



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CATANIA

Commissione Sicurezza

Il Radon negli ambienti di lavoro: aspetti applicativi, sorgenti, rischi per la salute, modalità di indagine e di valutazione.

CONVEGNO

La Valutazione dei Rischi da Radiazioni Ottiche Artificiali e da Radon
negli ambienti di lavoro
ai sensi del D.Lgs. 81/08.

Aci Castello, 10 dic. 2010



Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia

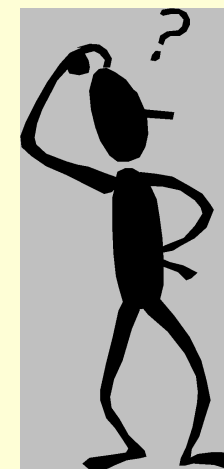
Dott. Ing. Massimiliano Barone
Tecnico di Analisi del Rischio per le installazioni Industriali
Sicurezza ed Igiene del Lavoro – Sistemi di Prevenzione
E-mail: massimilianobarone@hotmail.com

Cos'è il RADON?



Il RADON è:

- un **gas radioattivo** appartenente alla classe dei "gas nobili" prodotto dal decadimento radioattivo del Thorio e dell'Uranio 235
- emette radiazioni ionizzanti
- **incolore ed estremamente volatile**
- **inodore**
- **non reagisce con altri elementi chimici.**
- Esso è il **più pesante** dei gas conosciuti (densità 9.72 g/l a 0°C, 8 volte più denso dell'aria).



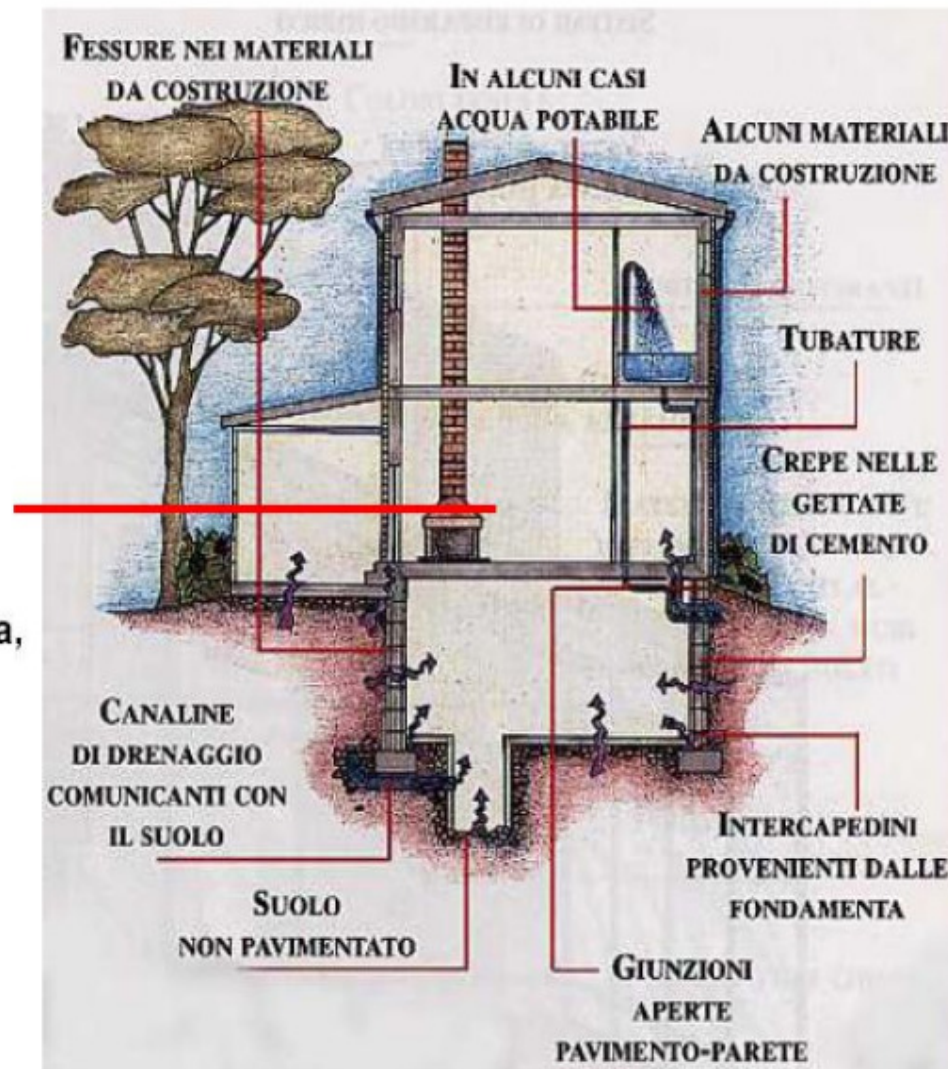
Le sorgenti

- ARIA
- ACQUA
- MATERIALI
- TERRENO

- Emanato dai terreni e dalle rocce soprattutto di origine alluvionale e vulcanica
- Materiali da costruzione
- Trasportato dall'acqua

Le sorgenti principali di radon

Diffusione interna:
le aperture
attraverso i piani
favoriscono la
distribuzione del
gas ad opera di
correnti d'aria calda,
più leggera, che
tende a risalire
verso l'alto




FATTORI CHE INFLUISCONO SUL RADON INDOOR:

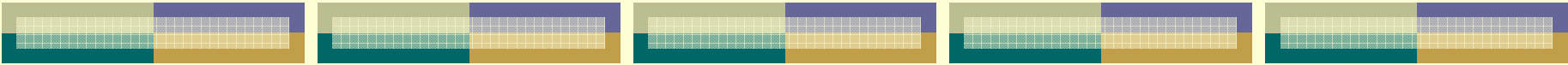
- caratteristiche del suolo
- permeabilità dei suoli
- tipologia di costruzione
- stile di vita degli occupanti
- condizioni meteorologiche
- microclima interno




I meccanismi di diffusione

Una volta rilasciato, il gas può spostarsi per diffusione

- Nei fluidi presenti negli **spazi intrestiziali**
 - Per **convezione** (a causa delle differenze di pressione presenti nel suolo)
- 



Modalità di risalita ed accumulo negli edifici

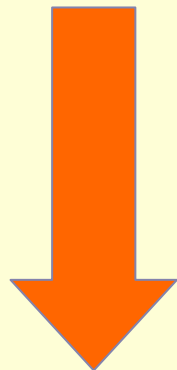
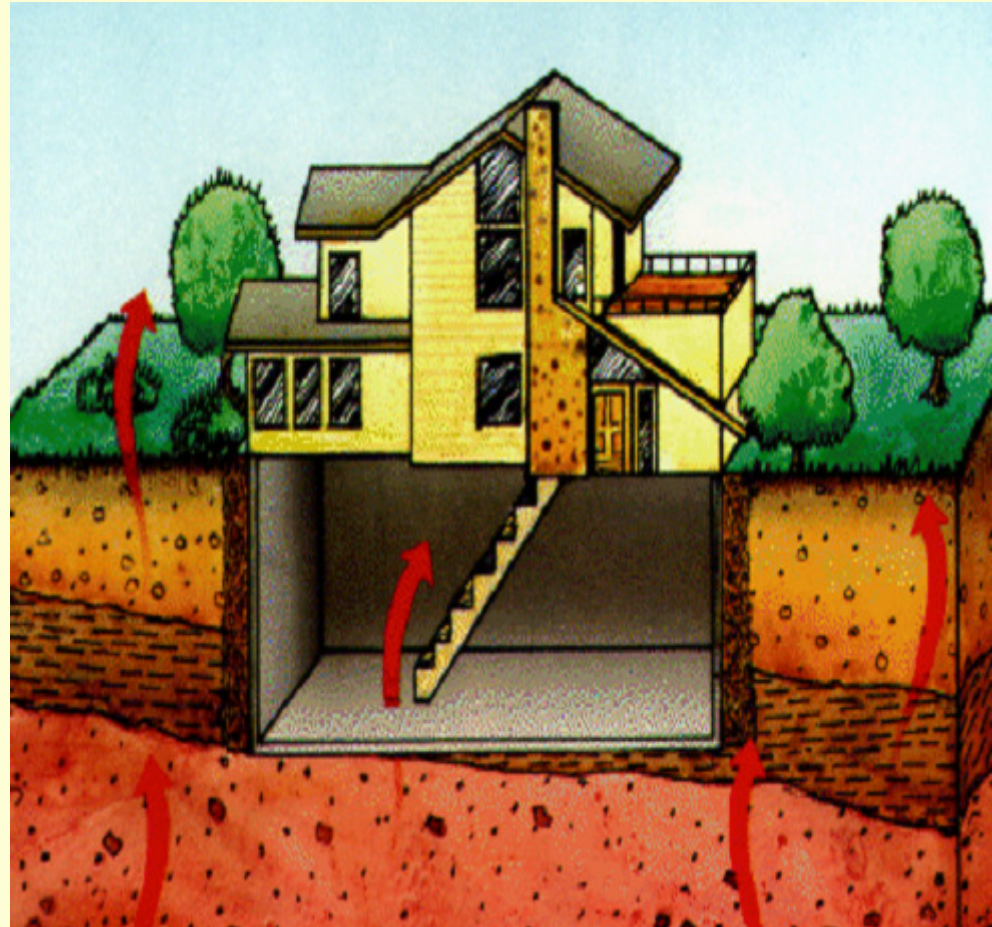
- Il meccanismo principale che trasporta il gas dal suolo agli ambienti di vita chiusi è la **differenza di pressione tra l'interno** (in genere in depressione) **e l'esterno dell'edificio**, che attraverso le fessurazioni, le aperture e le discontinuità (anche microscopiche) nelle strutture dell'edificio.
- 

Modalità di risalita ed accumulo negli edifici

- Il radon, essendo più pesante dell'aria tenderà ad accumularsi all'interno degli ambienti chiusi o comunque scarsamente ventilati



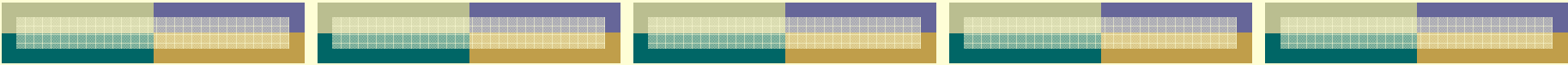
E' un inquinante tipicamente indoor "naturale"



negli ambienti di lavoro



negli ambienti di vita

- 
- La sua pericolosità è però aumentata a causa dei moderni stili di vita e delle **tecniche edilizie basate sul risparmio energetico** e sul ridotto ricambio d'aria.



dove

- Banche, Istituti di vigilanza, Musei (caveau, locali contasoldi, locali di sicurezza, ...)





● Gallerie
(cantieri, sottovie, ...)

● Locali
commerciali

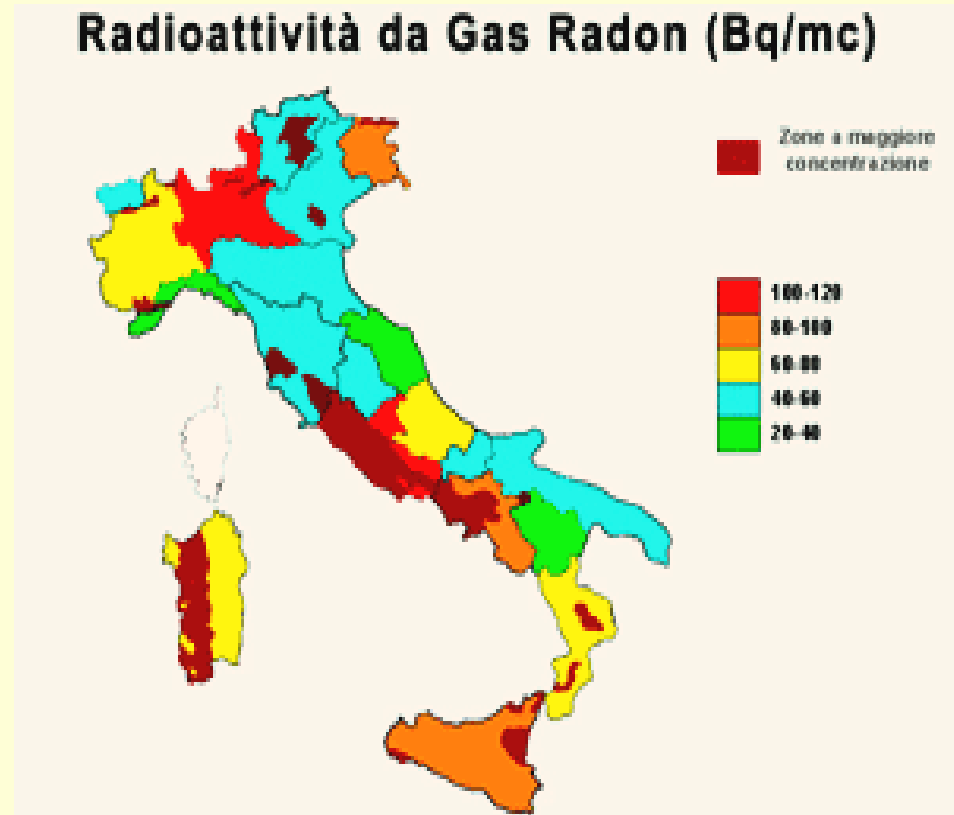




● Archivi – biblioteche (uffici, scuole, ospedali, immobili pubblici, ...)

dove

- luoghi di lavoro diversi da quelli precedentemente menzionati ma situati in **zone ad elevato rischio di contaminazione da Radon** (individuate dalle Regioni e dalle Province autonome entro il 31 agosto 2005).



dove

- luoghi di lavoro adibiti ad **uso o stoccaggio** di materiali non radioattivi ma contenenti elementi radioattivi naturali. Ad esempio aziende adibite alla **lavorazione di sabbie zirconifere, di terre rare, industrie di ceramiche, produzione di materiali refrattari, etc.;**



dove

- luoghi di lavoro adibiti alla produzione di **residui** non considerati radioattivi, ma che contengono elementi radioattivi naturali;
- luoghi di lavoro connessi con - **attività estrattive** o **stabilimenti termali**



● Anche i materiali per l'edilizia emettono diverse quantità di radiazioni, a seconda della zona di provenienza. Alcuni materiali da costruzione (granito, tufo, porfido, basalto, cementi pozzolanici ecc.) contengono più radiazioni di altri

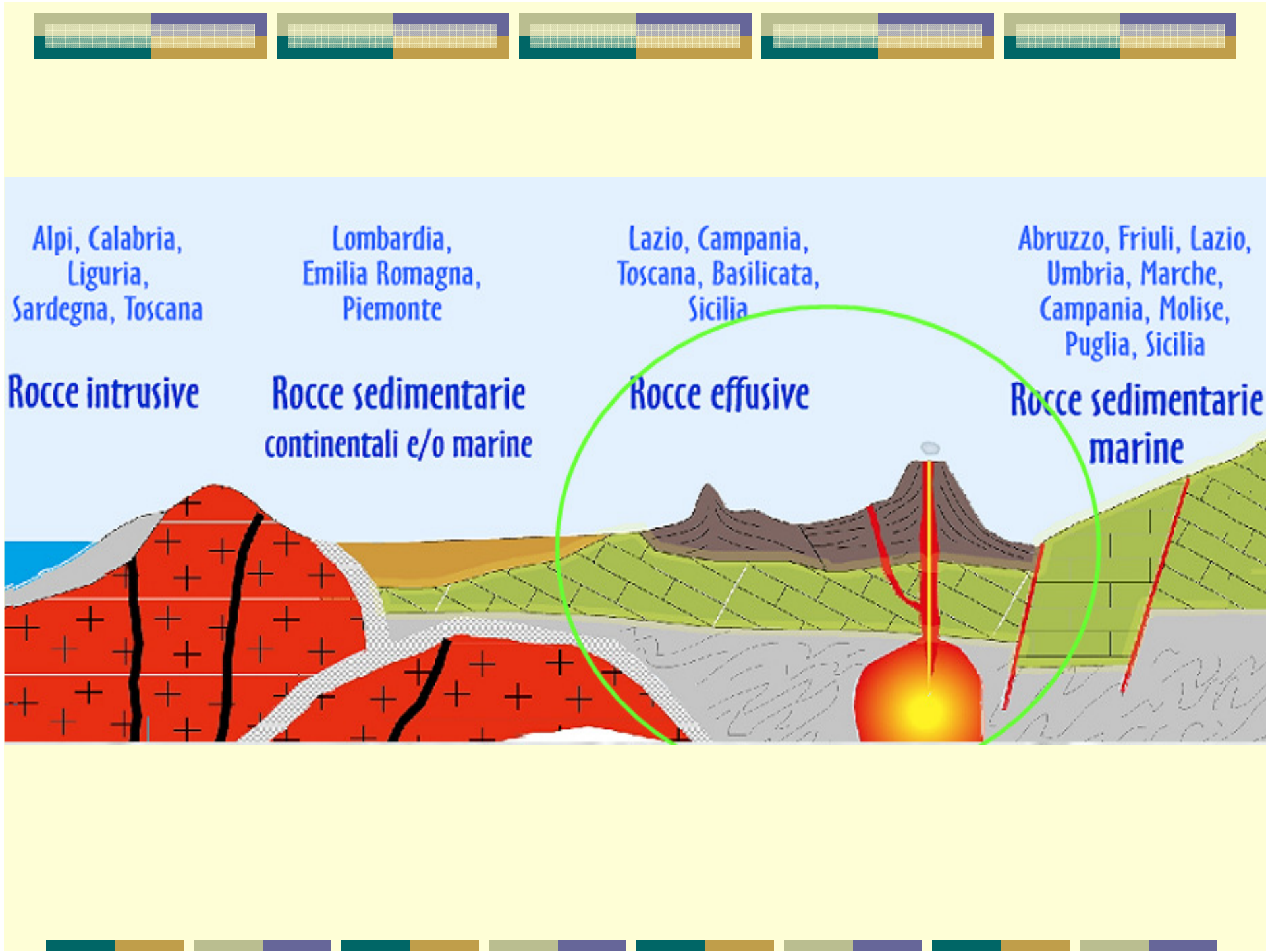


Exp addetti lavorazioni

Exp addetti
deposito/custodi

Exp abitanti (luogo di lavoro
o abitazione)






Quantità media di Rn-222 contenute in alcuni materiali.

<i>Materiale</i>	<i>Quantità media di radon222 (in Bq/kg)</i>
Lava del Vesuvio	700
Pozzolana del Lazio	350
Tufo del Lazio	295
Pozzolana della Campania	190
Peperino del Lazio	170
Tufo della Campania	150
Lava dell'Etna	90
Cemento	52
Laterizi	50
Argilla	48
Sabbia	32
Pietra	30
Gesso naturale	10



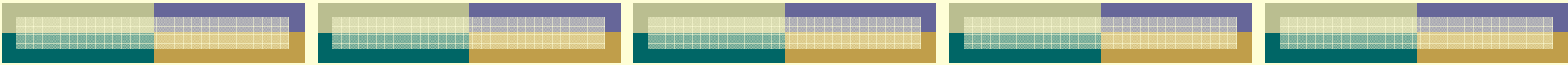

ANALISI PRELIMINARI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

- - **Costruzioni** situate in **regioni ad alto rischio** per la natura geomorfologica del terreno.
 - - **Edifici** costruiti su terreni ricchi di tufo, pietre di origine vulcanica, o in aree limitrofe a vulcani attivi o spenti.
 - **Edifici** costruiti utilizzando tufo, pietre laviche o cementi pozzolanici.
 - - **Locali** interrati, seminterrati o situati ai piani bassi degli edifici e non attrezzati con idonei impianti di ricambio dell'aria a livello del pavimento.
 - - **Edifici** costruiti su **fondamenta** prive di vespaio areato.
- 

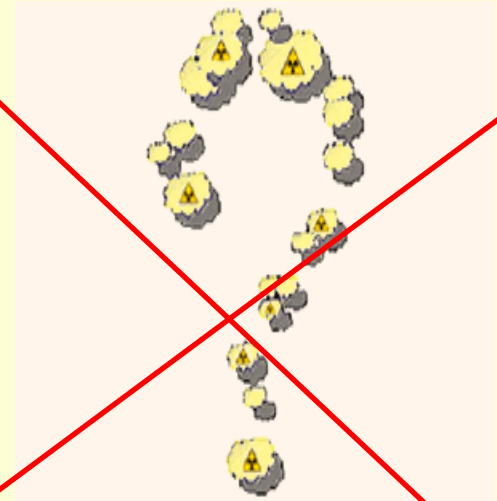
Cosa causa alla salute

- Il Radon viene respirato insieme all'aria creando seri danni al sistema respiratorio.
- Nella fase di decadimento tale gas rilascia **particelle alfa** che possono provocare danni fisici e chimici al DNA delle cellule dell'epitelio polmonare. Dal decadimento del Radon (**Serie di decadimento dell'uranio 238**) vengono poi a formarsi una serie di particelle solide radioattive che si accumulano nei polmoni sotto forma di elementi pesanti che continuano ad emettere radioattività e a danneggiare l'epitelio polmonare.



- 
- L'accumulo dei **danni al DNA** può concretamente determinare l'insorgenza del cancro.
 - Considerato la seconda causa di tumore al polmone dopo il tabacco,
 - Il Radon rappresenta un fattore di rischio rilevante per circa 1 milione di edifici in tutta Italia.
 - Sul territorio nazionale, si stima che circa il 10%-30% dei carcinomi polmonari sia imputabile al Radon.
- 


- Studi epidemiologici diffusi dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (**OMS**) e dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (**IARC**) hanno, infatti, ormai scientificamente stabilito la cancerogenicità del RADON.





● stile di vita delle persone.

Comportamenti a rischio quali dipendenza da fumo in concomitanza con l'esposizione al gas radioattivo, sono fattori che contribuiscono ad innalzare in modo esponenziale la probabilità di ammalarsi





- In Europa, come in Italia esiste un riferimento legislativo, a tutela della salute, per il **rilevamento e la misurazione di Radon** eventualmente presente negli ambienti frequentati dalle persone.
- Per tutti gli ambienti lavorativi in cui è plausibile supporre la presenza di Radon, tali misure risultano un **obbligo** e la normativa fissa il 28 febbraio 2004 quale data di scadenza per eseguire le misure.



Normativa Nazionale di riferimento

Ambienti di lavoro

Il D. L.vo n. 230/1995
(modif. da D.Lgs n. 241/2000 e
n.257/2001 che recepisce e attua la
Direttiva 96/29 Euratom (titolo VII)



- **Ambienti domestici**

Nessuna normativa
nazionale
(alcune disposizioni
regionali)

Racc. 90/143/Euratom

Il Radon è presente in Italia con una concentrazione media negli edifici di 77 Bq/mc.

I limiti e i valori guida di riferimento sono i seguenti:

- 148 Bq/mc **valore di soglia** consigliato da **EPA** (Ente per la Protezione dell'Ambiente statunitense) oltre il quale eseguire un intervento di bonifica ambientale;
- 200 Bq/mc valore di soglia della **Comunità Europea** per le nuove costruzioni;
- 400 Bq/mc valore di soglia della **Comunità Europea** per le costruzioni esistenti oltre il quale eseguire interventi di bonifica ambientale.
- 500 Bq/ mc valore di soglia nei soli **luoghi di lavoro** (D.Lgs. 241 del 2000)

Superati tali valori è necessario provvedere ad opere di mitigazione e bonifica.



RISCHIO PARAGONABILE (EPA)

- 148 Bq/mc **EQUIVALE**: *200 raggi X al torace all' anno*
- 700 Bq/mc **EQUIVALE**: *fumatore che fuma 1 pacchetto di sigarette al giorno*



Quadro normativo nazionale



D.Lgs. 241/00

“Attuazione della direttiva 96/29 EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti”

Decreto Legislativo n. 241/2000

Capo III bis

“Esposizioni da attività lavorative con particolari sorgenti naturali di radiazioni”

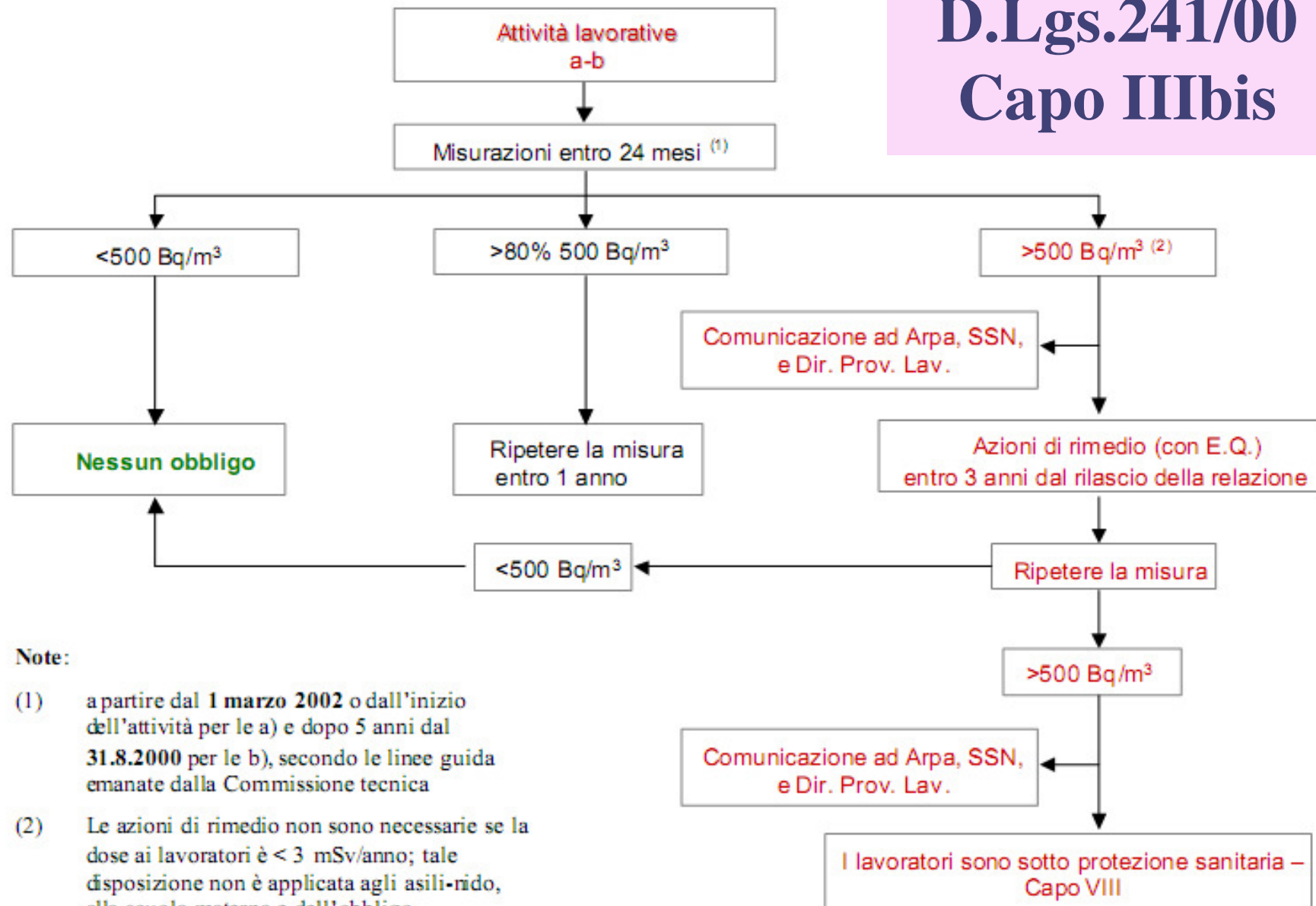
Campo di applicazione:

- a) **Attività lavorative durante le quali i lavoratori e, se del caso, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron, o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei;**
- b) **Attività lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron, o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in luoghi di lavoro diversi da quelli di cui alla lettera a) in zone ben individuate o con caratteristiche determinate**
- c) **Attività lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e, eventualmente, di persone del pubblico;**
- d) **Attività lavorative che comportano la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione di persone del pubblico e, eventualmente, dei lavoratori;**
- e) **Attività lavorative in stabilimenti termali o attività estrattive**

il livello d'azione

Livello di azione definito come: valore di concentrazione di attività in aria o di dose efficace) è di 500 Bq/m³ come concentrazione media annua di radon in aria

D.Lgs.241/00 Capo IIIbis



Note:

- (1) a partire dal **1 marzo 2002** o dall'inizio dell'attività per le a) e dopo 5 anni dal **31.8.2000** per le b), secondo le linee guida emanate dalla Commissione tecnica
- (2) Le azioni di rimedio non sono necessarie se la dose ai lavoratori è < 3 mSv/anno; tale disposizione non è applicata agli asili-nido, alla scuola materna e dell'obbligo

- La normativa introdotta dal **D.L. 241 del 2000** prevede che, **entro il 28 febbraio 2004**, tutte le attività commerciali debbano valutare la presenza di radiazioni ionizzanti provenienti dal fondo naturale nel luogo di lavoro.
- La soglia per l'esposizione al Radon negli ambienti di lavoro, è stata fissata in **500 Bequerel/mc**.
- L'obbligo di misurazione va espletato **entro due anni** dall'entrata in vigore del suddetto decreto per le attività già in esercizio, mentre, per le attività non ancora avviate, sarà necessario effettuare una **valutazione preventiva**. Ciò significa che, nell'acquisto o affitto di un locale, bisognerà tenere conto anche della eventuale presenza di radioattività naturale, soprattutto se trattasi di seminterrato o interrato, oppure se ubicato in una zona "ricca" di radiazioni naturali.



- L'esercente che, dal 1 marzo 2004, non risulta a norma, relativamente agli obblighi sanciti dalla legge 241/00, è punito con l'arresto sino a tre mesi o con l'ammenda da 2.582 euro a 10.329 euro.



Criteri per l'individuazione degli ambienti di lavoro nei quali effettuare le misure

- le misure devono essere pianificate in modo da essere rappresentative dell'esposizione del personale. Perciò in linea di massima le misure non dovranno essere condotte in locali che non siano occupati con continuità dai lavoratori, come per esempio i locali di servizio, gli spogliatoi e gli ambienti di passaggio come i corridoi.

- Altri ambienti come i magazzini, i bunker delle banche e locali di utilizzo simile, nei quali il personale entra senza occupare una vera e propria postazione di lavoro, ma che rimangono chiusi a lungo, non dovranno essere sottoposti a misura a meno che il personale nel suo complesso non vi trascorra una frazione di tempo significativa, che viene indicativamente fissata in 10 ore al mese.

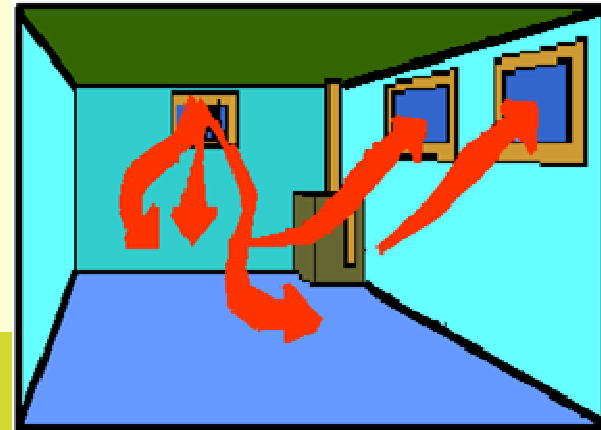
Sistemi di bonifica e prevenzione



La riduzione della concentrazione di Radon all'interno di un locale si può ottenere sostanzialmente attraverso 2 linee di intervento:

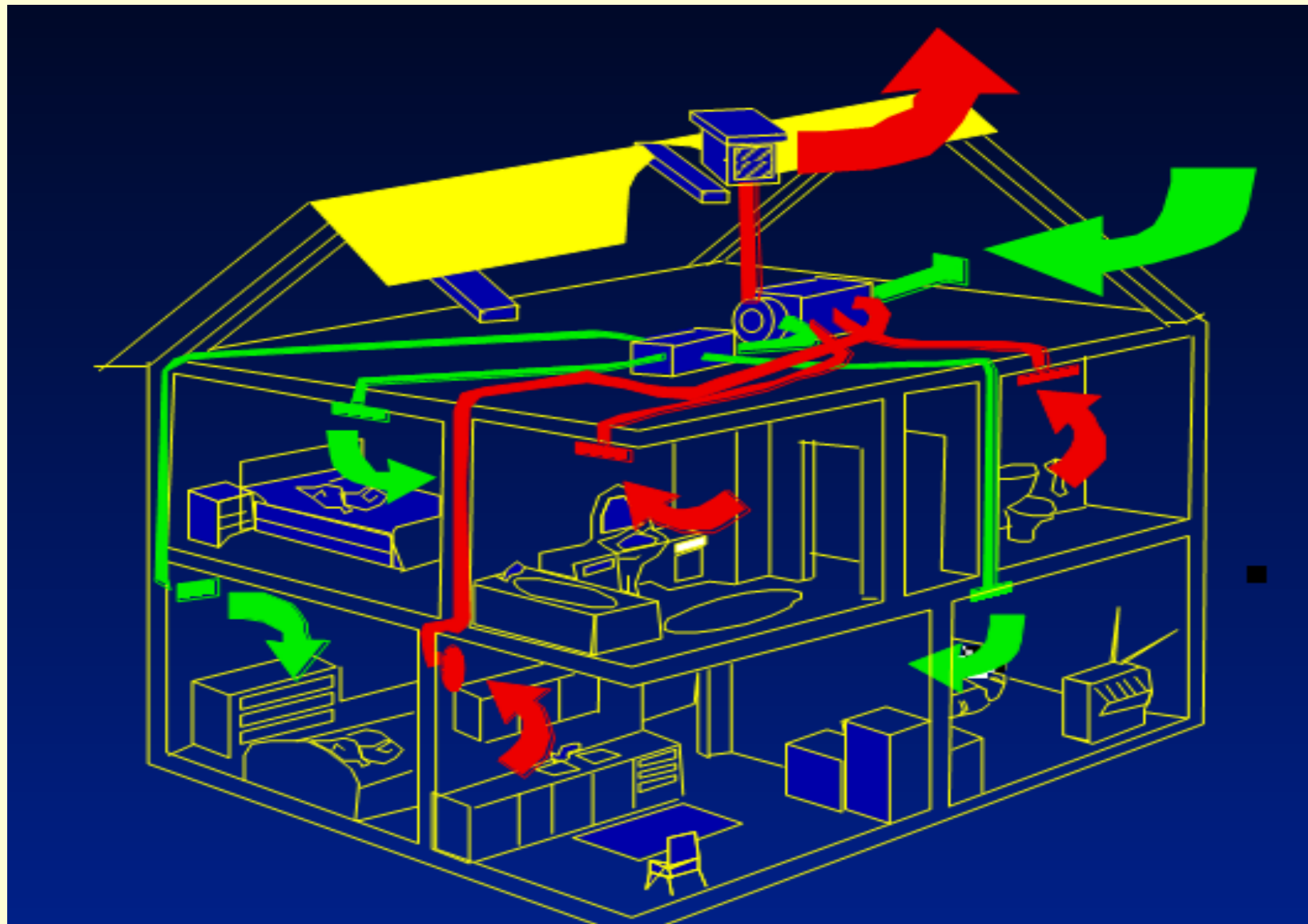
- **riduzione dell'ingresso del Radon**
- **rimozione del Radon già infiltratosi**

Azioni di rimedio



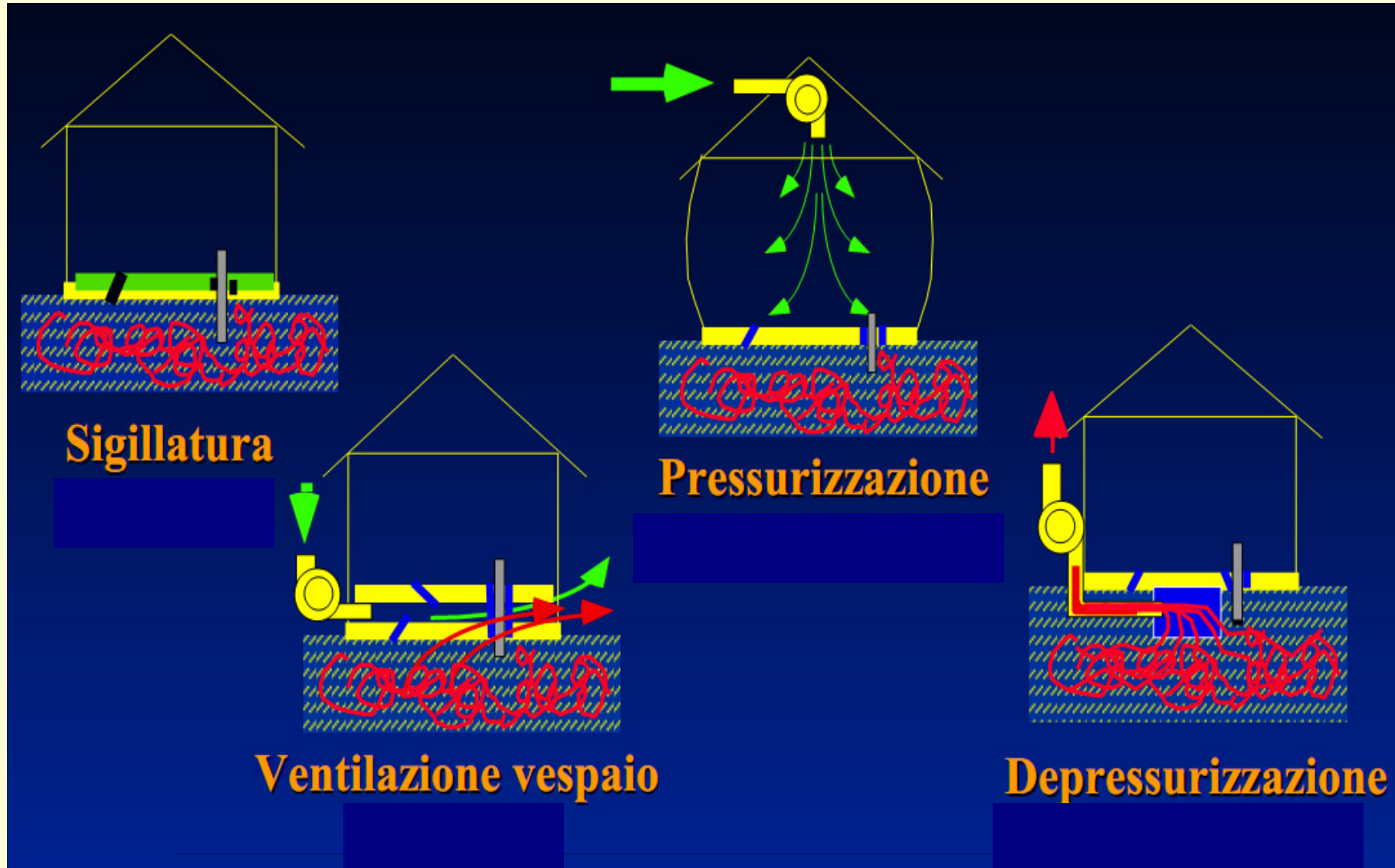
- Eliminazione dall'aria interna
- Diluizione con aria esterna
- Riduzione dell'ingresso di radon



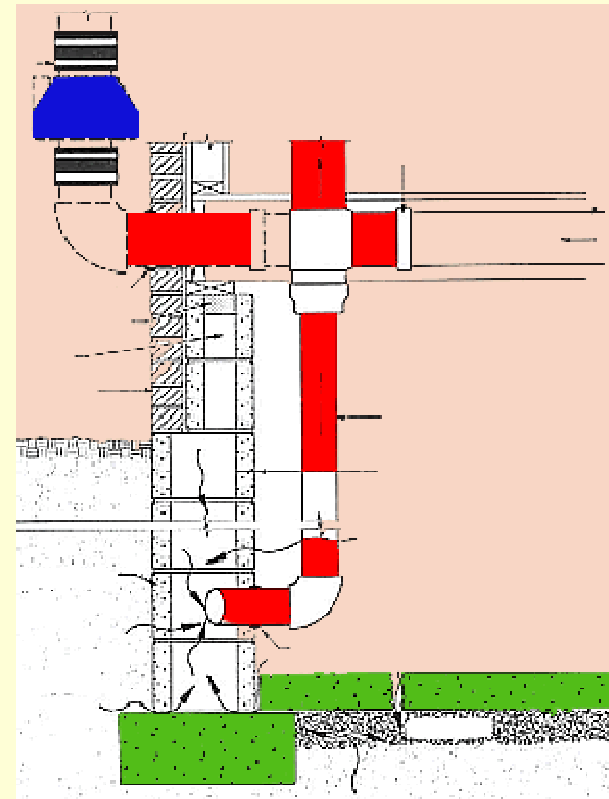
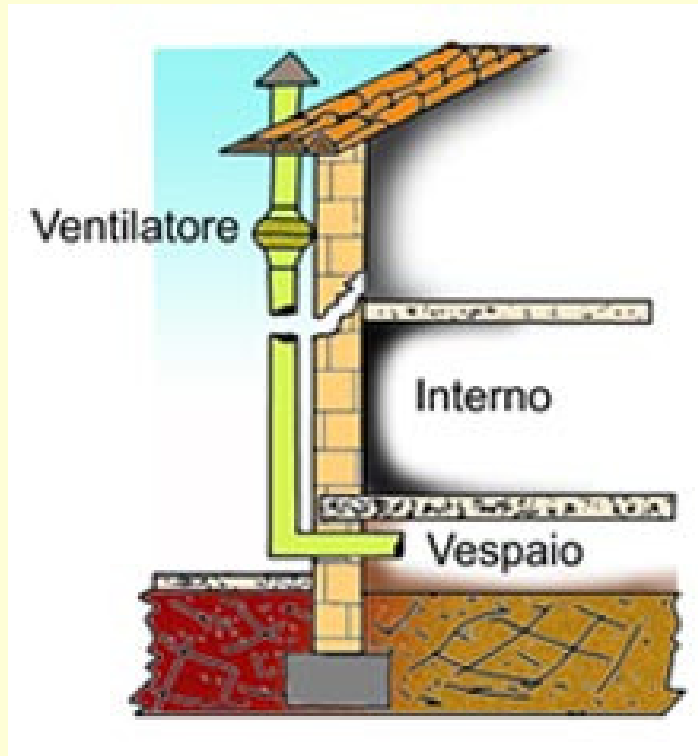


Interventi di protezione +/- costosi \$\$\$

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E BONIFICA



Depressurizzazione del suolo



Come si misura?

- Dosimetri passivi
- Misura attiva



● Per la forte variabilità delle emissioni di Radon, influenzata da fattori climatici, tellurici e stagionali, è sconsigliabile effettuare misure di breve durata, (ore o anche di pochi giorni). Tali valutazioni, infatti, forniscono generalmente stime poco rappresentative della situazione media annuale, e portano spesso a contromisure insufficienti o, comunque, inadeguate.

• Dosimetro passivo

è costituito da un contenitore (camera di diffusione) nel quale si trova una speciale pellicola sensibile al radon.



- Va lasciato nel locale da monitorare per periodi variabili da poche ore fino ad un anno.
- La misura ha inizio con l'apertura della busta, il radon può penetrare nel contenitore. Il radon ed i suoi prodotti di decadimento emettono radiazioni alfa che colpendo la pellicola vi formano dei fori microscopici (tracce).
- I buchi o tracce vengono contati con un apposito dispositivo di conteggio; il loro numero è proporzionale alla concentrazione di radon nella stanza dove il dosimetro era esposto.






• Canestrelli a carboni attivi

è costituito da un contenitore metallici, con una superficie filtrante attraverso cui il gas radon diffonde in modo passivo.

Al loro interno è collocata una quantità nota di carboni attivi, che hanno la proprietà di adsorbire il gas radon, che vengono poi analizzati in un laboratorio specializzato. Tali analisi permettono di risalire in modo indiretto alla concentrazione di gas radon



• Misura attiva

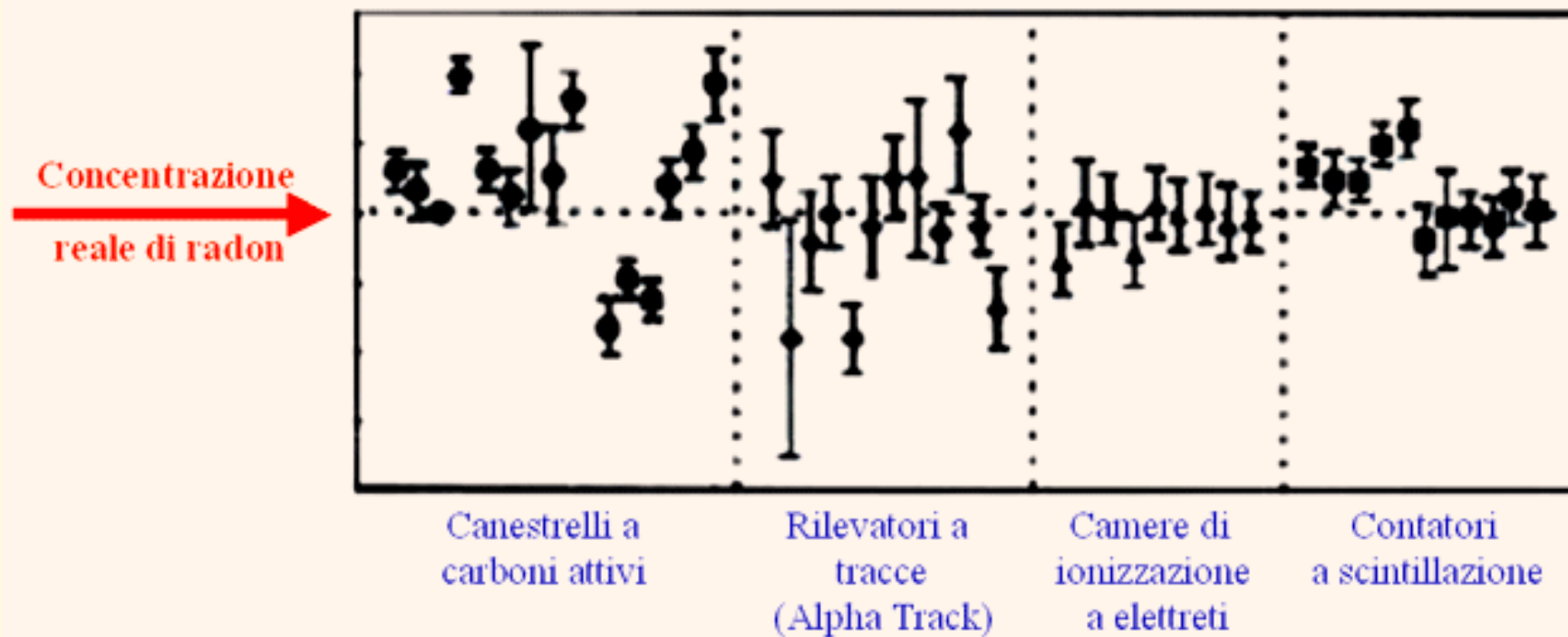
Si tratta di sistemi di monitoraggio elettronici portatili, che hanno il vantaggio di dare un risultato in tempo quasi reale e permettono un'analisi degli andamenti giornalieri p.es. sulla base delle medie orarie.



- Va lasciato nel locale da monitorare per periodi variabili da 24 a 48 ore.

Scelte delle tecniche di misura


Risposta di alcuni metodi alla misurazione di una concentrazione nota di gas radon





Pregi e difetti


Alpha Track Detectors:

- Hanno tempi di esposizione piuttosto lunghi (6-12 mesi).
 - Costo contenuto della misura e la possibilità di effettuare monitoraggi anche lunghissimi,
 - Scarsa affidabilità e precisione
 - difficile reperibilità di laboratori attrezzati correttamente per l'analisi e l'interpretazione dei risultati.
- 




Pregi e difetti

Canestrelli a carboni attivi:

- Vantaggio di essere molto **economici**
 - **Difettano di precisione**, comportando errori di misura che si aggirano intorno al 20 % e di affidabilità.
 - Il sistema è generalmente **influenzato dalla temperatura e dall'umidità** e, non essendo in grado di misurare specie a decadimento rapido come il Thoron, **sottostima il reale livello radioattività**.
- 



Pregi e difetti

- **Camere di ionizzazione ad elettrete:** sono costituite da dischi di materiale dielettrico posto all'interno di una camera di volume noto. Il radon o il thoron entrano nella camera per diffusione passiva e l'elettrete raccoglie gli ioni prodotti dal decadimento delle specie radioattive. Il potenziale elettrostatico dell'elettrete si riduce in maniera proporzionale alle specie radioattive presenti.
 - Il **risultato è immediato, preciso** (con errori che generalmente si aggirano intorno al 5%) e indipendente da fattori quali temperatura e umidità.
- 



Pregi e difetti

- **Camere a ionizzazione:** sono impiegate per determinare la radioattività emessa da materiali comunemente utilizzati per la costruzione di edifici.




Pregi e difetti

- **Contatori a scintillazione:** sono apparati in grado di trasformare l'energia derivante da un decadimento radioattivo in un impulso luminoso grazie all'utilizzo di particolari materiali detti "scintillatori". Amplificato e convertito in un impulso elettrico da un fotomoltiplicatore, il decadimento radioattivo può essere "contato" e, dopo un processo di calibrazione, convertito in concentrazione di gas radon.
- Il metodo ha il vantaggio di fornire una **risposta immediata**, ma **l'elevato costo delle apparecchiature** lo rende inadatto per monitoraggi a lungo termine. Il metodo non è quindi adatto per valutare la reale esposizione delle persone, fornendo infatti una "istantanea" della situazione in un particolare momento della giornata e del ciclo stagionale. E' un **metodo molto preciso**, purchè gli apparecchi siano stati calibrati di recente.




Pregi e difetti

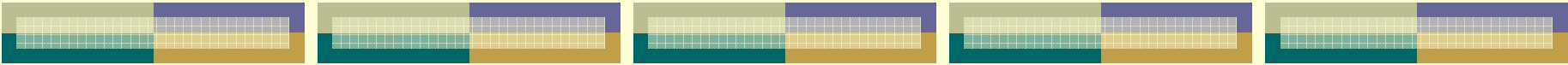

- **Scintillazione in fase liquida:** è un sistema che è in grado di determinare la quantità di radiazioni presenti nell'acqua per emissione di particelle alfa.
- 



I luoghi di lavoro sotterranei

● 1.1 Considerazioni generali


- La normativa vigente in materia di protezione dalle radiazioni ionizzanti (art. 180 del **D. Lgs. 81/2008**, e **D.Lgs. 230/95** e s.m.i. disciplina anche le attività lavorative svolte in luoghi sotterranei al fine della tutela dei lavoratori dai rischi dovuti a **esposizione a radioattività naturale**
- 

- 
- Per adibire tali luoghi al lavoro, devono essere tenute presenti le limitazioni ed i divieti posti dai regolamenti comunali edilizi e/o di igiene, da leggi di settore e dalle norme generali per l'igiene del lavoro.
- 



l'art. 65 del D.Lgs. 81/2008

vieta di adibire al lavoro i locali chiusi sotterranei e semisotterranei e prevede la possibilità di deroga a tale divieto solo nei seguenti casi:


- a) **quando sussistano particolari esigenze tecniche** ed in questi casi si deve provvedere con mezzi idonei alla aerazione, alla illuminazione ed alla protezione contro l'umidità; si precisa che le particolari esigenze tecniche devono essere individuate soltanto con riferimento alle specifiche caratteristiche del lavoro, che deve rendere indispensabile per il suo stesso espletamento l'utilizzazione di locali interrati o seminterrati: dette esigenze quindi non possono mai essere riconosciute quando sia presente una mera opportunità di carattere organizzativo, economico o di semplice ubicazione (Cass. Pen. Sez. III n. 15769/1986);
- 

l'art. 65 del D.Lgs. 81/2008

- b) quando vi sia espresso consenso dell'organo di vigilanza (Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro delle Aziende USL); questi può rilasciare l'autorizzazione al lavoro anche quando non ricorrono particolari esigenze tecniche, purché le lavorazioni non diano luogo ad emanazioni nocive e non espongano i lavoratori a temperature eccessive, siano rispettate le norme di igiene del lavoro, si provveda con mezzi idonei alla aerazione, alla illuminazione ed alla protezione contro l'umidità.




1.2 Definizioni di luogo di lavoro e di ambiente sotterraneo.

- - Luoghi di lavoro: devono intendersi quei luoghi destinati a ospitare posti di lavoro, ubicati all'interno dell'azienda ovvero dell'unità produttiva, nonché ogni altro luogo di pertinenza accessibile al lavoratore nell'ambito del proprio lavoro (**art. 62 del D.Lgs. 81/2008**).
- 




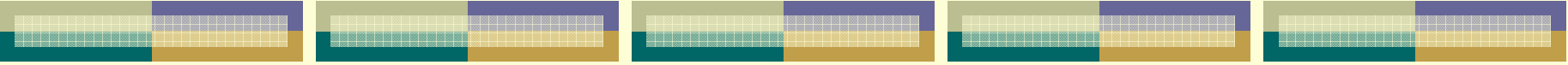
Valutazione del rischio

- **1.3 Criteri per l'individuazione degli ambienti di lavoro nei quali effettuare le misure.**
 - **1.4 Numero di misure e posizionamento dei dosimetri**
- 



METODI DI MISURA DELLA CONCENTRAZIONE DI RADON NEI LUOGHI DI LAVORO SOTTERRANEI

- 2.1 Periodo di misura
 - Nell'Allegato I-bis del D. Lgs. 230/95 e s.m.i. il livello di azione per la concentrazione di radon (articolo 10-ter, commi 1 e 2) è fissato in termini di **concentrazione di attività media annua**; poiché in Italia le conoscenze sui fattori di correzione stagionali per trasformare misure di durata inferiore all'anno in valori medi annui non sono attualmente sufficienti, le tecniche di misura da utilizzare devono consentire di coprire interamente l'arco di un anno solare, mediante una o più esposizioni.
 - Inoltre, resta inteso che la concentrazione media annua comprende sia il periodo diurno che il periodo notturno.
- 



- **2.2 Tecniche di misura e caratteristiche strumentazione utilizzata**

- **2.3 Taratura del metodo e controllo di qualità dei dati**


Per assicurare l'affidabilità e la ripetibilità dei risultati delle misure, il sistema utilizzato è stato sottoposto a taratura e ad un programma di assicurazione della qualità dei dati che comprenda la partecipazione a circuiti di interconfronto presso un centro europeo (analogo al centro SIT - Sistema Italiano di Taratura). La periodicità della taratura e del controllo di qualità dei dati dipendono dal metodo utilizzato.





● 2.4 Valutazione dell'esposizione di trasporto

I rivelatori sono stati conservati prima e dopo l'uso in modo appropriato, per evitare il contributo di esposizioni aggiuntive in luoghi diversi da quello di interesse, che diminuiscono la precisione del risultato della misura?






2.5 Scheda informativa

- Al fine di raccogliere nel modo più corretto possibile i dati ed identificare in modo inequivocabile i luoghi delle misurazioni, si possono utilizzare **modelli di scheda** contenente le informazioni che si ritengono fondamentali, la planimetria dei luoghi oggetto d'indagine, ecc.


Ad esempio:

- • identificativo del luogo di collocazione dello strumento
 - • data e ora di inizio esposizione
 - • data e ora di fine esposizione
 -
- 

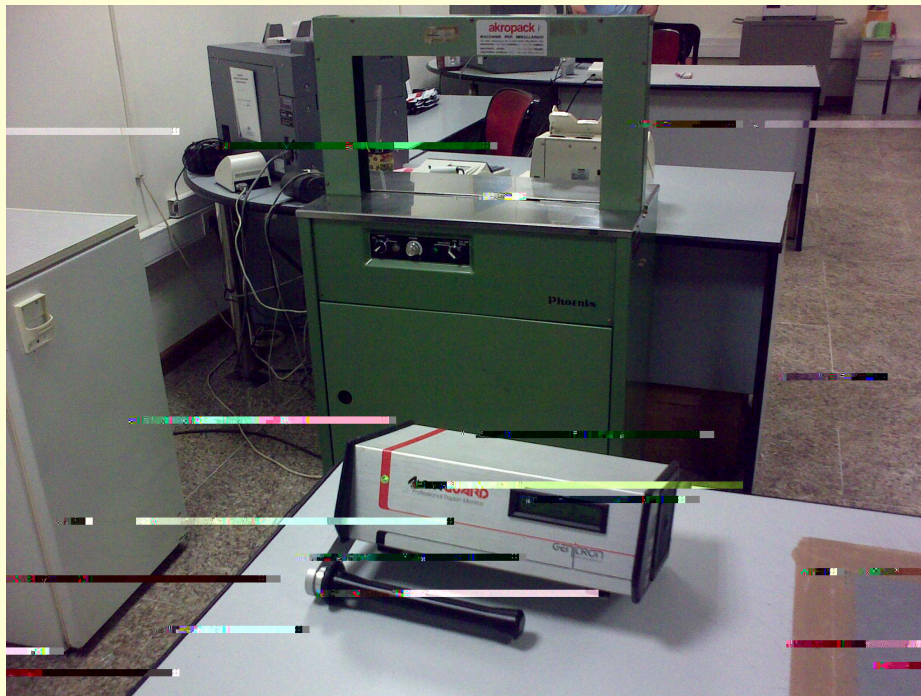


REQUISITI DEGLI ORGANISMI DI MISURA

3.2 Requisiti degli organismi di misura (art. 10-ter, c. 4, del D. Lgs. 230/95 e s.m.i)

- 1. responsabile tecnico con formazione professionale adeguata ed esperienza documentata in materia;
 - 2. individuazione delle persone abilitate ad eseguire le misure e ad attestarne la validità;
 - 3. utilizzo di una tecnica di misura idonea;
 - 4. periodica taratura della tecnica di misura e controllo del funzionamento delle apparecchiature prima di ogni serie di misure;
 - 5. periodico controllo di qualità dei dati;
 - 6. utilizzo di procedure e istruzioni scritte per le misure, comprese le tarature e il controllo di qualità;
 - 7. rilascio del resoconto delle misure firmato dal responsabile tecnico, che garantisce l'affidabilità del dato al committente.
- 

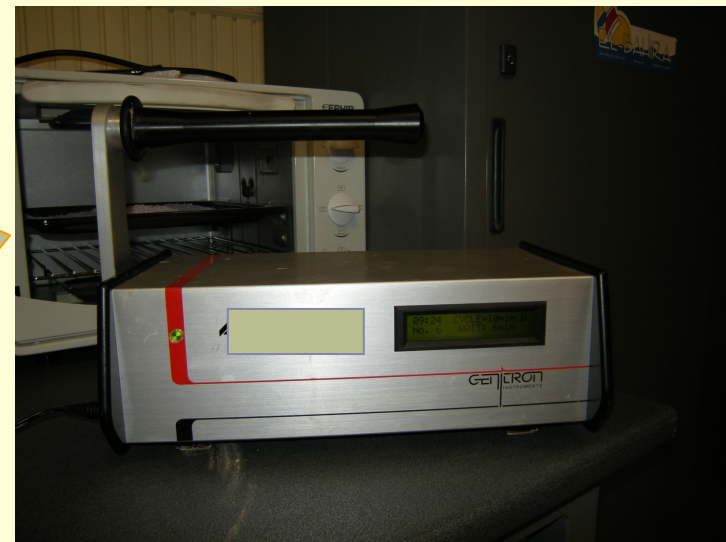
Casi studio



Misurazione al chiuso di
un ambiente di lavoro con
permanenza di personale
custodia armata di caveau

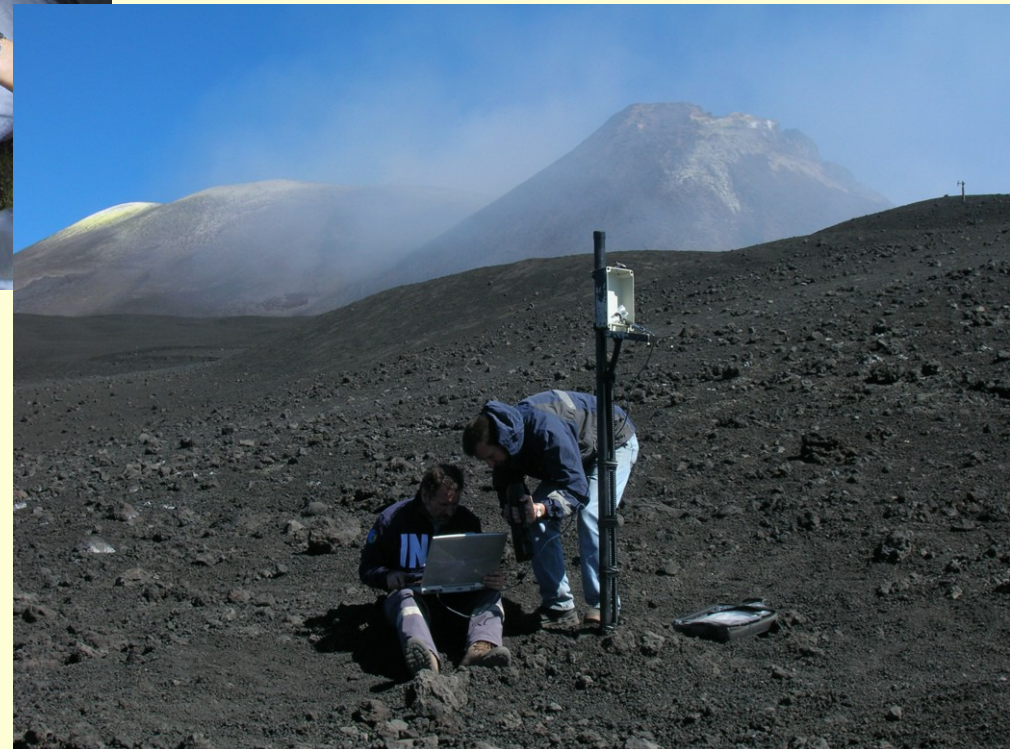


Petroteca – campioni di roccia



Misurazione al chiuso di
un ambiente di lavoro con
permanenza saltuaria

● Misurazione all'aperto per studi di ricerca





● Misurazione all'aperto
in ambito scientifico



● Grazie per l'attenzione

Dott. Ing. Massimiliano Barone

Tecnico di Analisi del Rischio per le installazioni Industriali –
Sicurezza ed Igiene del Lavoro – Sistemi di Prevenzione

E-mail: massimilianobarone@hotmail.com

