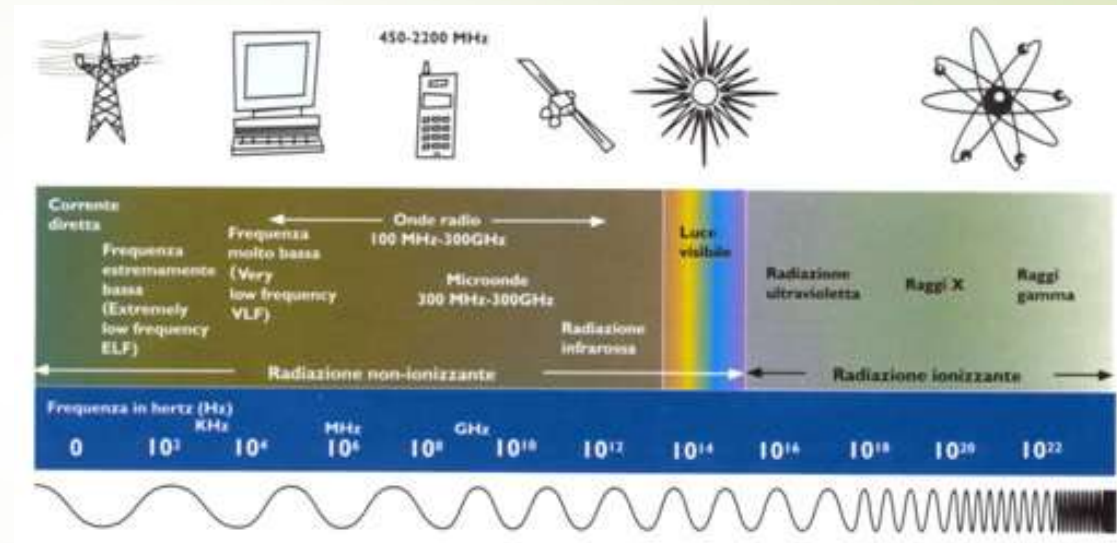


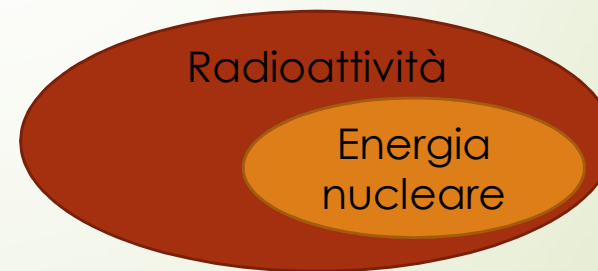
Secondo voi con il termine « radioattività » cosa si intende?

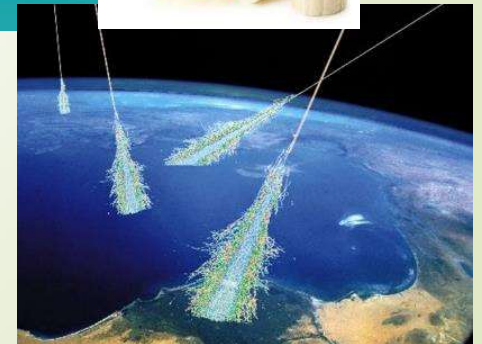
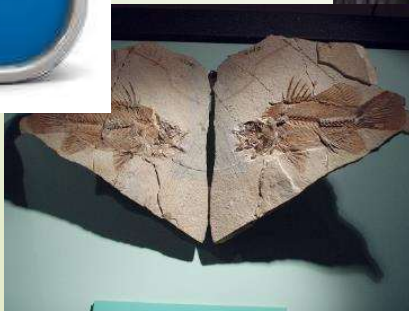
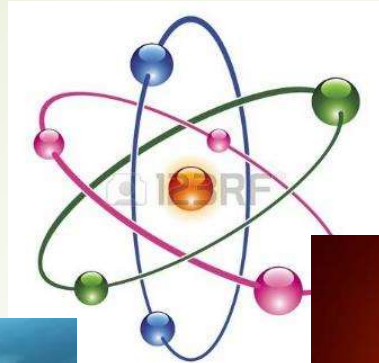


Radiazione = radioattività ?



Energia nucleare = radioattività ?





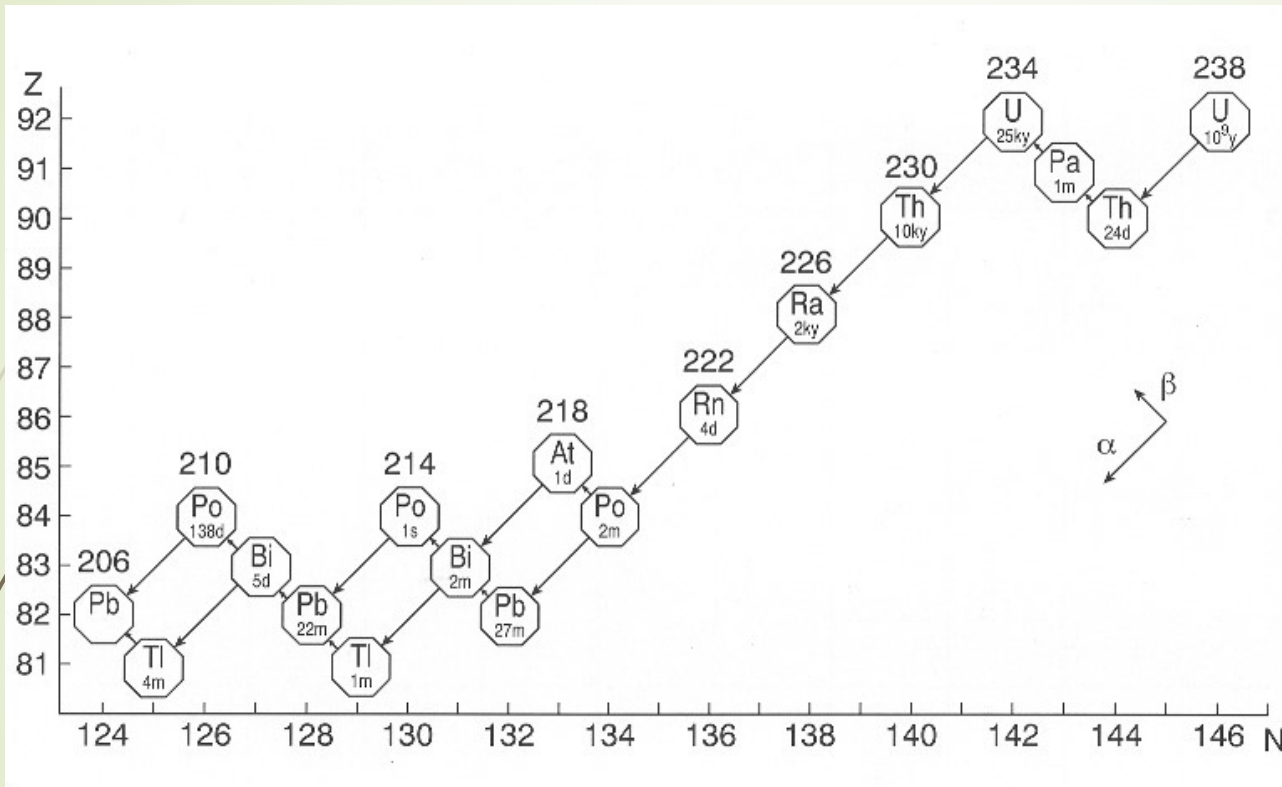
Il decadimento radioattivo



La radioattività, o decadimento radioattivo, è un insieme di processi fisici - nucleari attraverso i quali alcuni nuclei atomici instabili o radioattivi (radionuclidi) decadono (trasmutano), in un certo tempo aleatorio detto tempo di decadimento, in nuclei di energia inferiore raggiungendo uno stato di maggiore stabilità con emissione di radiazioni ionizzanti in accordo ai principi di conservazione della massa/energia e della quantità di moto.

Il processo continua più o meno velocemente nel tempo fintantoché gli elementi via via prodotti, che possono essere a loro volta radioattivi, non raggiungono una condizione di stabilità attraverso la cosiddetta catena di decadimento.

Il decadimento radioattivo



catena di decadimento

cioè...



- La materia, in alcune sue forme, non ha vita infinita
- Dopo un tempo più o meno lungo si trasforma ovvero decade
- Il decadimento è in genere accompagnato dalla emissione di radiazioni, da cui il nome di decadimento radioattivo

Radiazione

propagazione di energia attraverso lo spazio (onde meccaniche, onde elettromagnetiche, particelle corpuscolari di origine atomica o nucleare)

Ionizzante

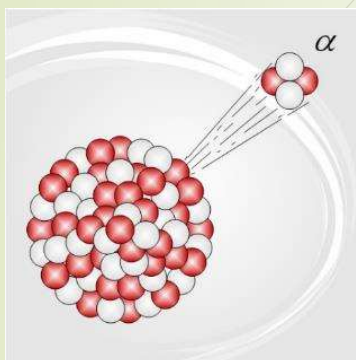
IONIZZARE: fornire ad un atomo sufficiente energia da strappargli uno o più elettroni

capacità della radiazione di creare ionizzazione nella materia da essa attraversata

Tipi di radiazioni ionizzanti

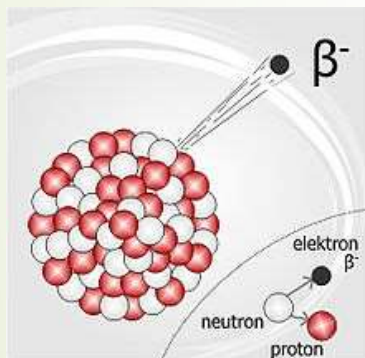
corpuscolare (alfa, beta, neutroni) ondulatoria (X e gamma)

Tipi di decadimento



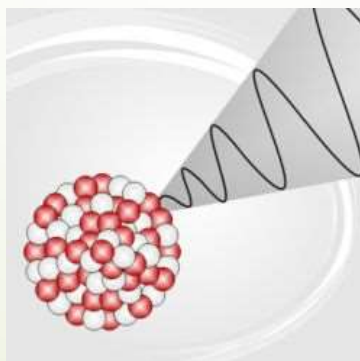
Decadimento alfa:

Corpuscolari , “grosse” , poco penetranti , con energia ben precisa



Decadimento beta

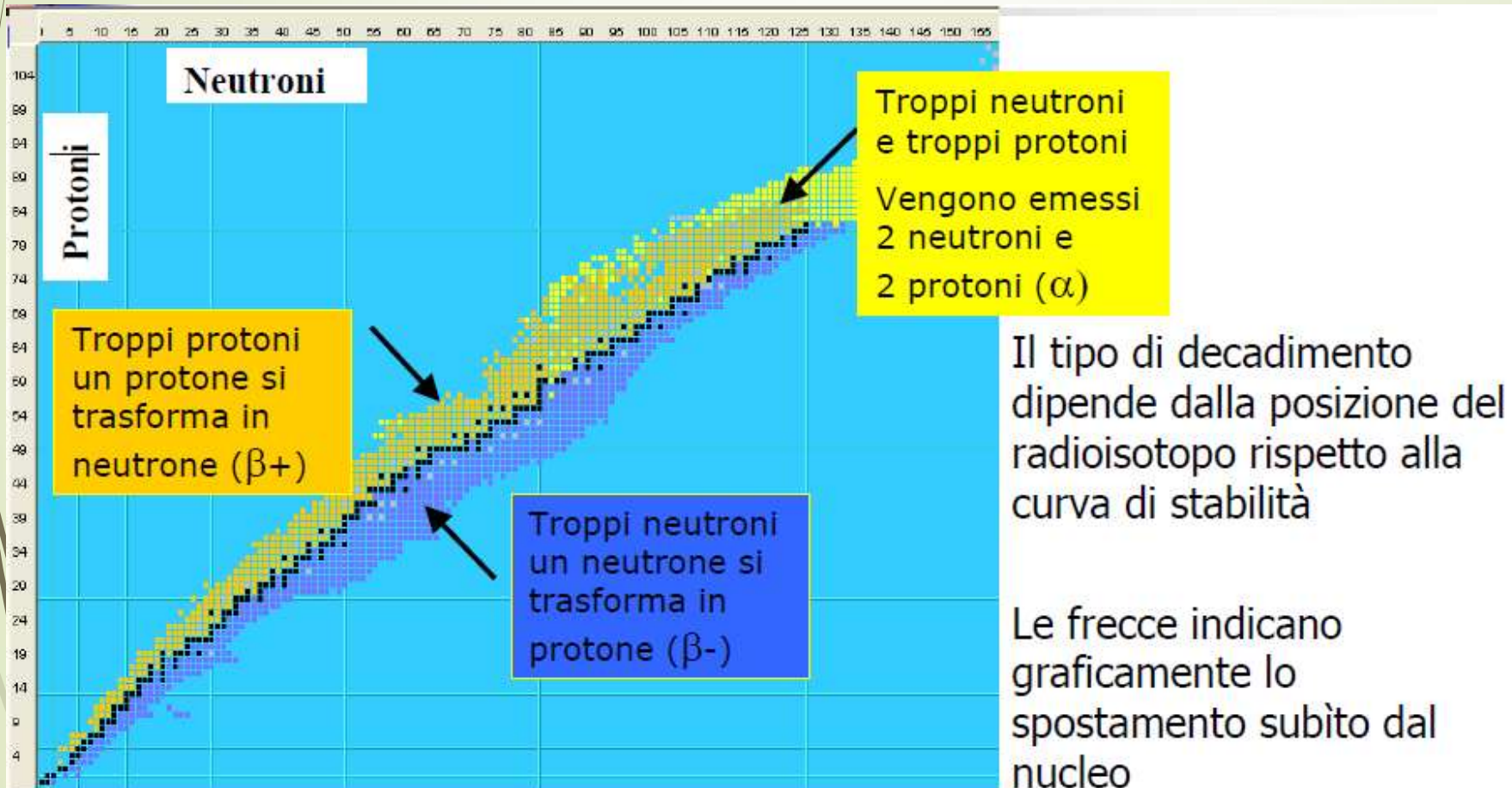
Corpuscolari, più piccole, abbastanza penetranti ,
con energia da zero a un'energia massima



Radiazione Gamma

Sempre associati a particelle alfa o beta
Fotoni (onde elettromagnetiche)
Molto penetranti
Con energia ben precisa

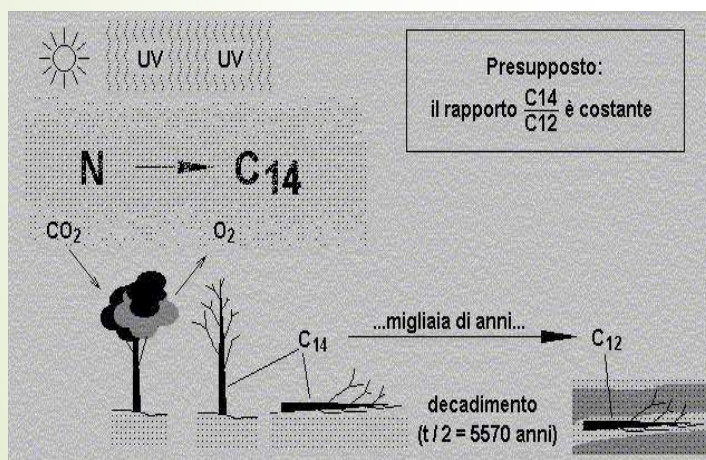
Tipi di decadimento



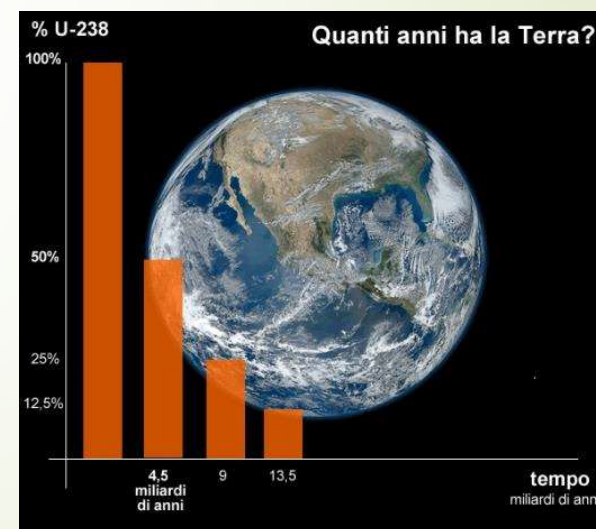
... pillole

E' impossibile stabilire quando un nucleo instabile decadrà, anche se si sa per certo che decadrà !

Si può stabilire matematicamente quanti nuclei instabili mediamente decadranno in un certo tempo



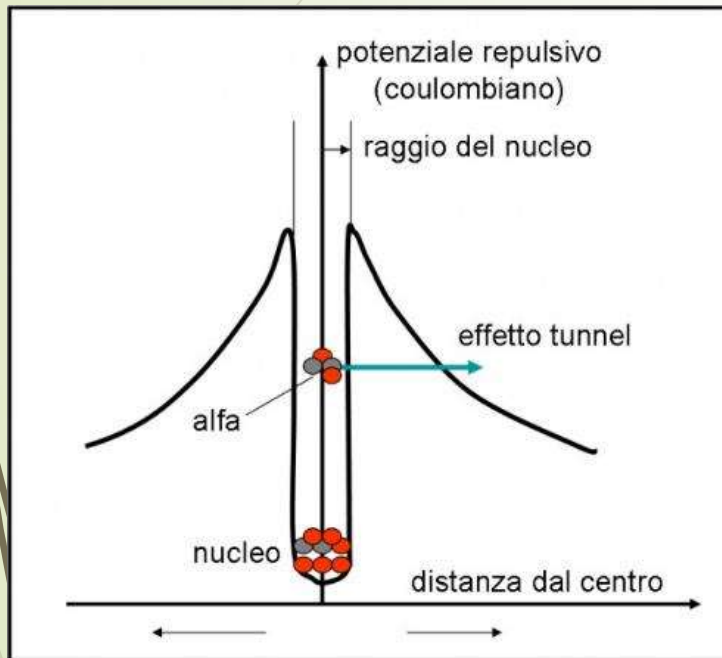
Datazione biologica



Datazione geologica

... e digressioni

Il decadimento alfa non è spiegabile con la fisica classica !

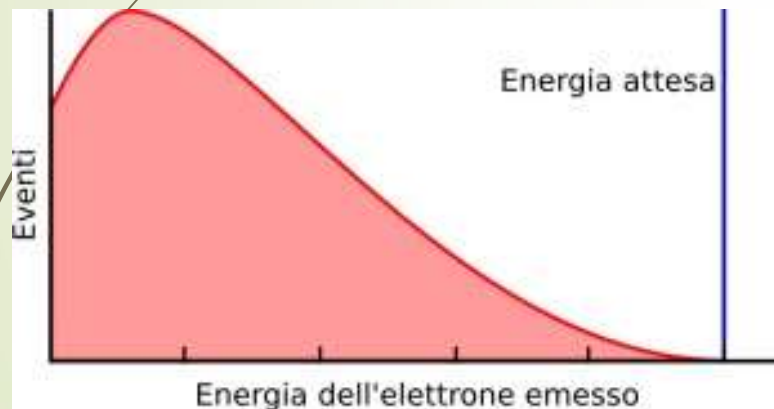


L'unico meccanismo capace di spiegare il superamento della barriera di potenziale da parte della particella alfa è l'effetto tunnel : applicando i postulati della meccanica quantistica , si ottiene che esiste una piccola probabilità che la particella si trovi dall'altra parte della barriera dopo un certo tempo t .

... e digressioni

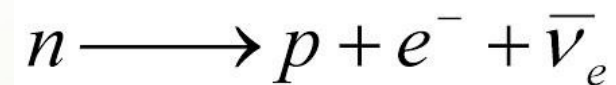
Il decadimento alfa è a due corpi (nucleo e particella alfa): l'energia delle particelle alfa è ben definita per ogni radionuclide (tra 4 e 9 MeV)

Il decadimento beta è a tre corpi (idea di E. Fermi e W. Pauli)

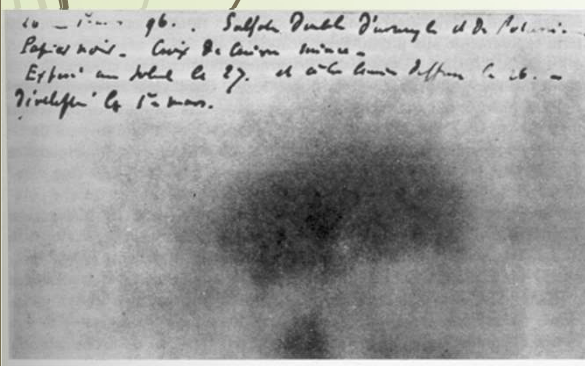
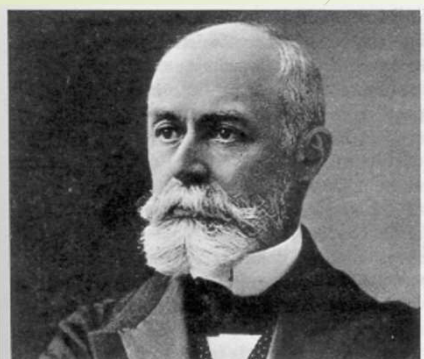


-- > spettro in energia continuo

-- > scoperta del neutrino

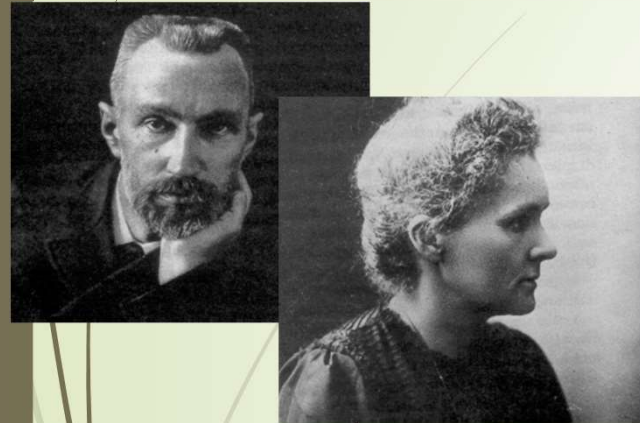


Cenni storici : la scoperta

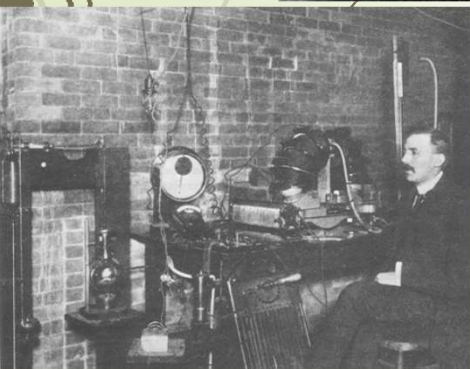


- Henri **Becquerel** scoprì per caso la radioattività naturale studiando la fluorescenza dell'Uranio
- Usò come rivelatore una lastra fotografica che rimase impressionata senza essere esposta alla luce
- Le radiazioni emesse dall'Uranio attraversavano l'involucro opaco della lastra
- Era l'anno 1896, l'anno precedente Roentgen aveva scoperto i raggi X, l'anno successivo Thomson avrebbe scoperto l'elettrone

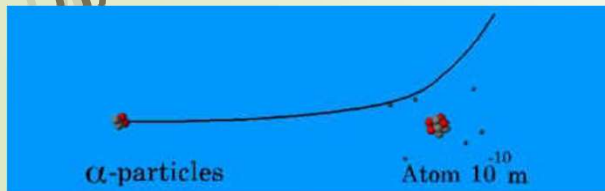
Cenni storici : i mostri sacri



Pierre e Marie Curie studiarono la radioattività appena scoperta e riuscirono, tramite separazioni chimiche, a isolare dei nuovi elementi : Polonio (Po), Francio (Fr) e il Radio (Ra). *[Da alcune tonnellate di Uranio estrassero meno di un grammo di Radio]*



E. Rutherford con pochi grammi di materiale fece misure di grande precisione. Utilizzando le particelle α come proiettili lanciati contro un foglio sottile ideò il primo modello atomico



La diffusione

Nei primi decenni del XX secolo, la diffusione di sorgenti radioattive, in particolare radium, fu incontrollata, si attribuivano infatti ai radioisotopi proprietà terapeutiche mirabolanti ma infondate!

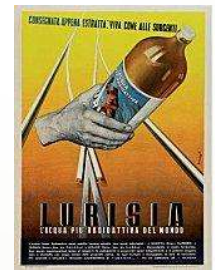


La giornata iniziava lavando i denti con un dentifricio al radio

.....anche i bambini potevano giocare con la radioattività.....



Proseguiva assumendo almeno un bicchiere di acqua con triturato di radio



Durante la giornata era inoltre raccomandato bere acqua radioattiva



Fondamentale la colazione con il cioccolato al radio!!

E per finire... la cura del corpo utilizzando saponette e creme a base di radio



Come si misura la radioattività?



- Il decadimento radioattivo è un fenomeno probabilistico
- λ = probabilità che una particella, o un nucleo, decada nell'unità di tempo (un secondo)
- Non potremo mai sapere con certezza in che istante un particolare nucleo dovrà decadere
- Ma se abbiamo un numero molto grande **N** di nuclei, potremo dire che ogni secondo decadono **$\lambda \cdot N$** nuclei

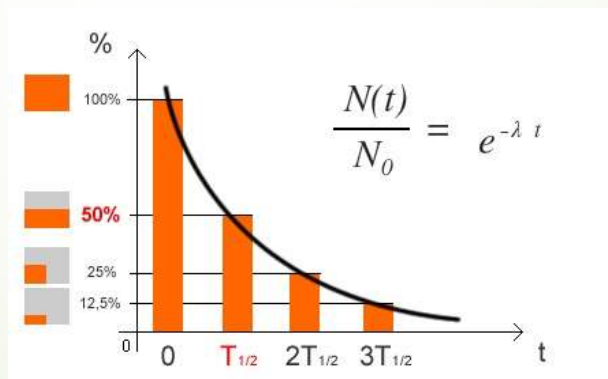
Come si misura la radioattività?

- Supponiamo che ogni singolo nucleo abbia una probabilità su 1000 di decadere in 1 secondo ($\lambda=1/1000 \text{ s}^{-1}$)
- Supponiamo di avere una sorgente con 100000 nuclei ($N=100000$)
 - Quanti nuclei decadono in 1 s ? $\Delta N = 1/1000 \times 100000 = 100$
 - Quanti nuclei decadono in 1/10 di s ? $\Delta N = 1/1000 \times 100000 \times 1/10 = 10$
 - Quanti in un tempo Δt ? $\Delta N = 1/1000 \times 100000 \times \Delta t = \lambda N \Delta t$

→ $\Delta N / \Delta t = -\lambda N$

Attività: numero medio di nuclei che decadono nell'unità di tempo.

L'unità di misura è il Bequerel: **1 Bq = 1 dis./sec**



Curva di decadimento

100 % di nuclei all'istante 0

50 % di nuclei dopo $T_{1/2}$

25 % di nuclei dopo $2 \cdot T_{1/2}$

12.5 % di nuclei dopo $3 \cdot T_{1/2}$

Come si misura la radioattività?



NON CONFONDERE

DECADIMENTO NUCLEARE



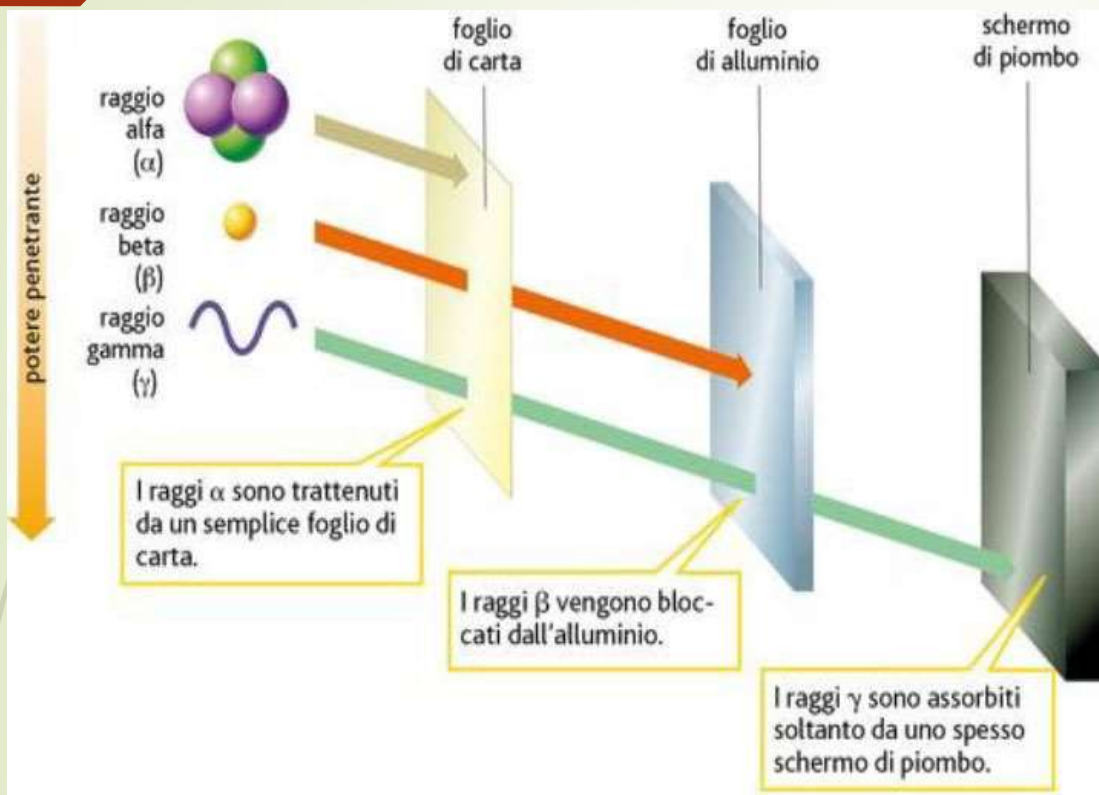
è il decadimento di un nucleo radioattivo in un altro elemento con l'emissione di energia (particelle α , ecc...).

DECADIMENTO (ESPONENZIALE) DELL'ATTIVITA'



indica solamente la diminuzione, secondo legge esponenziale, dell'attività di una sostanza radioattiva nel tempo.

Interazione con la materia



La capacità di penetrazione delle radiazioni ionizzanti all'interno della materia dipende dall'energia, dal tipo di radiazione emessa e dalla composizione e dallo spessore del materiale attraversato.

Radiazione direttamente ionizzante
Alpha, beta...

Radiazione indirettamente ionizzante
Gamma, X, n



RADIOPROTEZIONE

1915 La British Roentgen Society propone standard di protezione dalle radiazioni per lavoratori e popolazione

Cenni di radioprotezione



Gli effetti delle radiazioni ionizzanti si manifestano soltanto allorché si verifica una cessione di energia al mezzo attraversato. In particolare il danno subito dai tessuti biologici è in relazione all'energia assorbita per unità di massa. Di questa circostanza si tiene conto per mezzo della grandezza dose assorbita, D (unità di misura: Gy - Gray), definita come il rapporto tra l'energia media ceduta dalle radiazioni ionizzanti alla materia in un certo elemento di volume e la massa di materia contenuta in tale elemento di volume.



Bisogna tenere conto del tipo di radiazione → **dose equivalente** (si misura in Sievert – Sv)



Bisogna tenere conto del tipo di tessuto → **dose efficace** (si misura in Sievert – Sv) per corpo intero

Cenni di radioprotezione



NON CONFONDERE

L'ATTIVITA' (Bq)
misura la quantità
di energia emessa.

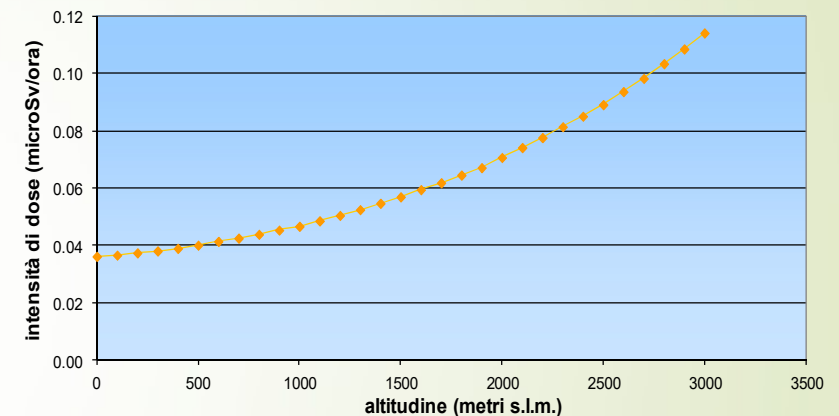
La **DOSE** (Gy, Sv)
misura l'energia
depositata nella
materia.

Intensità di dose gamma ambientale per esposizione a radiazione cosmica e terrestre



La radiazione ambientale presente in aria ha una doppia origine: **cosmica** e **terrestre**

Cosmica: fotoni originati dalle interazioni delle particelle della radiazione cosmica primaria, sotto l'azione della magnetosfera, con l'atmosfera terrestre. Poiché l'atmosfera ha un effetto assorbente e schermante, soprattutto negli strati inferiori più densi, la componente di origine cosmica della radiazione gamma ambientale cresce con il crescere dell'altitudine.



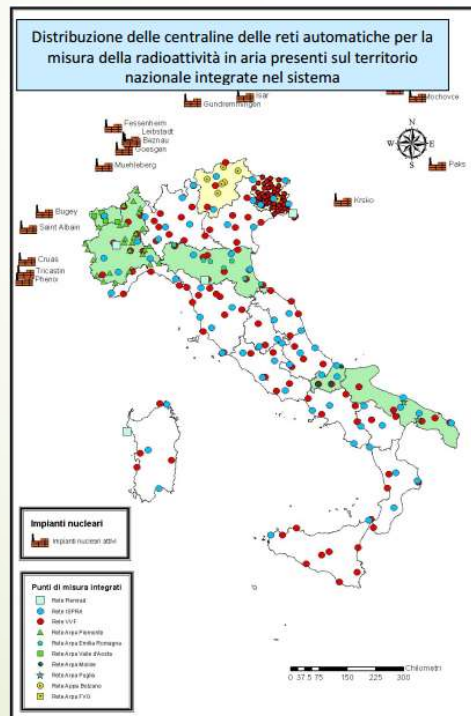
Terrestre: radiazione gamma emessa direttamente dai radionuclidi naturali contenuti nelle rocce e nei terreni, e da quella generata in aria dai radionuclidi prodotti di decadimento del radon, gas radioattivo naturale emanato da rocce e terreni. La componente terrestre varia molto da luogo a luogo sulla superficie terrestre, a seconda della composizione locale del suolo.

Intensità di dose gamma ambientale per esposizione a radiazione cosmica e terrestre

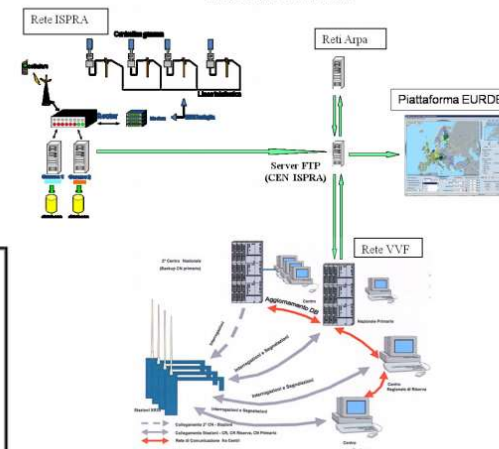


Aosta Valley network

Italian network



Integrazione delle reti di monitoraggio automatiche italiane



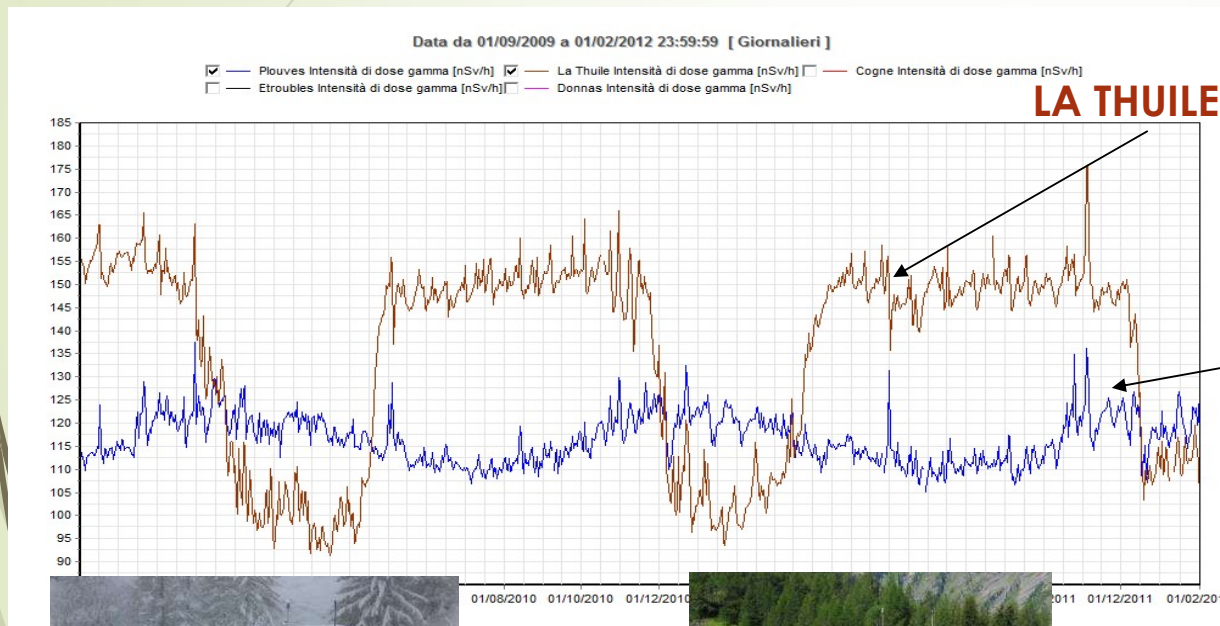
System architecture



Intensità di dose gamma ambientale per esposizione a radiazione cosmica e terrestre



La componente terrestre è soggetta a importanti variazioni collegate alle condizioni meteorologiche e climatico-ambientali.



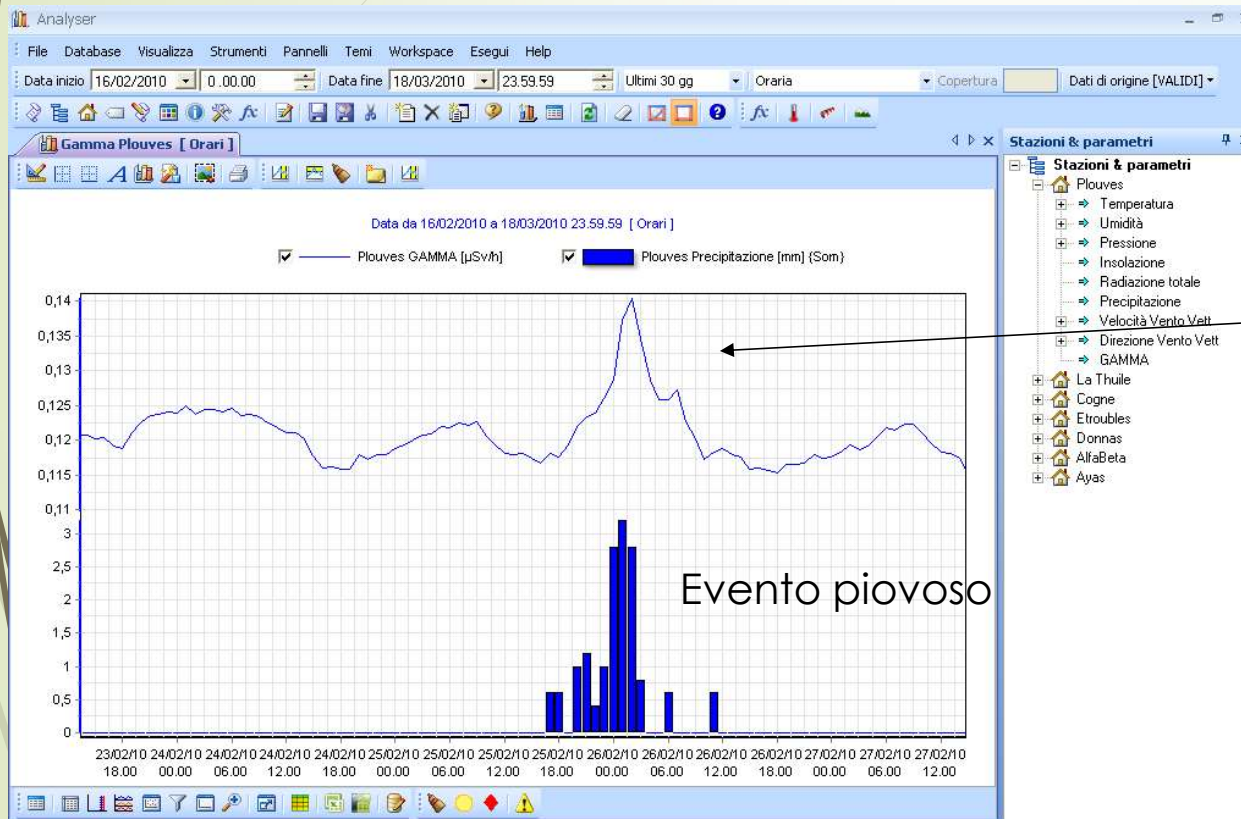
LA THUILE – loc. Les Granges (1640 m slm)

AOSTA – P.zza Plouves (581m slm)

L'accumulo di neve al suolo causa una diminuzione dell'intensità di dose, per l'effetto di schermatura esercitato dal manto nevoso sulla radiazione emessa dal terreno sottostante



Intensità di dose gamma ambientale per esposizione a radiazione cosmica e terrestre



La pioggia dilava gli strati inferiori dell'atmosfera e trasporta a terra i radionuclidi presenti in aria per effetto del decadimento del gas radon. In questo modo si ha un aumento dell'intensità di dose, assai rapido e marcato nella fase iniziale delle precipitazioni, in cui la "ripulitura" dell'atmosfera è particolarmente intensa

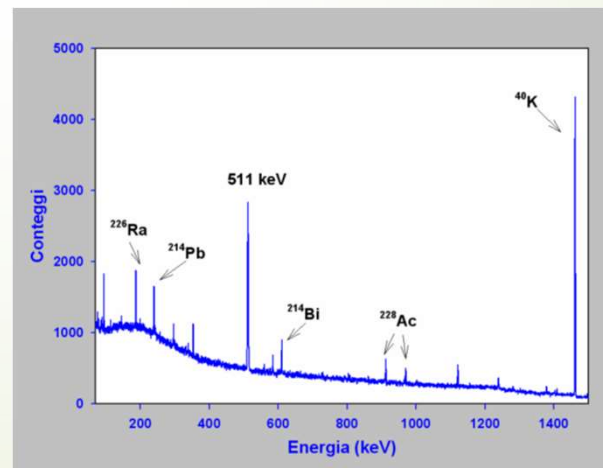
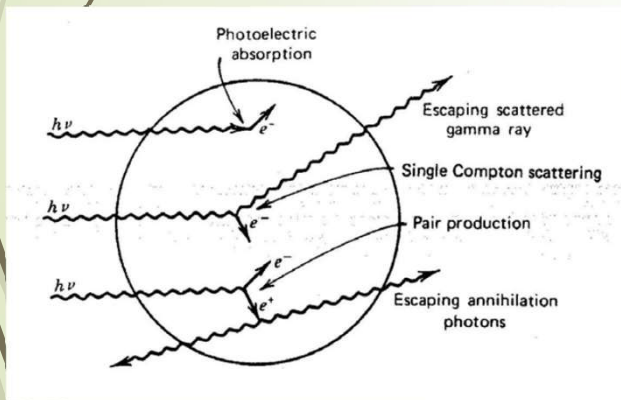
La spettrometria gamma



La **spettrometria gamma** è un metodo di analisi che consente la determinazione qualitativa e quantitativa dei radionuclidi gamma-emettitori presenti in un campione di interesse.

I raggi gamma sono privi di carica elettrica e sono pertanto “invisibili” al rivelatore: sono solo gli elettroni liberati a seguito dei vari processi di interazione (fotoelettrico, Compton, produzione di coppie) a fornire la prova dell'interazione dei fotoni.

La funzione del rivelatore è quindi quella di **trasformare l'energia dei raggi gamma in una quantità di carica elettrica, ad essa proporzionale**, che viene raccolta per dar luogo ad un segnale elettrico.



Analisi gamma-spettrometriche per monitoraggi ambientali



Particolato atmosferico



crioconiti

Fall out (deposizioni)



Terreno



DMOS (Detrito minerale organico sedimentabile)
Miage, Verra, Dora Baltea



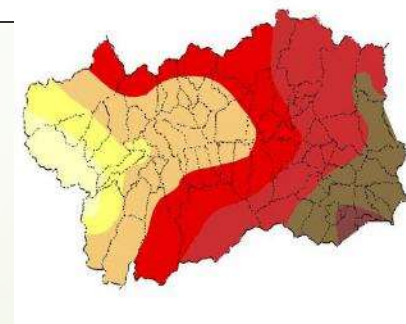
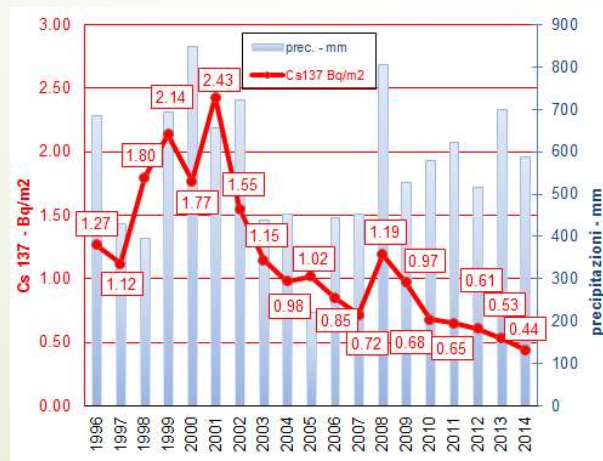
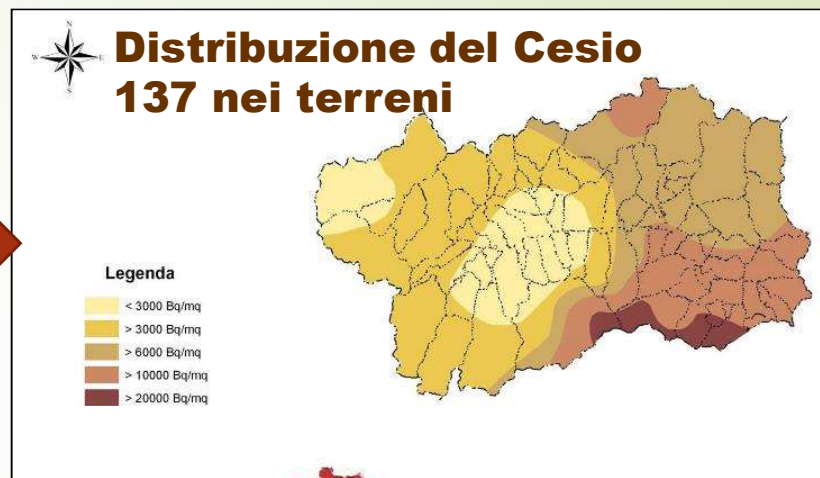
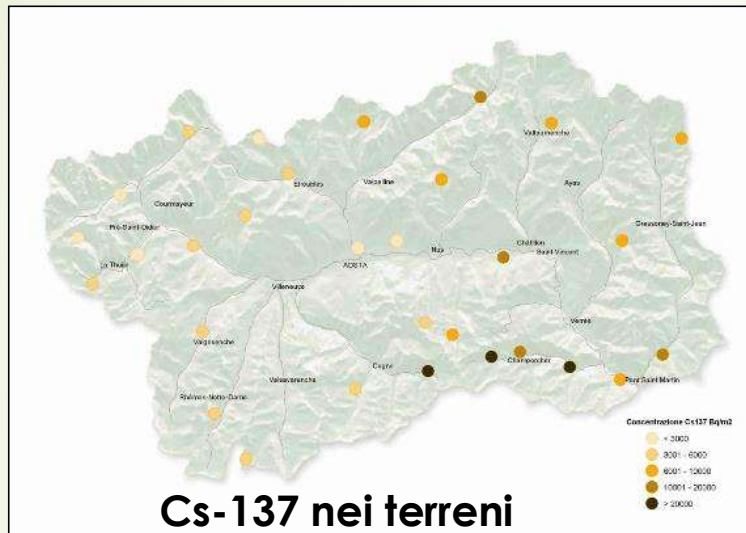
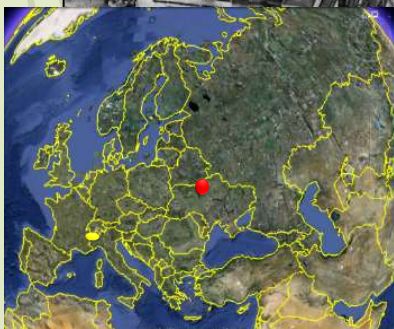
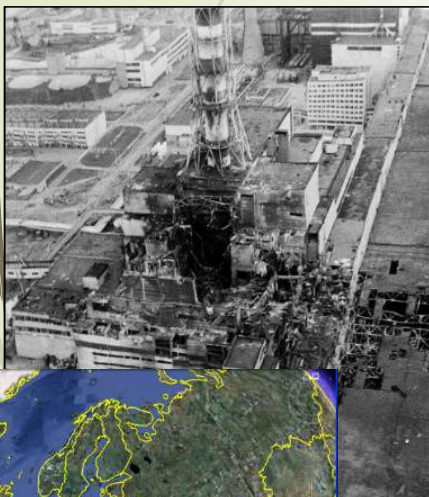
Alimenti

Analisi gamma-spettrometriche per monitoraggi ambientali: risultati



Chernobyl

26 aprile 1986



Distribuzione delle precipitazioni in Valle d'Aosta
1^a decade maggio 1986

Cs-137 nelle deposizioni secche e umide

Analisi gamma-spettrometriche per monitoraggi ambientali: risultati



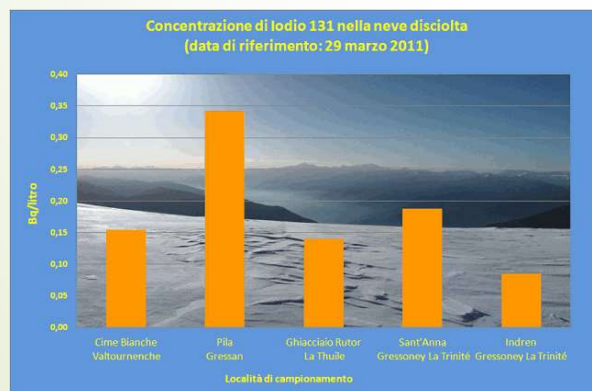
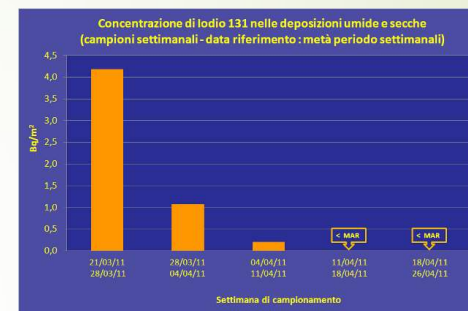
FUKUSHIMA (Giappone)
11 Marzo 2011



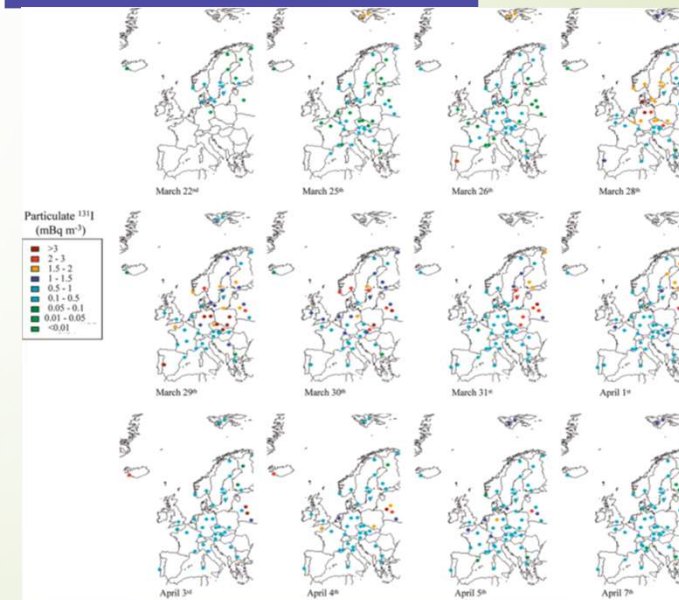
I-131 nel particolato atmosferico



I-131 nelle deposizioni



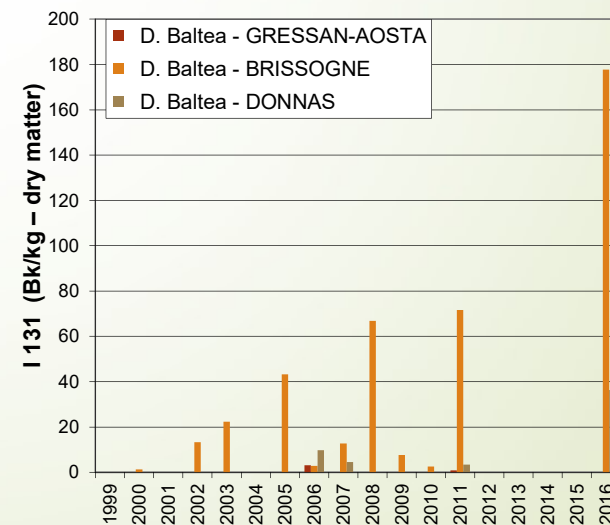
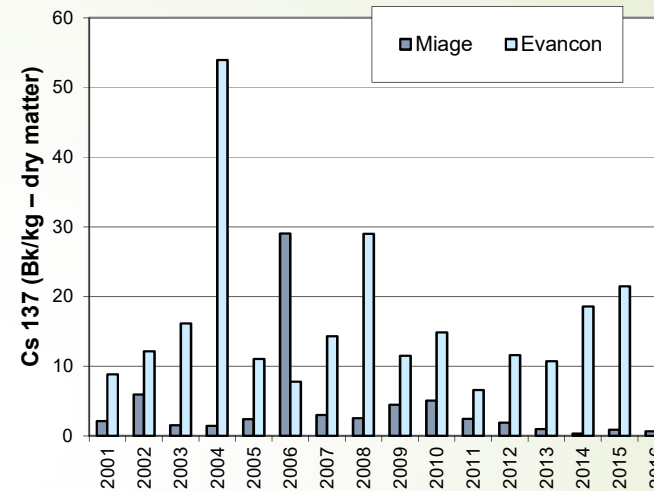
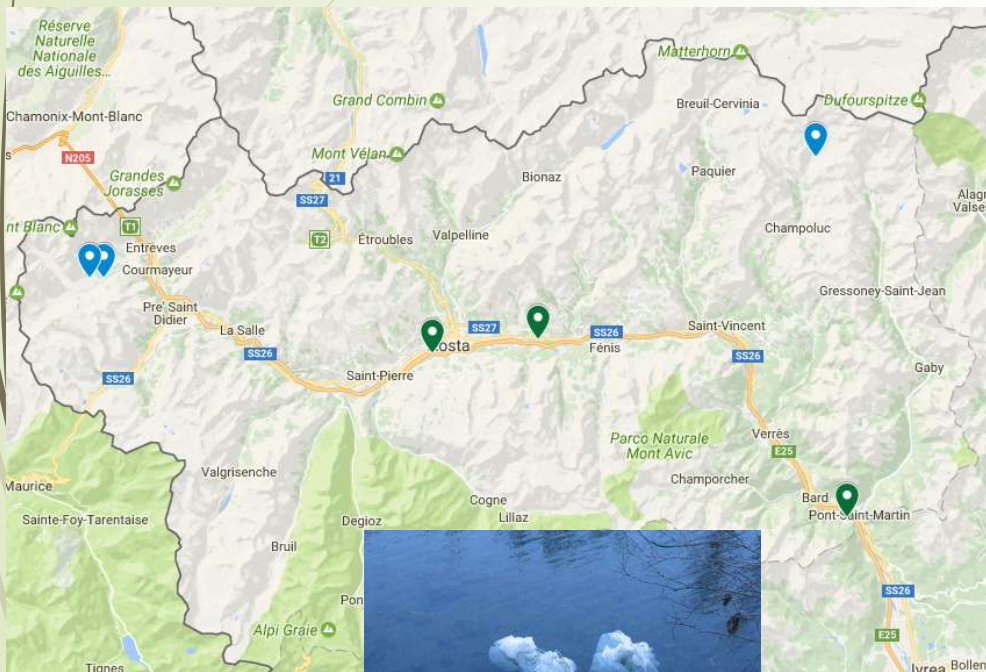
I-131 nella neve



Analisi gamma-spettrometriche per monitoraggi ambientali: risultati



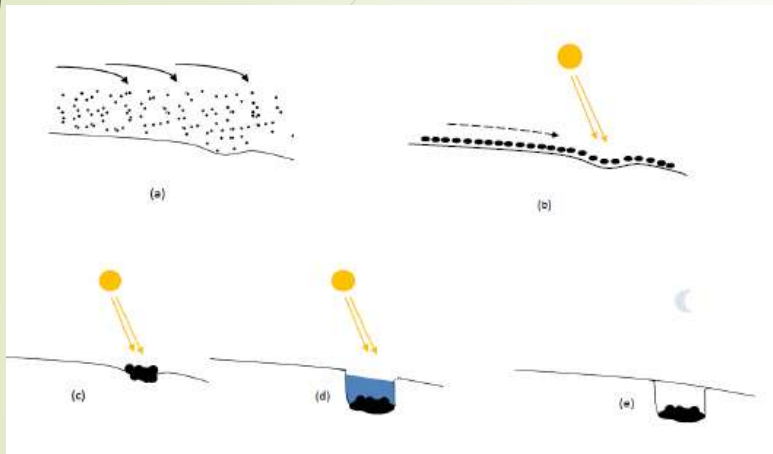
DMOS



Analisi gamma-spettrometriche per monitoraggi ambientali: risultati



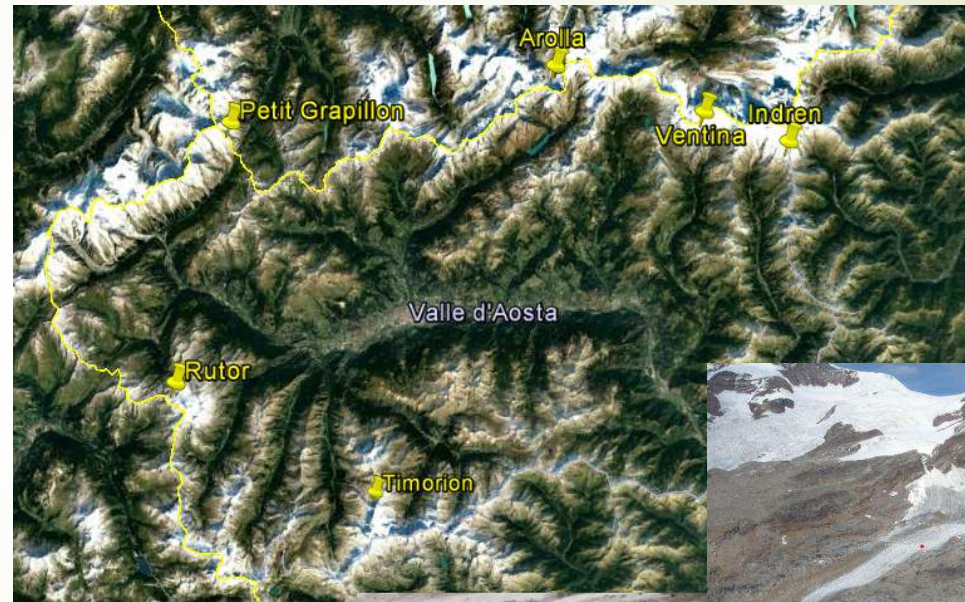
CRIOCONITI



Timorion



Cryoconite holes



Indren



Spread cryoconite



Analisi gamma-spettrometriche per monitoraggi ambientali: particolarità



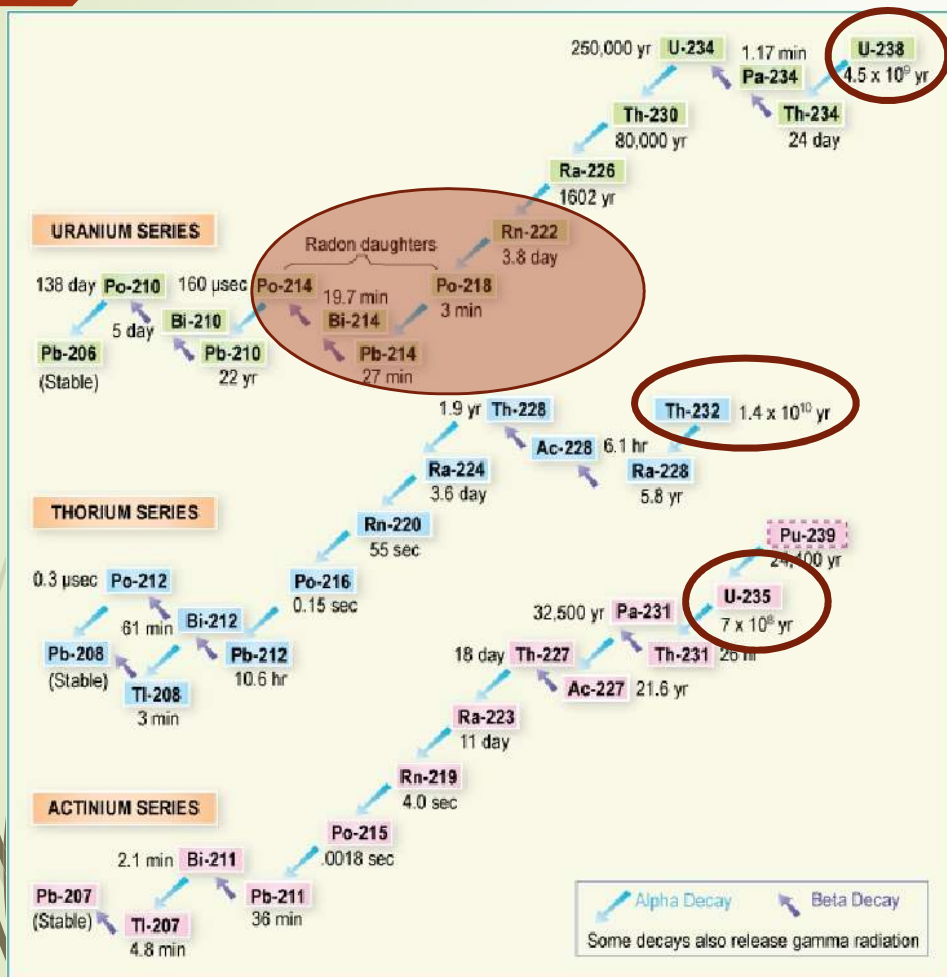
Estate 2009: Pellet radioattivo



Primavera 2013: cinghiali radioattivi



Le serie radioattive



Un nucleo radioattivo può decadere dando origine ad un nucleo stabile oppure ad un nucleo a sua volta instabile, il quale a sua volta decade in un altro nucleo instabile.....



È quanto accade nel caso del **U 238**, del **U 235** e del **Th 232**, i tre radioisotopi naturali più comuni.

La sequenza dei radioisotopi prodotti a partire dal capostipite prende il nome di serie o famiglia radioattiva

L'ultimo discendente di una famiglia radioattiva è un isotopo stabile

Il radon

Il **radon** è un gas nobile, poco reattivo, inodore e incolore: l'inconveniente sta nel fatto che è radioattivo.

Esso è prodotto da un altro elemento radioattivo, il radio, che a sua volta proviene dall'elemento radioattivo capostipite: l'uranio 238.

Il radon genera inoltre altri elementi radioattivi e pericolosi, i cosiddetti "**figli**", come il polonio 218, il bismuto 214, il piombo 214.

Questi ultimi sono sia radioattivi, sia reattivi chimicamente, quindi ancora più pericolosi del "genitore".



Il radon fu scoperto nel 1898 dal chimico Dorn, le prime misure su vasta scala iniziarono nel 1950 nei paesi del nord Europa

Nel 1988 l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha classificato questo gas fra gli agenti cancerogeni di gruppo 1, cioè fra quelli di accertato potere cancerogeno. Per questo è importante misurare le concentrazioni e prevedere azioni di bonifica.

Il radon

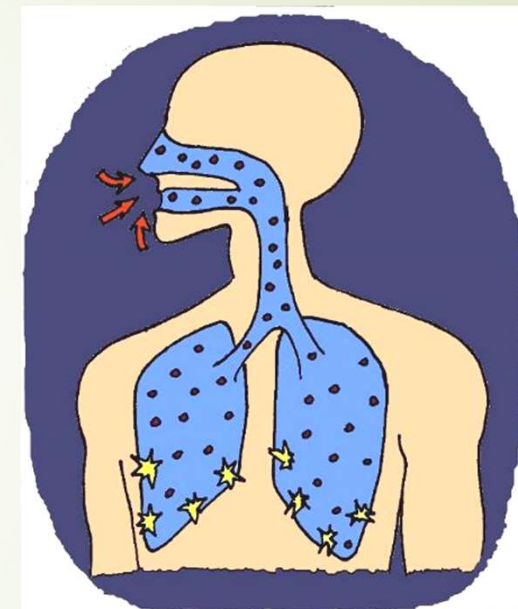
Il radon decade emettendo una particella alfa. I figli del radon a loro volta decadono emettendo particelle α , β e γ . I figli del radon non più gassosi e con emivita molto breve si attaccano al pulviscolo. Inalati emettono all'interno dei polmoni radiazione alfa.

Il radon è il principale responsabile di esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti.

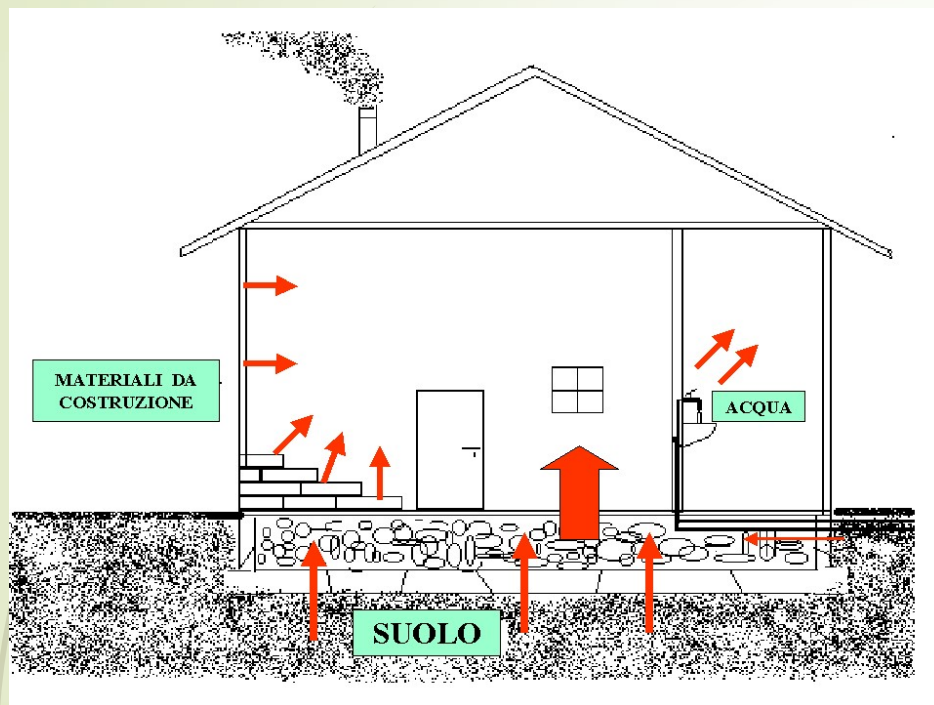
Si stima che esso sia, dopo il tabacco, la seconda causa di tumore al polmone.

La misura della **concentrazione di attività** si esprime in **Bq/m³**

Direttiva Europea **2013/59/Euratom** stabilisce in **300 Bq/m³** il limite sulla media annua della concentrazione di radon in ambienti chiusi



Il radon



La fonte principale del radon è **il suolo**

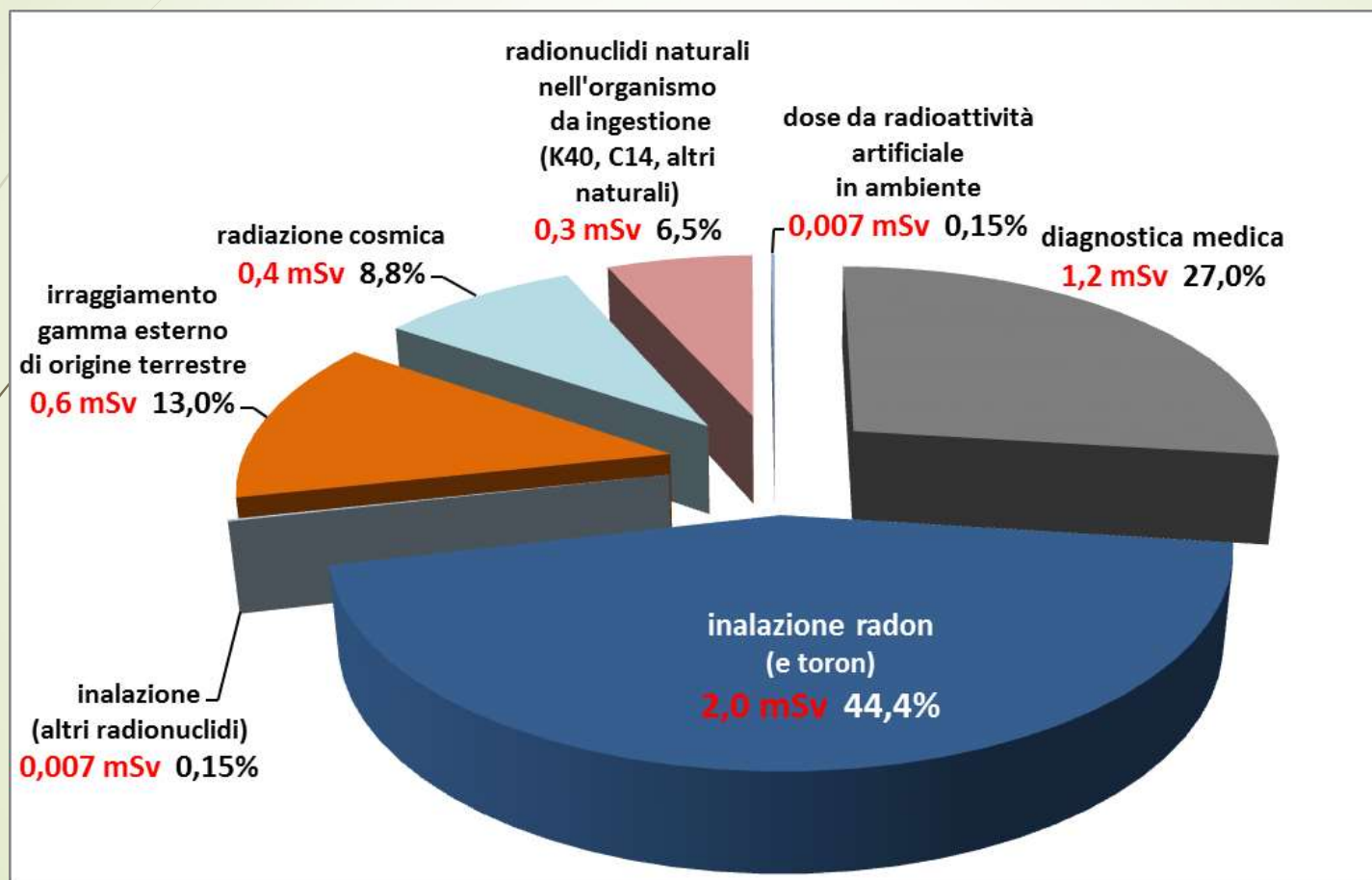
In secondo luogo **i materiali da costruzione**
(tufo - sienite della Balma)

In minima parte **l'acqua**

Il radon ha un'emivita sufficiente per uscire dal suolo e trovare una facile via d'accesso agli edifici attraverso crepe, fessure, imperfezioni delle solette, aperture per il passaggio di tubazioni, cavi,...



Cenni di radioprotezione



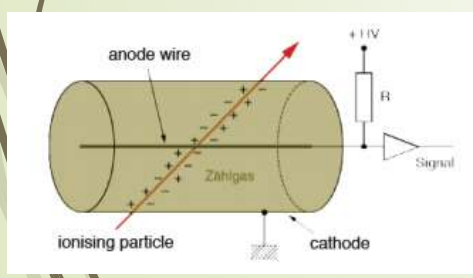
Il radon: la misura

Tecniche di misura «attiva»:

- forniscono un andamento orario
- «contano» le particelle alfa che arrivano sul rivelatore (scintillatori, semiconduttori...)
- sono strumenti relativamente complessi e costosi



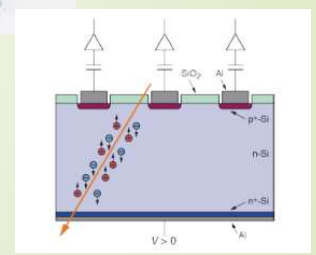
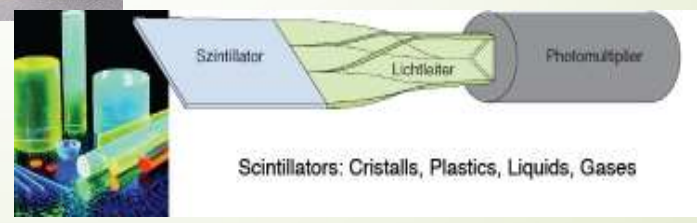
Camera a ionizzazione



Scintillazione



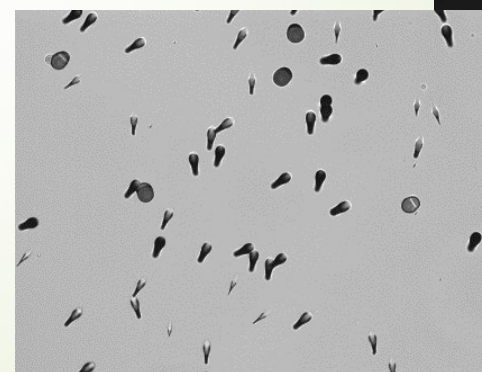
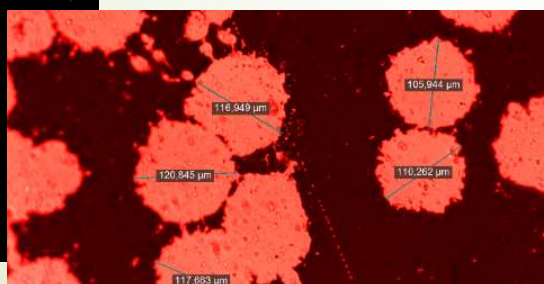
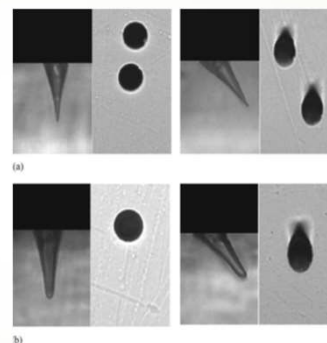
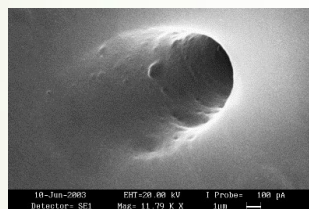
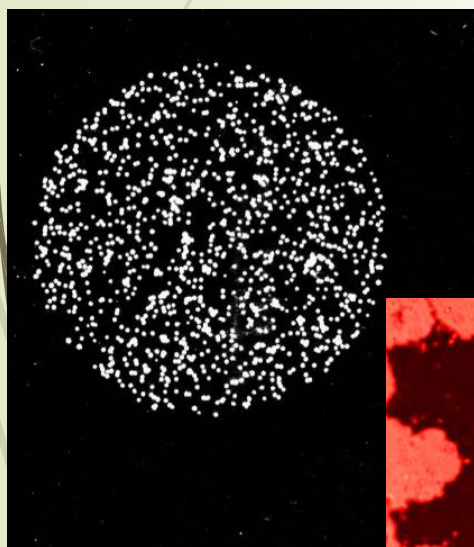
Semiconduttore



Il radon: la misura

Tecniche di misura «passiva»:

- forniscono una misura su lungo periodo (mesi, semestri)
- «contano» i danni prodotti dalle particelle alfa su materiali specifici (pellicole, plastiche ...)
- Strumenti meno complessi



Letture tramite scariche elettriche

Letture ottica

Il radon

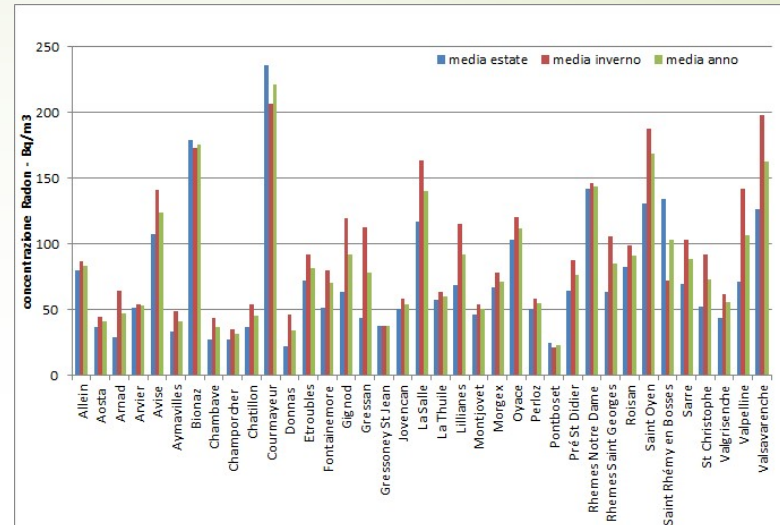
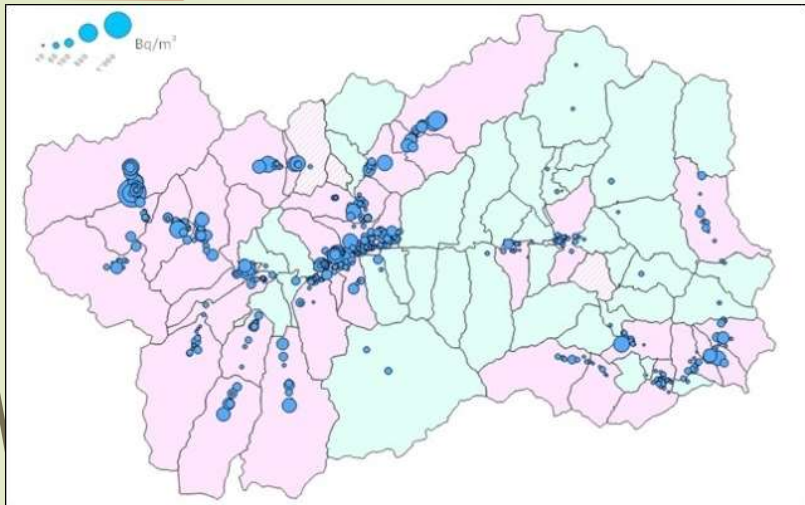
Forte variabilità nello spazio e nel tempo



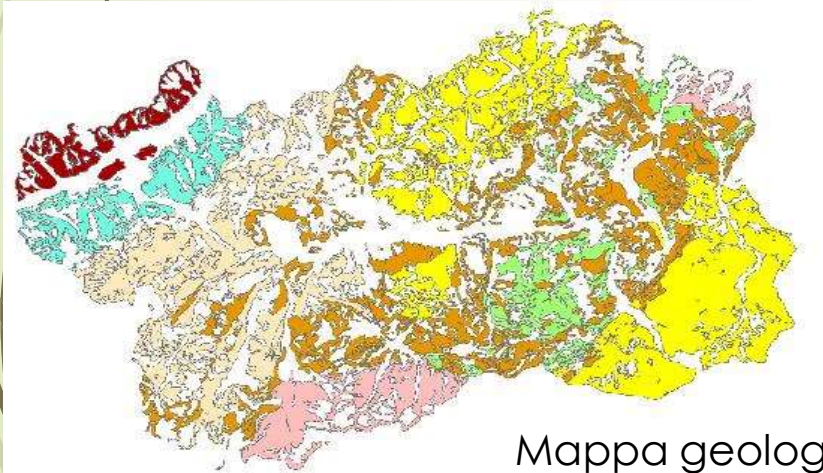
Dipendente da svariati fattori:

- Terreno
 - Clima
 - Temperatura
 - Pressione
 - Grado di umidità e polverosità

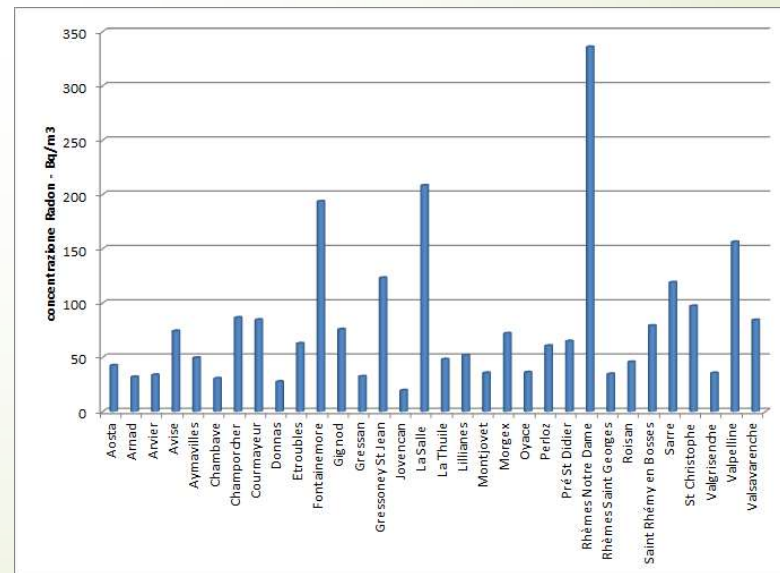
Il radon in Valle d'Aosta



abitazioni



Mappa geologica



scuole

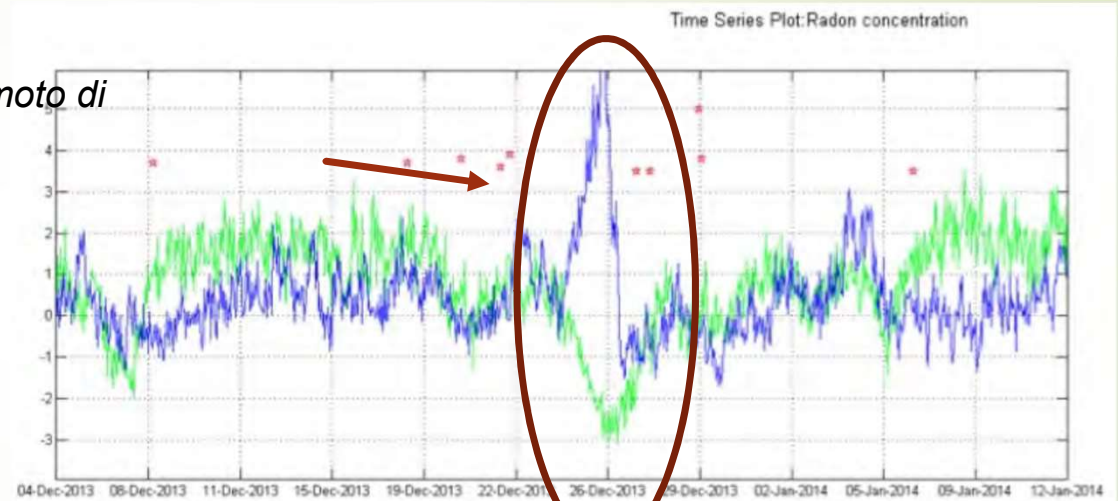
Il radon: altre misure



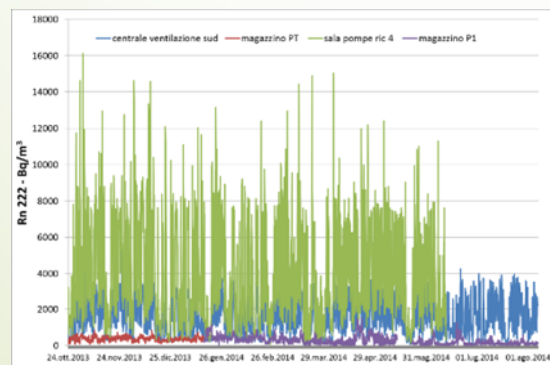
La possibilità di utilizzare la **variazione della concentrazione di Radon come precursore di eventi tellurici** ha portato ad una molteplicità di attività sperimentali in un arco temporale almeno ventennale.

Anomalie registrate da 2 strumenti in occasione del terremoto di magnitudo 5 in Basilicata, avvenuto il 29 Dicembre 2013

Correlazione da approfondire !



Misure al tunnel del Monte Bianco



Elevate concentrazioni dovute alle caratteristiche dell'infrastruttura e alla presenza di roccia granitica ricca di uranio