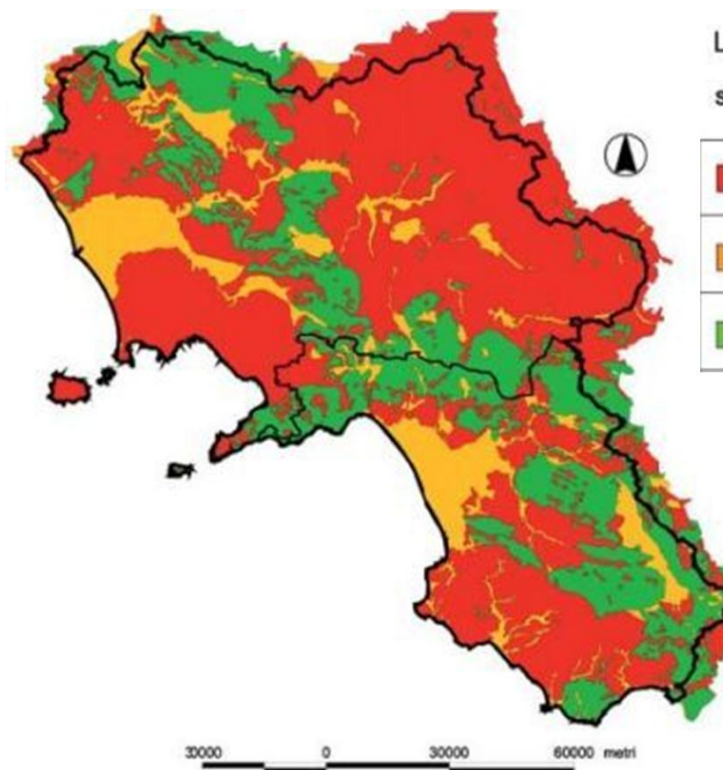


In Campania i tecnici del gruppo A2C hanno effettuato delle misurazioni di radon nel territorio regionale

Di seguito sono riportati i dati rilevati:

Provincia	Media delle misurazioni reali
Salerno	568 Bq/m ³
Napoli	171 Bq/m ³
Avellino	297 Bq/m ³
Benevento	271 Bq/m ³
Caserta	186 Bq/m ³

Paesi vesuviani	Media delle misurazioni reali
Boscoreale	100 Bq/m ³
Ercolano	167 Bq/m ³
Sant'Anastasia	195 Bq/m ³
Somma Vesuviana	143 Bq/m ³
Poggioreale	79 Bq/m ³
Pomigliano	121 Bq/m ³



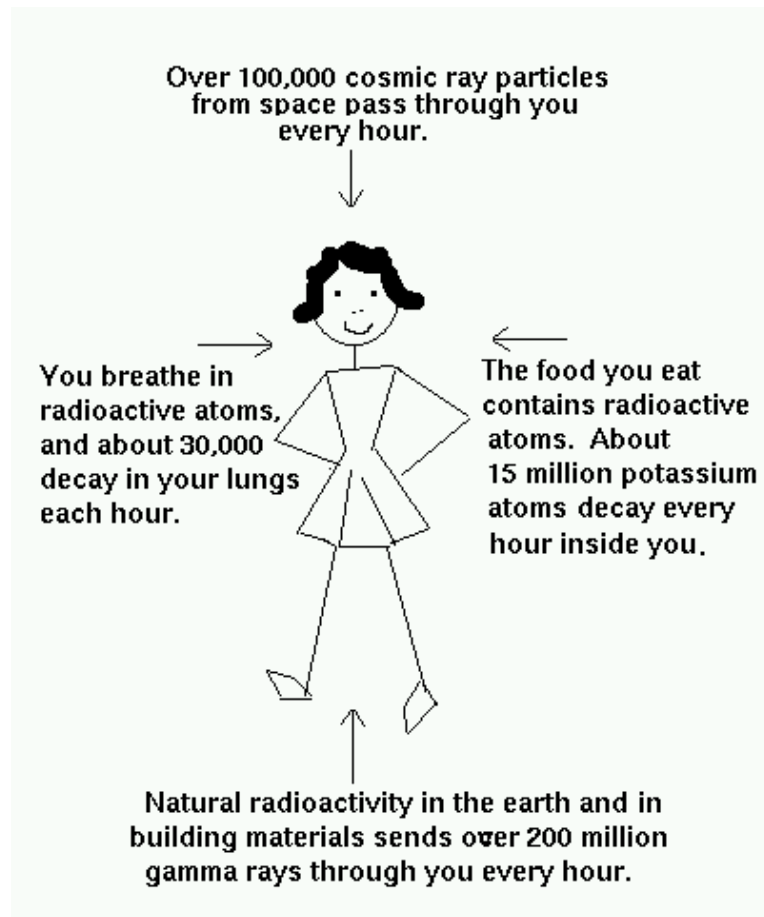
Legenda

SISTEMI LITOLGICI CON CONCENTRAZIONE DI RADON POTENZIALE:

■	ALTA (H) (Sistemi: Terrigeno Arenaceo, Marnoso Argilloso, Vulcanico) > 20.000 Bq/m ³
■	MEDIA (M) (Sistema Clastico) 10.000 - 19.999 Bq/m ³
■	BASSA (B) (Sistema Carbonatico) < 9.999 Bq/m ³

Effetti delle radioazioni sull'organismo





In media noi assorbiamo più di 100,000 particelle che vengono dallo spazio (raggi cosmici).

Respiriamo atomi radioattivi che decadono circa 30,000 volte nei nostri polmoni.

In nostro cibo contiene atomi radioattivi. È stimato che più di 15 milioni di atomi di potassio decadono ogni ora nel nostro corpo.

La radioattività naturale sulla terra e nei materiali edili emettono più di 200 milioni di raggi gamma.

Radon: Rischi per la salute

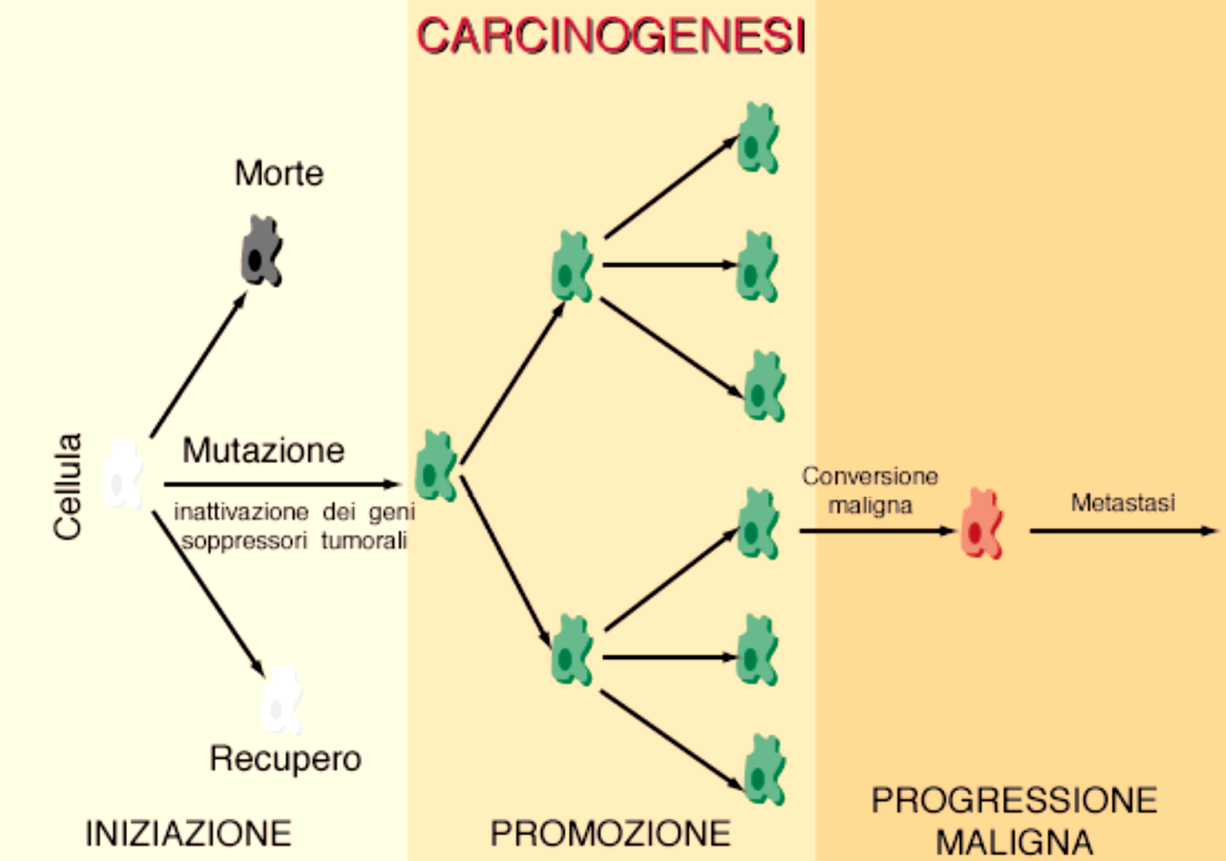
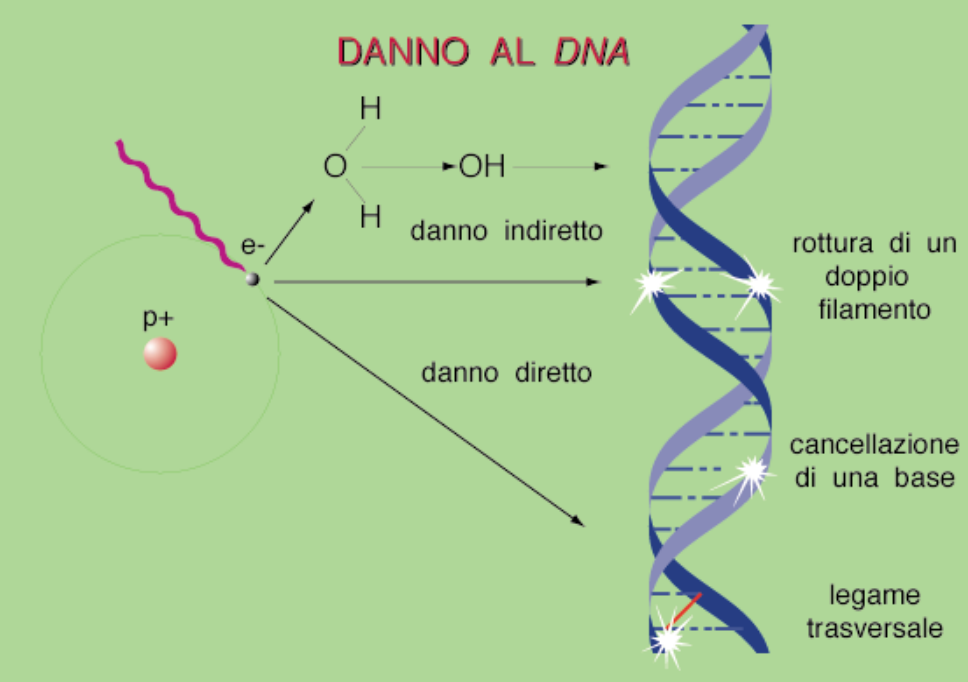


Il radon è una particella cancerogena

Negli spazi chiusi è molto facile che il radon venga inspirato, ma essendo un gas nobile non attecchisce all'apparato bronco-polmonare e così viene espulso.

Tuttavia le particelle in cui decade attecchiscono subito alle pareti del sistema respiratorio, ed essendo radioattive possono causare mutazioni nel DNA.

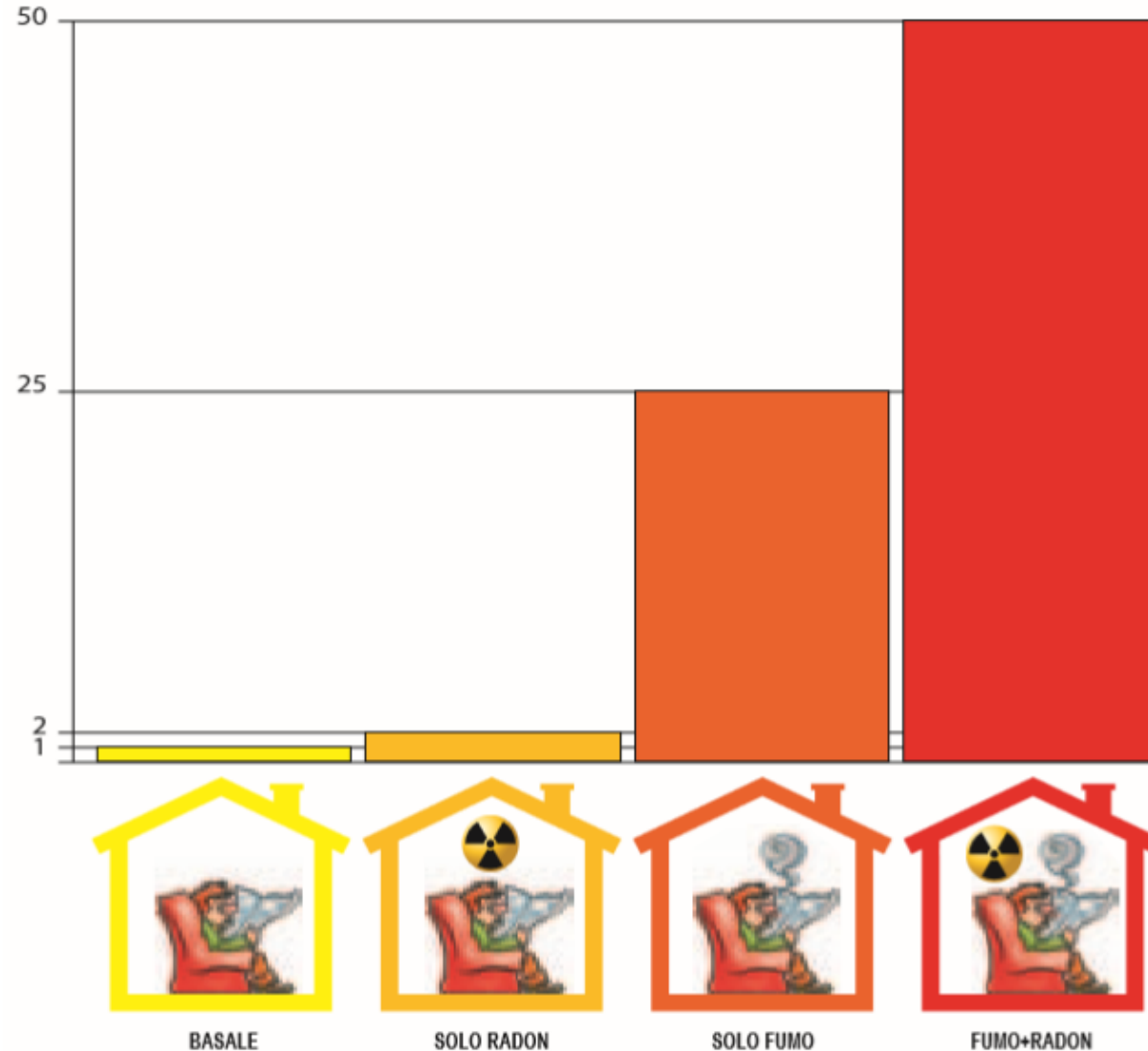
Un particella radioattiva può causare...



Probabilità di tumore polmonare dovuto al radon

Le probabilità di contrarre un tumore polmonare dovuto al radon possono variare per una serie di ragioni:

- si ha più probabilità di contrarre un tumore da radon dopo i 65 anni, sia per la durata maggiore esposizione, sia perché i meccanismi di difesa del corpo sono indeboliti;
- le probabilità sono sei volte maggiori per chi fuma
- in Italia il numero di casi di tumore polmonare attribuibili all'esposizione al radon è di circa 3,200 ogni anno su un totale annuale di circa 32,000.



Stime di casi annui di tumore polmonare attribuibili all'esposizione al radon nelle abitazioni

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%
Italia	32 134	3 237	1 087	5 730	10%	3%	18%

Fonte: Centro Nazionale per la prevenzione ed il controllo delle malattie; 2010

Nome progetto: Piano Nazionale radon (<http://www.iss.it/radon/index.php?id=168&tipo=25&lang=1>)

Protezione dal radon



Ridurre la quantità di radon



Ci sono vari metodi per ridurre le concentrazioni di radon, ma non sono ancora stati trovati dei metodi definitivi per bloccare «l'ingresso» del radon negli edifici.

Le metodologie sono diversificate per edifici esistenti e per nuove costruzioni.

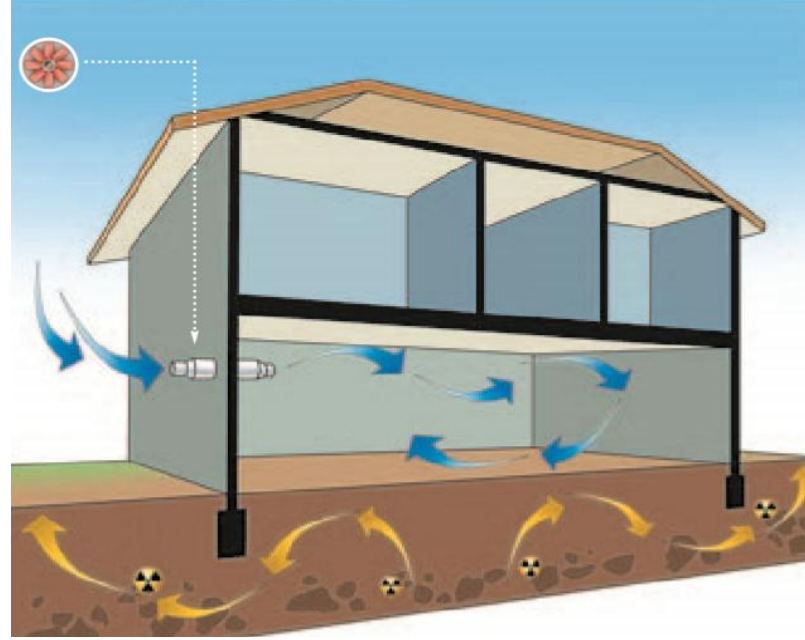
Edifici pre-esistenti

Per ridurre la concentrazione di radon negli edifici già esistenti:

- Per basse quantità di radon basta usare metodi semplici come areare maggiormente gli spazi con maggiore concentrazione
- Per elevate quantità i metodi principali sono:
 - Pressurizzazione e depressurizzazione
 - Creazione di un pozzetto per aspirare il radon dal sottosuolo
 - Aspirazione delle intercapedini e dai pavimenti.



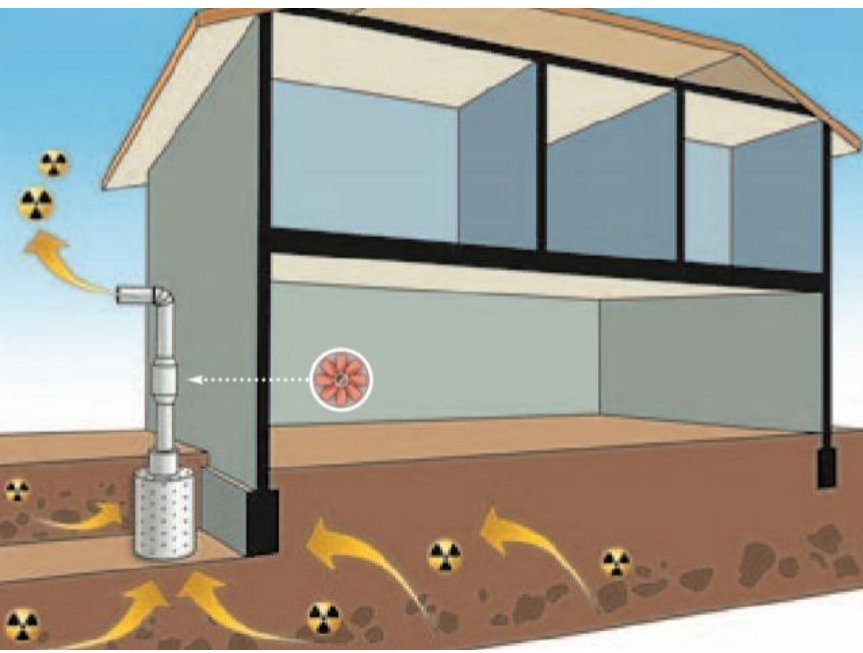
Areazione tramite ventilatore



Pressurizzazione

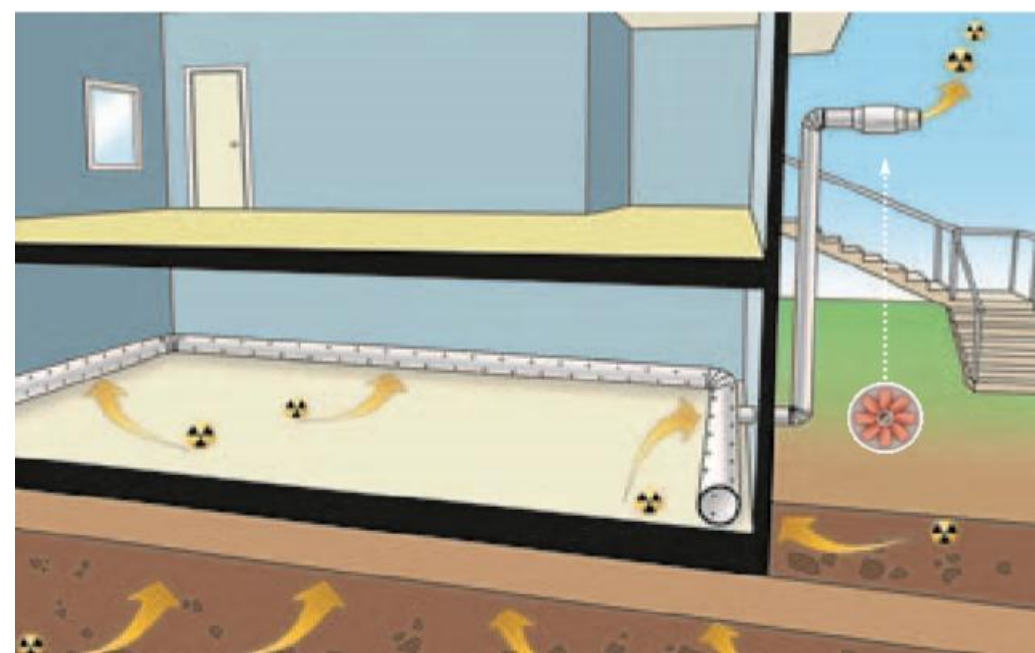


Depressurizzazione



Aspirazione tramite pozzetto

Aspirazione dal pavimento



Nuove costruzioni

Le principali soluzioni da inquinamento da radon che posso essere adottate nella progettazione di nuovi edifici sono:

- **fondamenta a platea:** lo strato di cemento che funge da base per l'edificio deve essere di un tipo impermeabile al radon, come anche le mura che sono interrate (per esempio le mura di una cantina);
- **fondazione ventilata a strisce:** al di sotto della base dell'edificio vengono inseriti dei tubi che trasportano il radon al di fuori grazie ad un ventilatore.



Sistema di fondamenta a platea con al di sotto un sistema di drenaggio a strisce

Il radon contenuto nei materiali edili.

Pietra Ornamentale	Tipo	Prov	Ra-226 Bq/Kg	Th-232 Bq/Kg	K-40 Bq/Kg
Monte Bianco	Gneiss	Ao	166	86	832
Pietra Di Luserna	Gneiss	Cn	125	114	1276
Rosa Baveno	Granito	No	65	63	1100
Sienite Della Balma	Sienite	Vc	375	339	1390
Sienite Grigia A Grana Fine	Sienite	Vc	364	256	1264
Granito Rosato	Sienite	Vc	239	189	1206
Granito Bianco	Sienite	Vc	269	173	1181
Ardesia	Ardesia	Ge	46	47	924
Tonalite	Gneiss	So	30	26	498
Porfido Di Albiano	Porfido	Tn	51	71	1476
Porfido	Porfido	Bs	39	54	1164
Nuvolera	Marmo	Bs	2	<0.3	< 3
Bianco Carrara	Marmo	Ms	3.9	<0.3	4.2
Peperino Grigio	Peperino	Vt	121	160	1340
Basaltina	Basalto	Vt	498	712	2354
Travertino	Travertino	Rm	0.5	<0.2	<2

tratto da "Il Radon nella Casa - di U. Facchini, Gianluigi Valli, R. Vecchi - Ist. di Fisica Gen. Applicata -
Universita' di Milano - Maggio 1991

Metodo	Edificio e superficie approssimativa in m ²	Piano	Massima concentrazione di radon misurata prima e dopo l'intervento (valori in Bq/m ³)	
			PRIMA	DOPO
Pozzetto Radon	casa priv. 150	-1	120.000 (cantina)	1500
	casa priv. 100-150	0	10.000	600
	asilo 300	0	2.500	400
	casa priv. 100-150	0	14000	300
	casa priv. 100	0	700	700
	casa priv. 100-150	0	8.000	1100
	casa priv. < 100	0	20.000	350
	albergo 200	0	2.700	400
	abitazione 100-150	-1	2.400	100
	casa priv. 100	-1	4.000	500
	casa priv. 100	1	8.000	2000
	casa priv. 100	0	1.500	< 200
	casa priv. 100	0	2.500	2500
	scuola 300	0	5.800	< 300
	asilo 200	0	1.200	< 200
	casa priv. 100	-1	8.000	580
abitazione < 100	-1	1.000	200	
Drenaggio sotto il pavimento	casa priv. 100-150	0	1.300	300
	casa priv. 300	-1	9.00	<200
	casa priv. 100-150	-1	casa nuova	230
	casa priv. 100-150	-1	2000	70
	casa priv. 100	-1	1800	180
Sovrappressione in casa	casa priv. 100	-1	3000	600
	casa priv. 100	0	2000	1200
	aula asilo 60	0	800	450
	sala giochi 50	-1	3000	200
	aula tecnica 80	-1	1100	280
	sala riunioni 50	-1	2500	400
Aspirazione da intercapedine	stanza casa priv. 20	-1	4500	290
	scuola 300	0	5000	100

Questi sono dei risultati ottenuti grazie alla bonifica

I Terremoti

Come prevederli grazie al radon



Un modo poco conosciuto per rilevare un terremoto o un eruzione vulcanica è per l'appunto l'emissione del gas radon, data la sua fuoriuscita a seguito delle fratture della crosta terrestre.

Considerando che noi viviamo un territorio sotto la costante minaccia del Vesuvio, questo ha suscitato in noi molto interesse.

Un metodo tra l'altro utilizzato dall'INGV e dell'Osservatorio Vesuviano, che quotidianamente studiano questi fenomeni per assistere la popolazione.

L'Osservatorio Vesuviano nel 2010 ha iniziato un progetto per la posa di rilevatori radon nella zona dei Campi Flegrei.

Fonte:

<https://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUKEwj-5rG-gu3SAhWBHywKHfSuAnkQFghFMAY&url=http%3A%2F%2Fgsa.unina2.it%2Fpdf%2Fpdf%2F1964&usg=AFQjCNHUUYaWNoRMk00jRRB1bTn8iJkITw>),

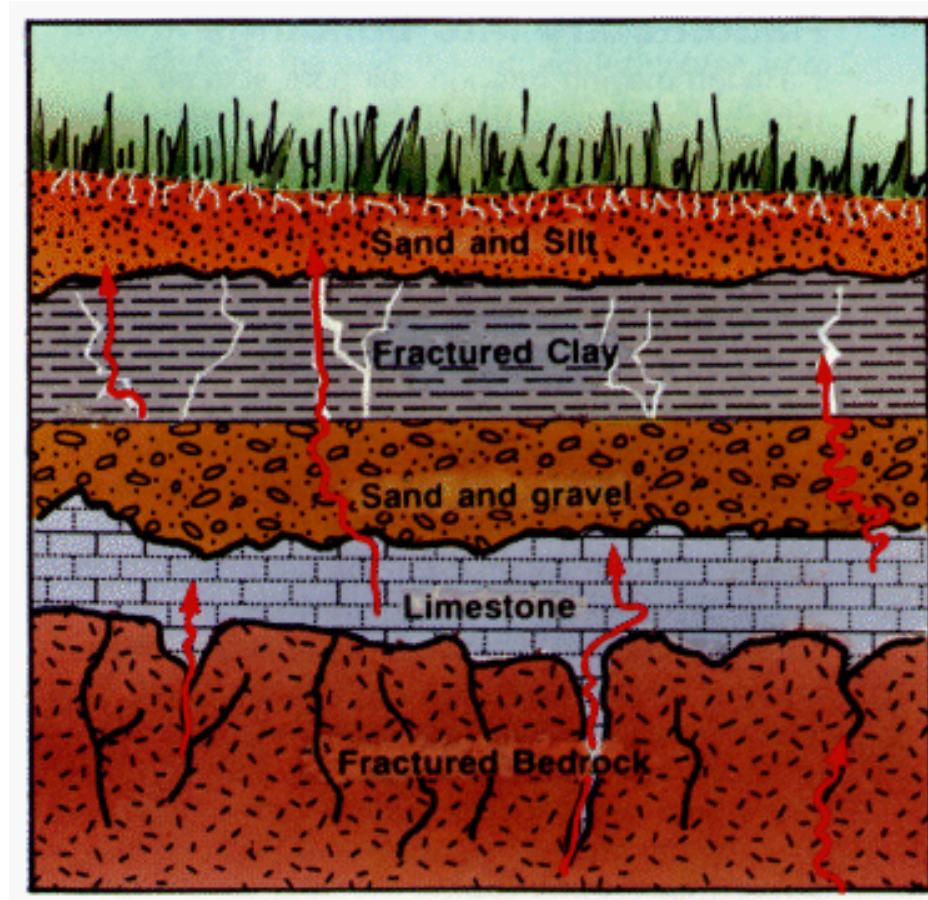
I terremoti

I terremoti sono un improvviso rilascio di energia.

Quest'energia si accumula nella crosta terrestre grazie al movimento delle placche

Quando quest'energia raggiunge un punto critico si genera una frattura che provoca il terremoto.

Durante la fase preparatoria di un terremoto vi sono delle microfrazture che favoriscono la fuoriuscita di gas radon nell'atmosfera.



Il radon però può dare una serie di problemi nel rilevare un terremoto come:

- la formazione rocciosa (un tipo di suolo più poroso abbassa la quantità di radon prima del terremoto, mentre un suolo più duro ne aumenta la fuoriuscita nell'atmosfera);
- le condizioni atmosferiche (il vento forte può diminuire la concentrazione media di radon, come la pioggia).

Caso Cina

Nel 1975 in Cina grazie all'elevata quantità di radon misurata nell'atmosfera fu possibile prevedere un terremoto di magnitudo 7.3.

Questo è stato un grande successo per la ricerca in quanto riuscì a salvare la vita a molte migliaia di persone.

Fonti: «la Repubblica» (<http://www.repubblica.it/2009/04/sezioni/cronaca/terremoto-nord-roma-1/prevedibilita/prevedibilita.html>)

Il caso «P.E.P.E.»

Il Parkfield Earthquake Prediction Experiment «P.E.P.E.» fu uno dei più grandi fallimenti.

Questo perché il terremoto che si presentò con più di un decennio di ritardo e senza alcun preavviso, nonostante molti rilevatori attivi che non rilevarono alcuna anomalia.

Il caso Giuliani

Il professore Giuliani nel 2009 creò un «precursore sismico» che avrebbe dato la possibilità di prevedere i terremoti tra le 6 e le 24 ore precedenti: esso misurava l'emissione di radon dalla crosta terrestre.

Tutte le notizie di questa sezione sono state trovate su Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake_prediction) con le relative fonti tra le quali il giornale scientifico «Science»

Misure nell' «I.S. Caravaggio»



Elettreti

L' Elettrete è un dispositivo noto come camera a ionizzazione. È formato da una camera di plastica conduttrice a volume noto un disco di materiale dielettrico (teflon) con un codice a barra per l'identificazione. Le radiazioni emesse dal radon generate all'interno della camera ionizzano l'aria. L'elettrete, carico positivamente, attira gli ioni negativi (elettroni) e questo produce una diminuzione della carica netta e quindi del potenziale superficiale dell'elettrete stesso. Gli ioni positivi si neutralizzano sulla superficie della camera. La variazione di tensione dell'elettrete è proporzionale alla concentrazione radon e al tempo di esposizione. La misurazione richiede quindi due letture di voltaggio: prima dell'esposizione V_i e alla fine di essa V_f . La differenza di voltaggio e il tempo di esposizione, tramite fattori di calibrazione determinati sperimentalmente, permettono di calcolare la concentrazione radon per una data combinazione camera-elettrete.



In base alle esigenze e al tempo di esposizione, si possono assemblare 4 tipologie di rilevatori:

- SST ad alta sensibilità e camera di piccola dimensione;
- SLT ad alta sensibilità e camera di grande dimensione;
- LST minore sensibilità e camera di piccola dimensione;
- LLT minore sensibilità e camera di grande dimensione.

L'«I.S. Caravaggio» ha utilizzato :

- 5 elettreti in configurazione LLT, tempo di esposizione di 49 giorni;
- 1 elettrete in configurazione SLT, tempo di esposizione di 6 giorni.

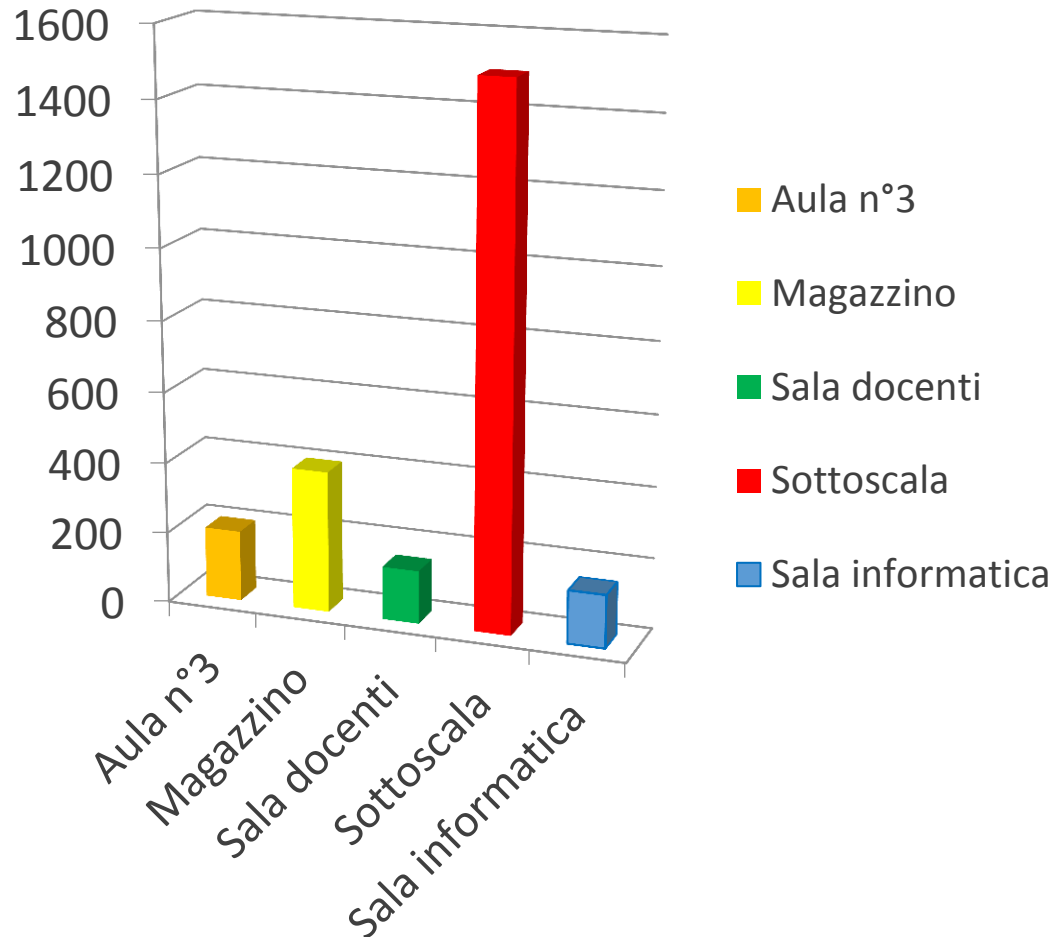


Elettreti posizionati nell'«I.S. Caravaggio»:

1. Sala docenti
2. Sala informatica
3. Magazzino
4. Ripostiglio
5. Aula (LLT-SLT)

Risultati sperimentali

Concentrazione Radon (Bq/m³)



Rilevatore	Postazione	Radon (Bq/m ³)	Media (Bq/m ³)
LO9975	Aula 4C	200	167
LO9834	Magazzino	400	
LS6326	Sala docenti	150	
LS6979	Sottoscala	1500	
LI6402	Sala Informatica	150	
Rilevazione effettuata tra il 14/03/2017 e il 26/04/2017			

Dalla concentrazione media sono stati esclusi il sottoscala ed il magazzino poiché sono luoghi della scuola non accessibili.