



CONVEGNO ON LINE

LUNEDÌ 11 DICEMBRE 2023, ORE 15.30 - 17.30

Introduzione ai rischi da gas Radon e principi di protezione

Roma
2023

Ing. Marco Martellucci
Esperto di Radioprotezione di III grado
Università Campus Bio Medico di Roma



TOR VERGATA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Dipartimento di Fisica

[Contatti](#)

[Elenco Telefonico](#)

[Bandi e Avvisi](#)



RICERCA

DIDATTICA

SOCIETÀ

DIPARTIMENTO

[HOME](#) / [DIDATTICA](#) / [DOTTORATI E MASTER \(II LIVELLO\)](#) / [MASTER IN AGENTI FISICI E RADIOPROTEZIONE](#)

MASTER IN AGENTI FISICI E RADIOPROTEZIONE



Argomenti

1. **Cenni di fisica di base**
2. **Il Radon**
3. **La legislazione vigente**
4. **Il ruolo del Consiglio Nazionale degli Ingegneri**
5. **Il progetto RadoNorm**
6. **Un caso studio**

Cenni di fisica di base

La Radioattività

Esistono fonti di radioattività Naturale e Artificiale...

Dai fenomeni naturali...

1895: Roentgen → raggi X

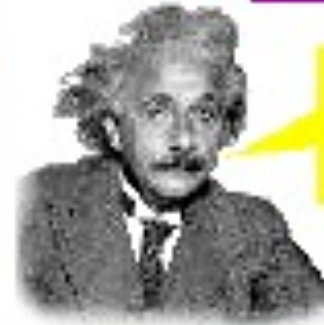
1896: Becquerel → radioattività naturale

1898: Curie → elementi radioattivi

1899: Rutherford → radiazioni α , β , γ



1905: Einstein
→ $E=mc^2$



La massa è solo
una forma di
energia

...ai fenomeni artificiali

1919: Rutherford → reazioni nucleari

1932: Chadwick → neutrone

1934: Curie → produzione di radioisotopi

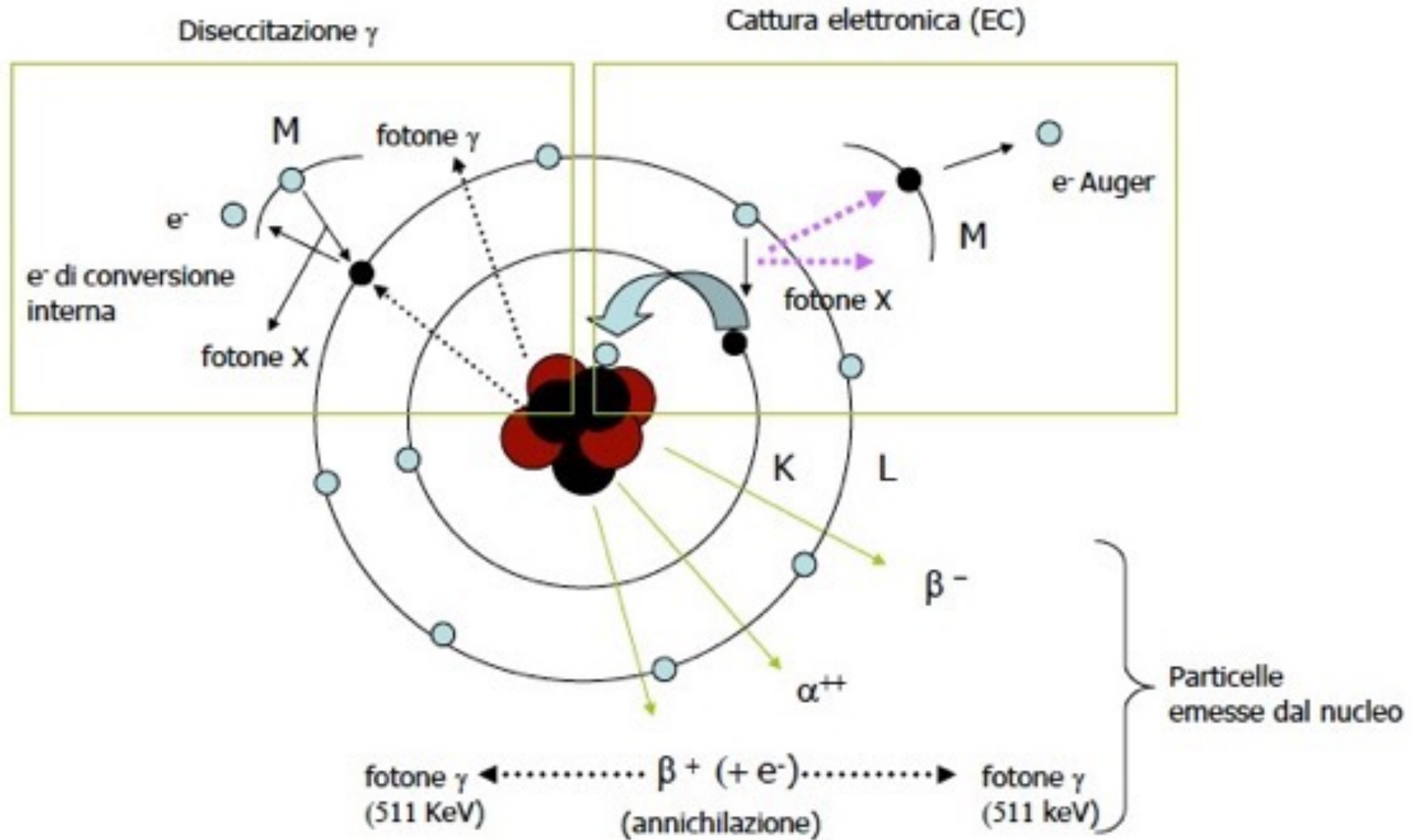
1934: Fermi → neutroni lenti su uranio

1938: Hahn-Strassmann → fissione

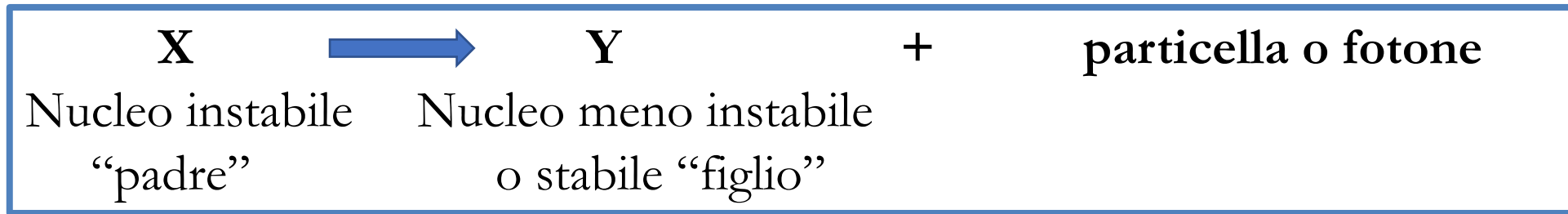
1942: Fermi → reattore nucleare

La Radioattività

...che generano diverse tipologie di radiazioni



DECADIMENTO DI NUCLEI RADIOATTIVI



Il decadimento radioattivo è il processo per cui un radio-nuclide **si trasforma nel nucleo di un elemento diverso o raggiunge uno stato energetico minore, emettendo radiazioni.**

Il nuclide prodotto in un decadimento può risultare stabile e non emettere ulteriori radiazioni o a sua volta essere ancora radioattivo.

Lo studio del processo di decadimento può essere suddiviso in due parti:

1. Studio delle **modalità di decadimento**
2. Studio della **cinetica di decadimento**

La Radioattività

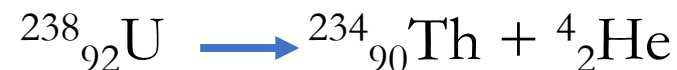
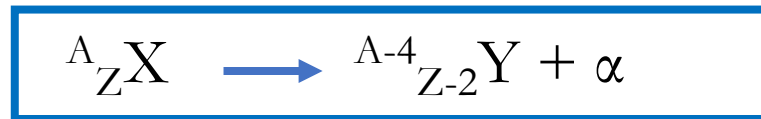
1 - MODALITA' DI DECADIMENTO

I radionuclidi possono decadere utilizzando uno (o una combinazione) dei 5 seguenti processi:

Decadimento con emissione di particelle

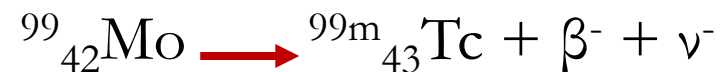
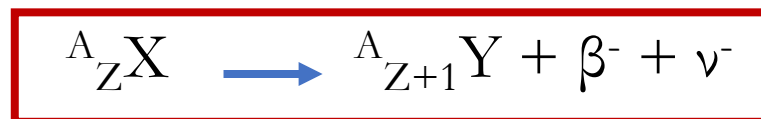
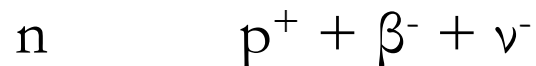
- Decadimento per cattura elettronica

- Decadimento alfa

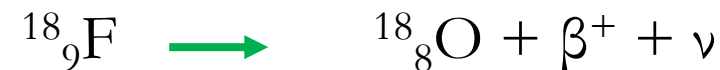
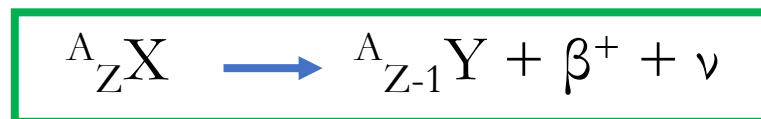
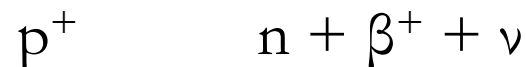


- Decadimento beta (positivo o negativo)

Decadimento β^-



Decadimento β^+



$\bar{\nu}$ = antineutrino ; ν = neutrino ; p = protone ; n = neutrone ; β^- = e = elettrone ; β^+ = positrone ; γ = raggio gamma

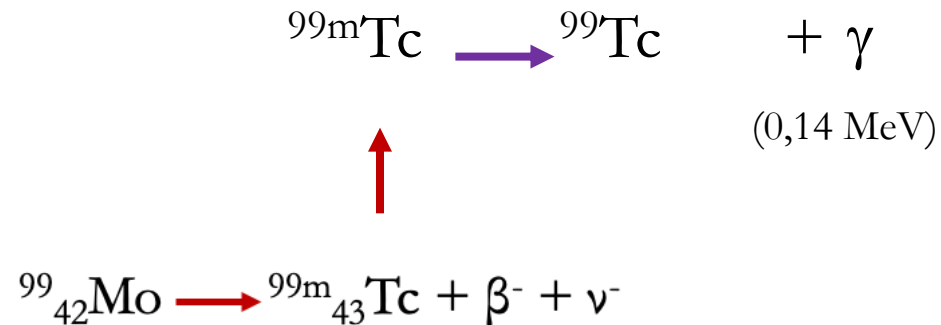
La Radioattività

1 - MODALITA' DI DECADIMENTO

I radionuclidi possono decadere utilizzando uno (o una combinazione) dei 5 seguenti processi:

Diseccitazione

- decadimento per conversione interna
- decadimento gamma



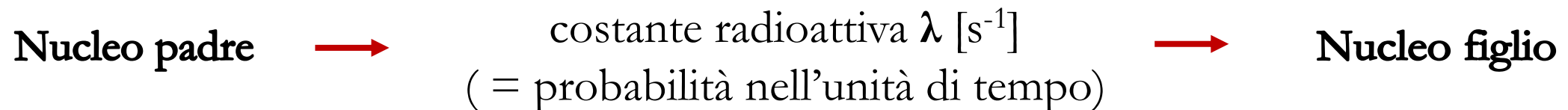
$\bar{\nu}$ = antineutrino ; ν = neutrino ; p = protone ; n = neutrone ; β^- = e = elettrone ; β^+ = positrone ; γ = raggio gamma

2 - CINETICA DI DECADIMENTO

Consideriamo un nucleo instabile in un dato istante; questo si trasformerà in un nucleo stabile (dopo una o più trasformazioni) attraverso un dato processo radioattivo.

E' **impossibile** prevedere quando un dato nucleo si trasformerà; possiamo solamente definire una certa **probabilità di trasformazione** in un'unità di tempo data. Questa probabilità è la stessa per tutti i nuclei di un dato nuclide e si mantiene costante nel tempo.

Questa probabilità di disintegrazione radioattiva spontanea per unità di tempo è detta **costante radioattiva**, si esprime in secondi⁻¹ e si indica con λ .



La Radioattività

2 - CINETICA DI DECADIMENTO

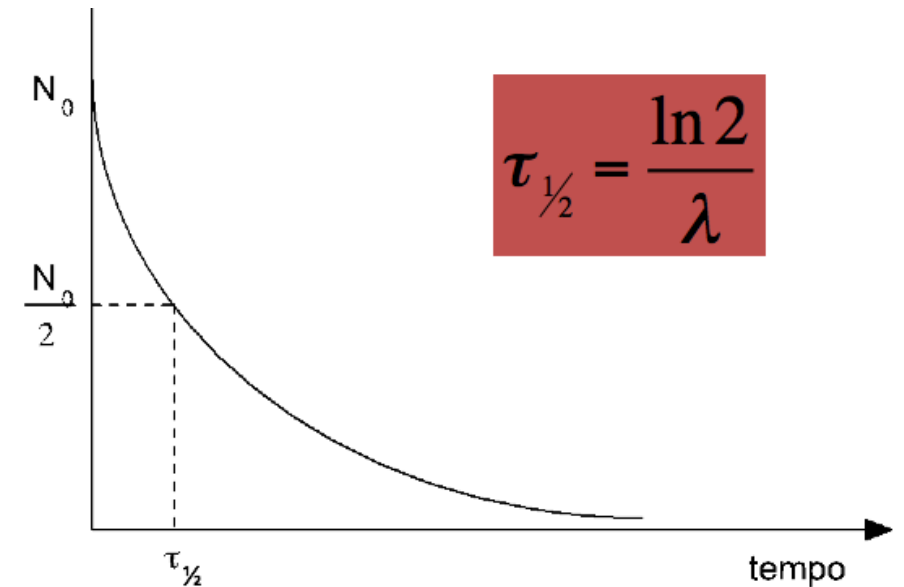
La legge che regola la cinetica di decadimento degli atomi radioattivi è di tipo esponenziale:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

La quantità λN , esprime la **velocità di disintegrazione** di una quantità determinata di una data sostanza radioattiva ($-dN/dt$) ed è chiamata **Attività**:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

Tempo di Dimezzamento:
Tempo necessario ad un dato numero di atomi radioattivi (N_0) per dimezzarsi ($N_0/2$)



2 - CINETICA DI DECADIMENTO

L'Unità di misura Storica dell'Attività è rappresentata dal Curie ed è definita come segue:

1 Curie = quantitativo di ^{226}Ra contenuto in 1 grammo di materia

Ma nel sistema internazionale si utilizza il Becquerel definito come segue:

1 Becquerel = numero di disintegrazioni che avvengono nell'unità di tempo

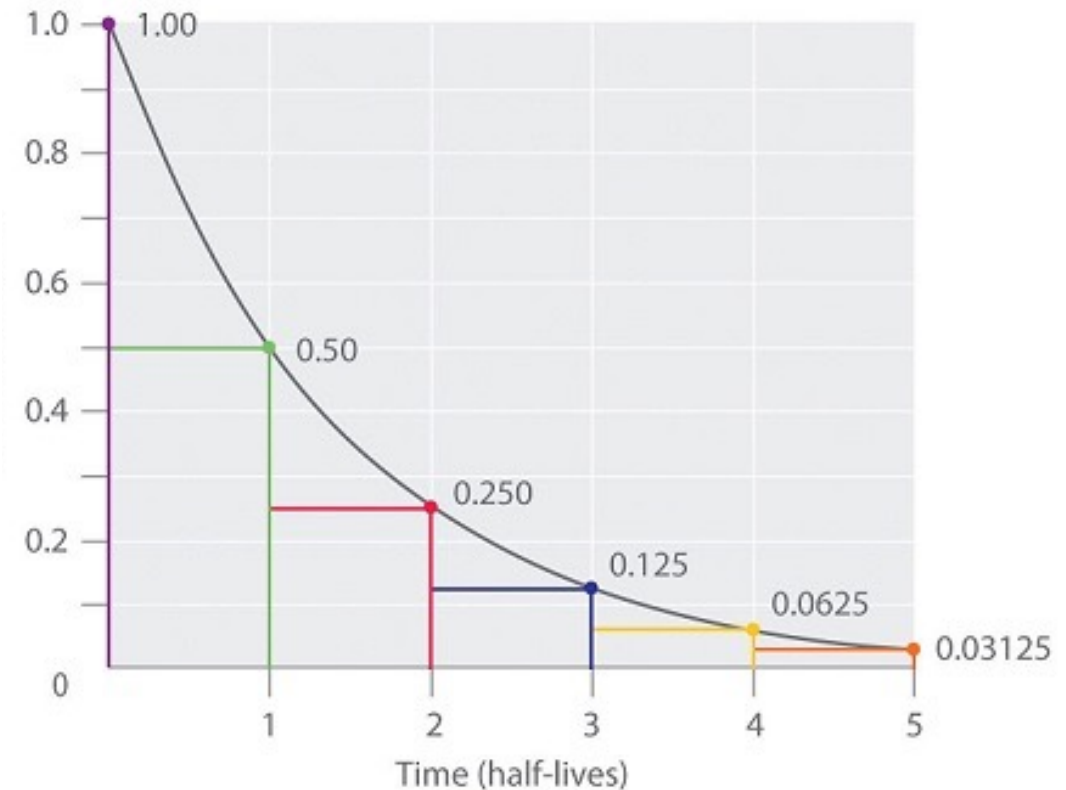
$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$



2 - CINETICA DI DECADIMENTO

Ogni Radionuclide oltre ad avere una propria Modalità di Decadimento ha una sua Cinetica di Decadimento rappresentata proprio da un **diverso Tempo di Dimezzamento**.

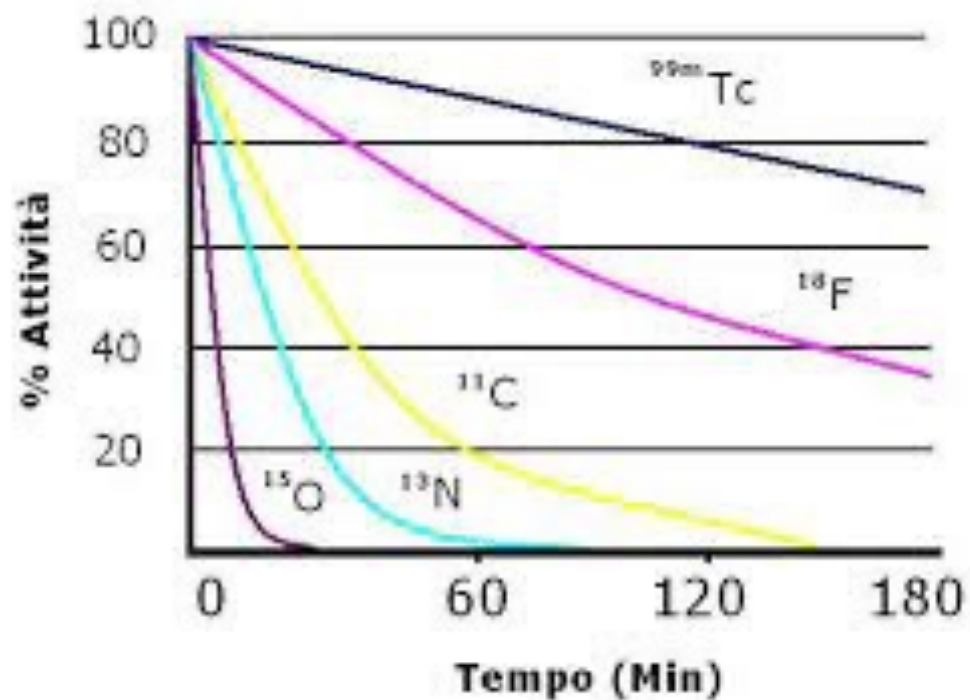
Normalmente dopo 5 – 6 Tempo di Dimezzamento l'Attività presente si può considerare quasi completamente decaduta.



2 - CINETICA DI DECADIMENTO

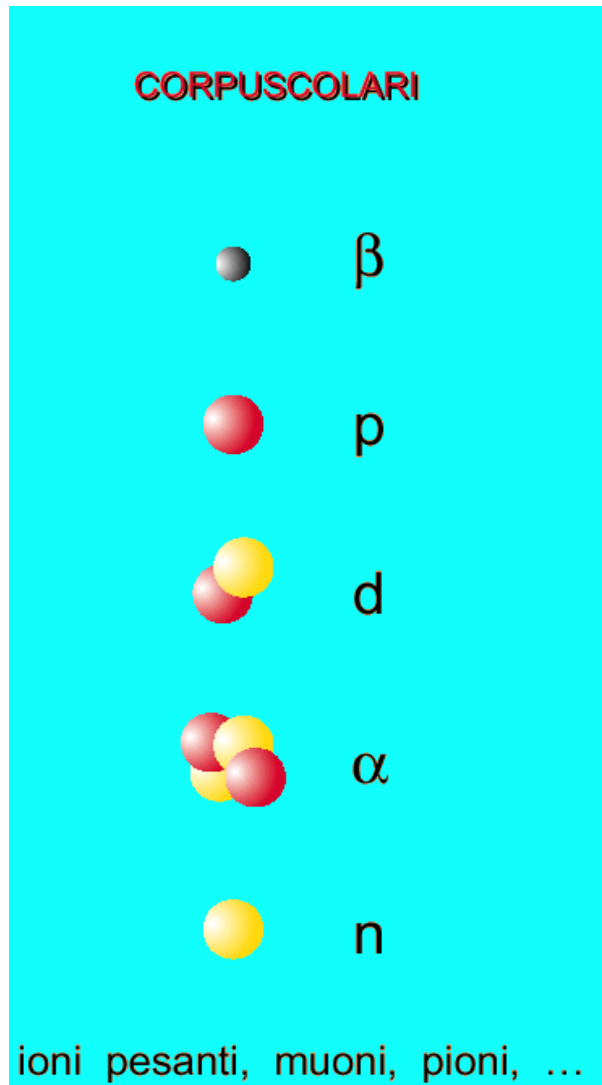
Ogni Radionuclide oltre ad avere una propria Modalità di Decadimento ha una sua Cinetica di Decadimento rappresentata proprio da un **diverso Tempo di Dimezzamento**.

<i>Tempi di dimezzamento di alcuni nuclidi</i>		
Nuclide	T	Decadimento
Uranio 238	4.5×10^9 anni	α, γ
Carbonio 14	5730 anni	β
Radio 226	1600 anni	α, γ
Stronzio 90	28.5 anni	β, γ
Cobalto 60	5.3 anni	β, γ
Iodio 131	8 giorni	β, γ
Bario 141	18.3 min	β, γ
Polonio 218	3.0 min	β, γ
Kripton 92	1.8 s	β, γ
Polonio 214	1.64×10^{-4} s	α, γ



La Radioattività

Gli effetti dannosi delle radiazioni sono da attribuirsi a:



Convenzionalmente
si definiscono
ionizzanti le onde
elettromagnetiche
che hanno

$$\lambda < 100 \text{ nm}$$

Ovvero:

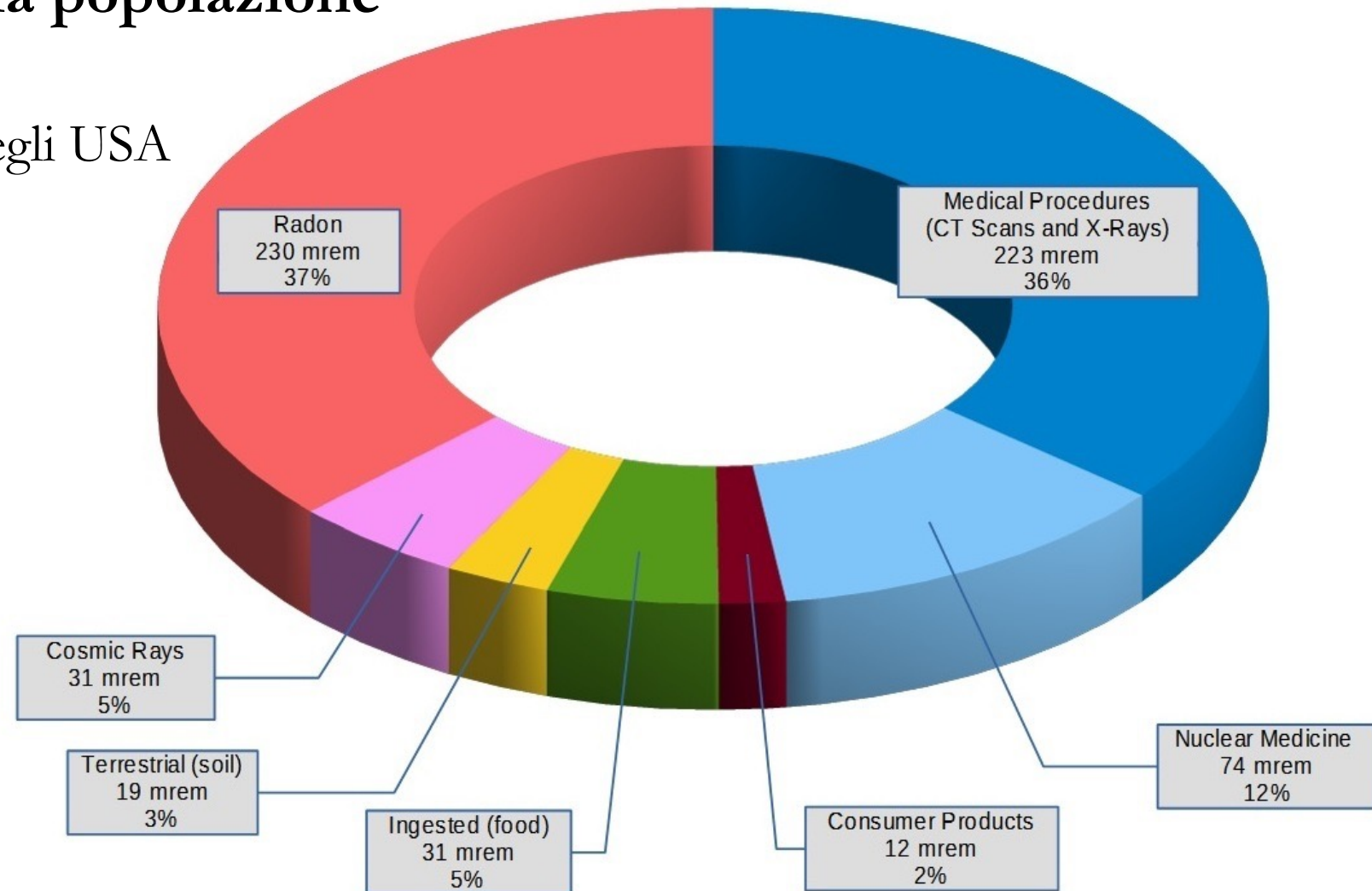
$$E > 12,40 \text{ eV}$$

La Radioattività

Tutte e due le fonti di radioattività sia Naturale che Artificiale contribuiscono alla dose alla popolazione

Sorgenti di radiazioni ionizzanti negli USA

(NCRP Report n. 160)



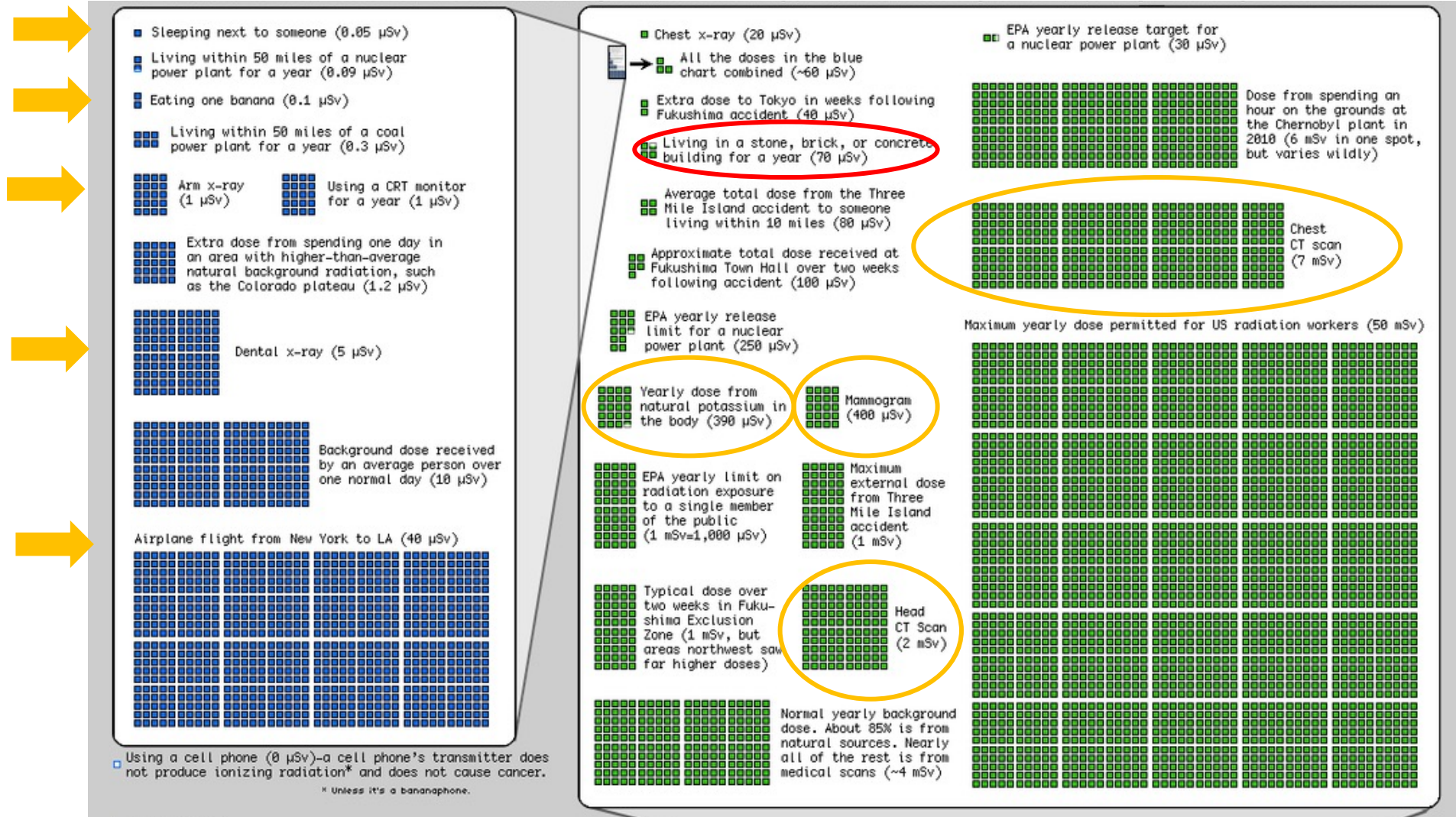
La Radioattività

Osservazioni sull'Effetto delle Radiazioni

Causa	Riduzione media della durata di vita (giorni)	
Abuso di alcool	4000	
→ Essere celibe, vedovo o divorziato	3500	← 3500/365 ≈ ≈ 10 anni!
Fumo (1 pacchetto di sigarette/giorno)	2250	
→ Essere nubile, vedova o divorziata	1600	←
Essere sovrappeso (+ 20%)	1040	
Incidenti con veicoli a motore	207	
Alcool	130	
Incidenti in casa	74	
Fumo passivo	50	
Esposizione lavorativa alle radiazioni (5 mSv/anno)	40	
Cadute	28	
→ Esposizione alle radiazioni di individui della popolazione (1 mSv/anno)	18	←
Esami RX-diagnostici	6	
Caffè	6	

La Radioattività

Esempi di dosi alla popolazione al variare della fonte



Il Radon

La Radioattività

Radioattività dal terreno

Se effettuiamo una spettroscopia del terreno scopriamo che contiene tracce di materiali radioattivi tra cui l'Uranio-238.

Valori di U (ppm) delle varie rocce sedimentarie

Tipi di rocce	Media aritmetica	Range di valori
Scisti comuni	3,5	1-13
Rocce carbonatiche	2,2	0,1-9
Scisti neri	8,2	3-250
Fosforiti marini	–	50-300
Bentoniti	5,0	0,1-21

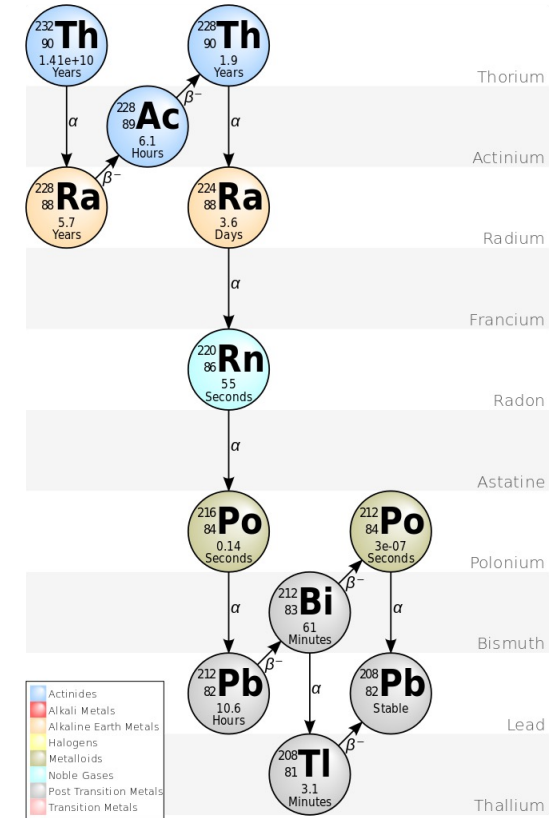
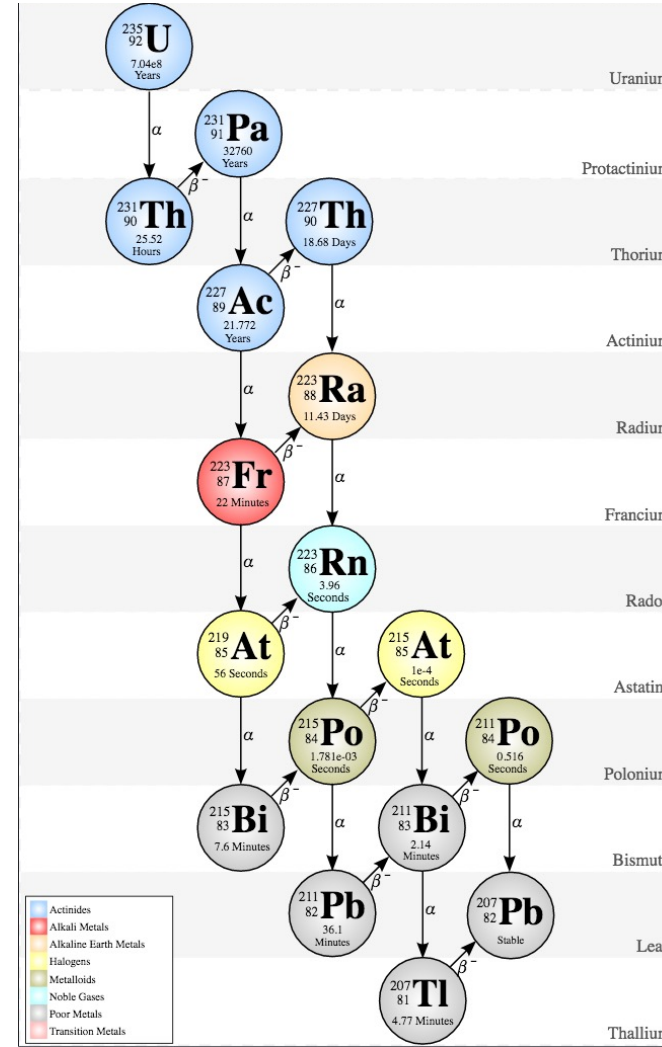
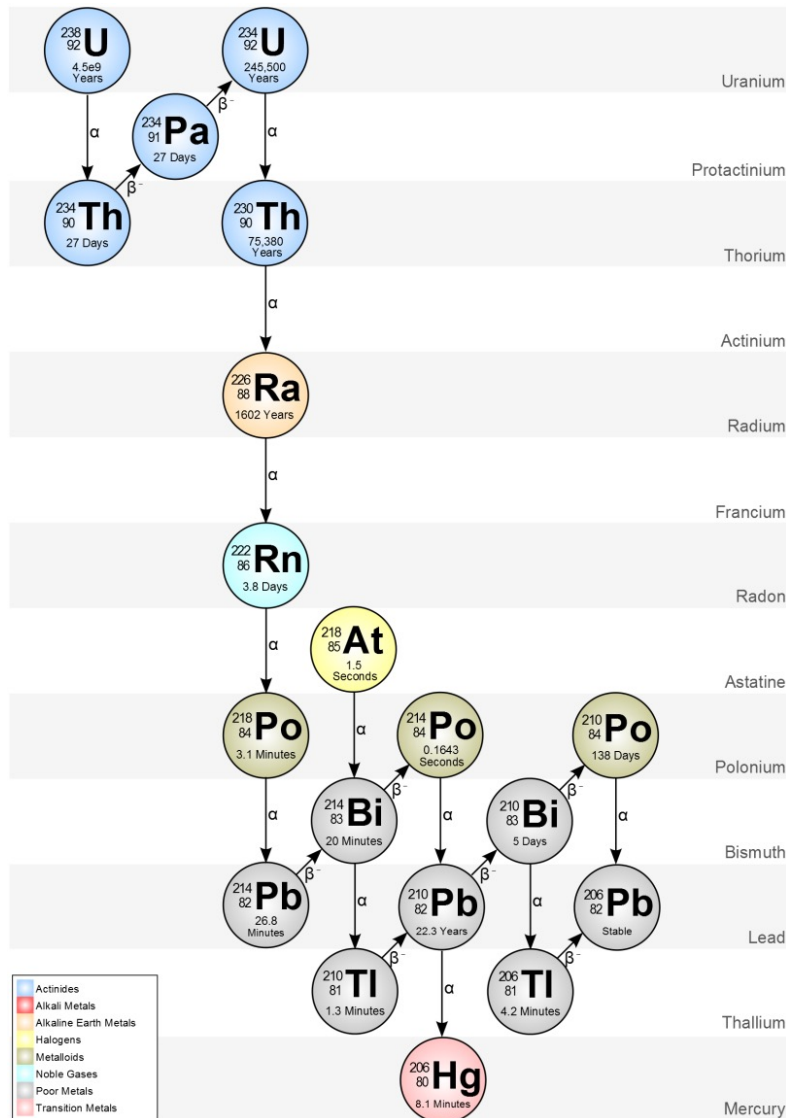
Minerali delle rocce ignee e concentrazione di U

Minerali delle rocce ignee	U (ppm)
Minerali Maggiori	
Biotite	1-60
Orneblenda.	0,2-60
Pirosseni	0,01-50
Minerali accessori	
Allanite	30-1000
Apatite	55-150
Epidotite	20-200
Monazite	500-3000
Zircone	100-6000

Le Famiglie Radioattive

Ma non c'è solo Uranio 238, ma anche l'Uranio 235 e il Torio 232

Radon



Le Famiglie Radioattive

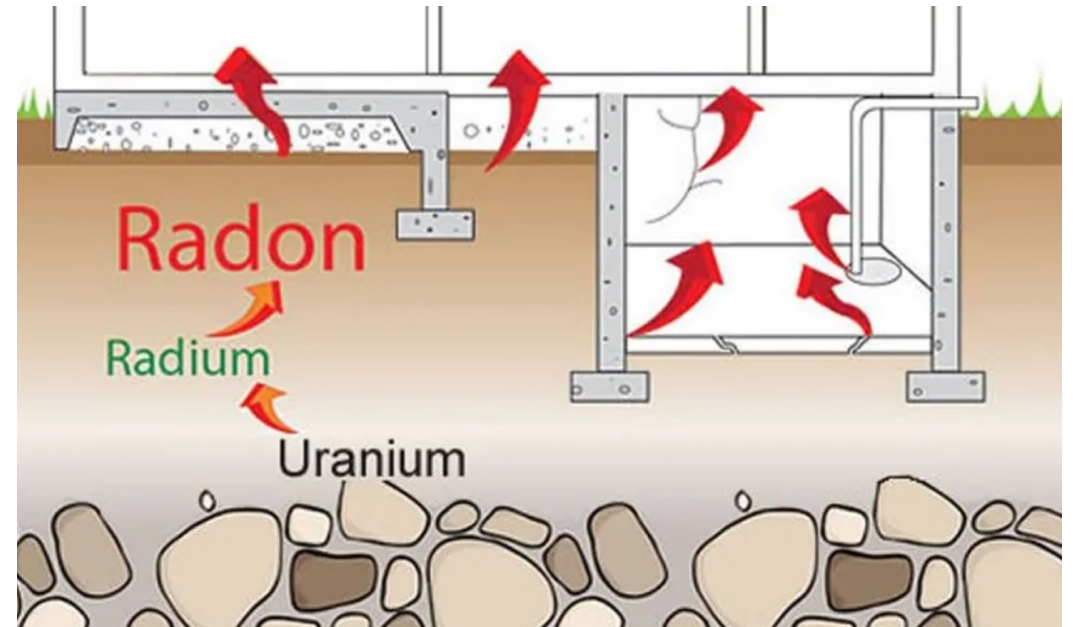
Perché prendiamo in considerazione solo il Radon ?

Tutto dipende dall'emivita dei tre radionuclidi gassosi:

- **Radon** tempo di emivita **3,82 giorni**
- **Thoron** tempo di emivita **55,6 sec**
- **Actinon** tempo di emivita di **3,92 sec**

E' evidente che solo il Radon ha il tempo necessario per essere generato e muoversi per diffusione nel terreno all'interno degli ambienti di vita...

Ma... se l'edificio in cui viviamo è composto da elementi contenenti tracce di **Torio-232** allora anche la componente di dose derivante da **Thoron** potrebbe non essere trascurabile !!!



Il Radon

Quale è la pericolosità del Radon ?

Nome storico	Radionuclide	Tempo di dimezzamento	Costante decadimento	Concentrazione all'equilibrio con 1 Bq	Energia della particella alfa emessa
		T 1/2 (s; m; g; a)	λ (sec-1)	C (atomi/m ³)	E (MeV)
	U-238	4,47 E+09 a	4,91713E-18	2,0337E+17	4,2
	Th-234	29,1 g	2,75689E-07	3,6273E+06	
	Pa-234m	1,17 m	9,87389E-03	1,0128E+02	
	U-234	245500 a	8,95297E-14	1,1169E+13	4,8
	Th-230	75380 a	2,91583E-13	3,4296E+12	4,7
Radium	Ra-226	1600 a	1,37372E-11	7,2795E+10	4,8
Radon	Rn-222	3,8235 g	2,09822E-06	476595	5,49
Radium A	Po-218	3,1 m	3,72660E-03	268	6
Radium B	Pb-214	26,8m	4,31062E-04	2320	
Radium C	Bi-214	19,9 m	5,80525E-04	1723	
Radium C'	Po-214	0,0001643 s	4,21879E+03	0,000237	7,69
	Pb-210	22,2 a	9,90070E-10	1,0100E+09	
	Bi-210	5,012 g	1,60067E-06	6,2474E+05	
	Po-210	138,376 g	5,79764E-08	1,7248E+07	5,305



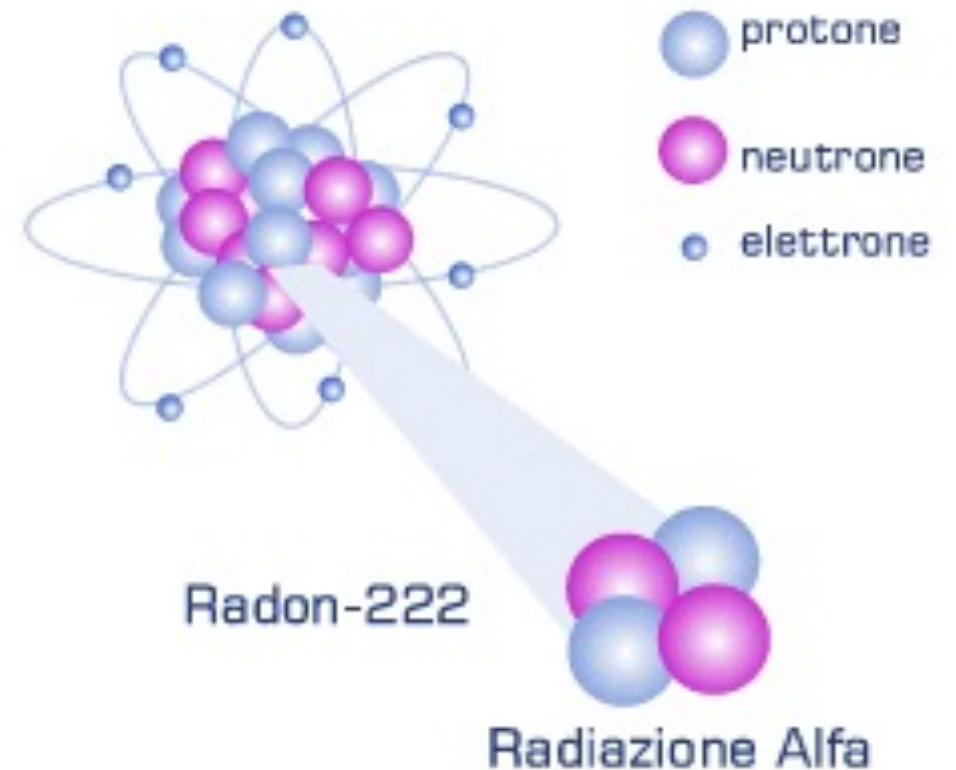
Interazione con la materia

Le Particelle Alfa

Sono prodotte dal decadimento degli atomi radioattivi e fuoriescono dal loro nucleo.

Sono composte da due neutroni e due protoni, per cui hanno una carica netta positiva data dalla presenza dei protoni.

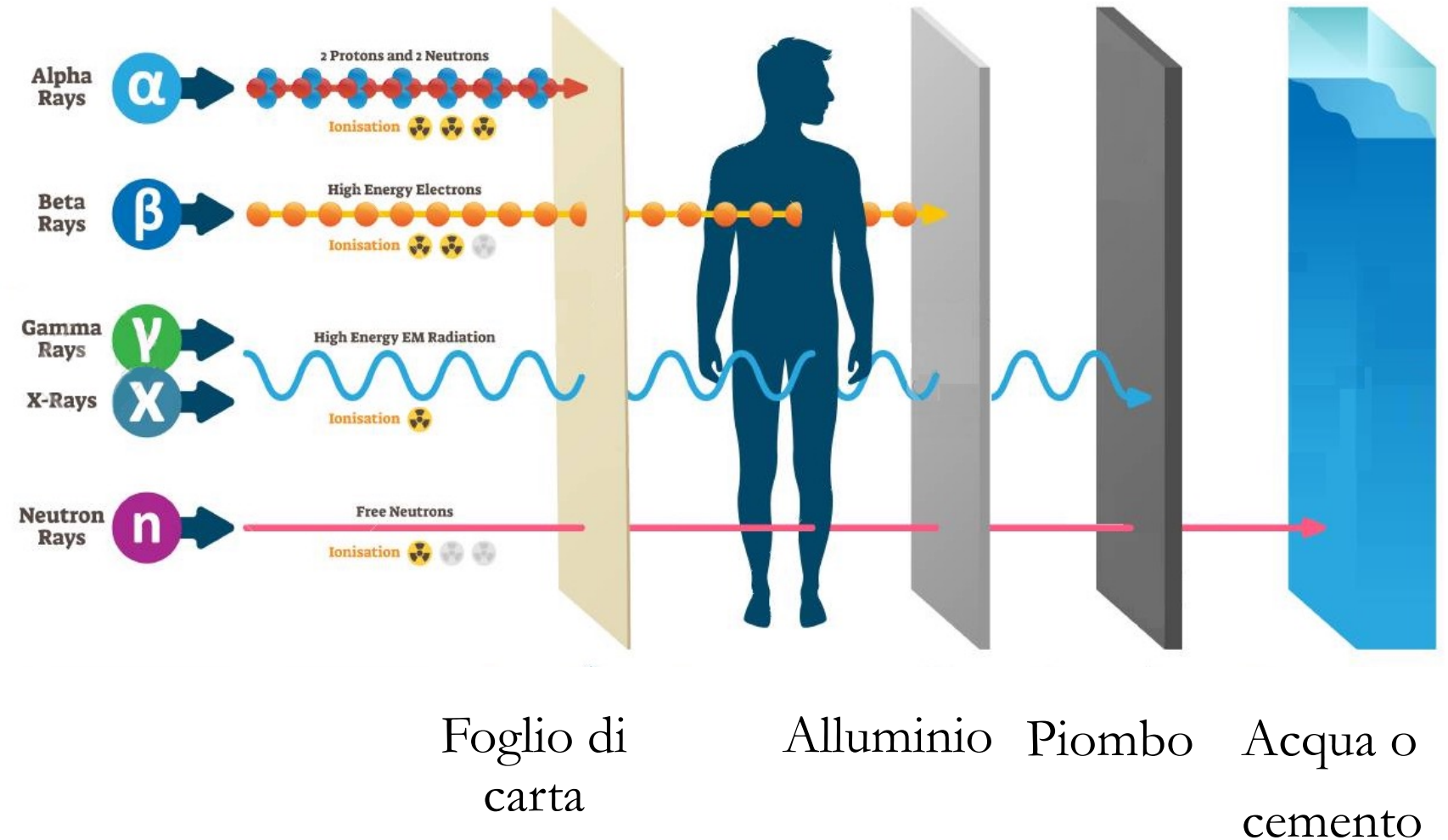
In pratica è come se fossero un nucleo di Elio, senza la nube degli elettroni che lo circonda.



Interazione con la materia

Tipologia delle radiazioni e potere di penetrazione

Nel caso di Irradiazione Esterna, quanto penetra la radiazione che ci colpisce nella materia?



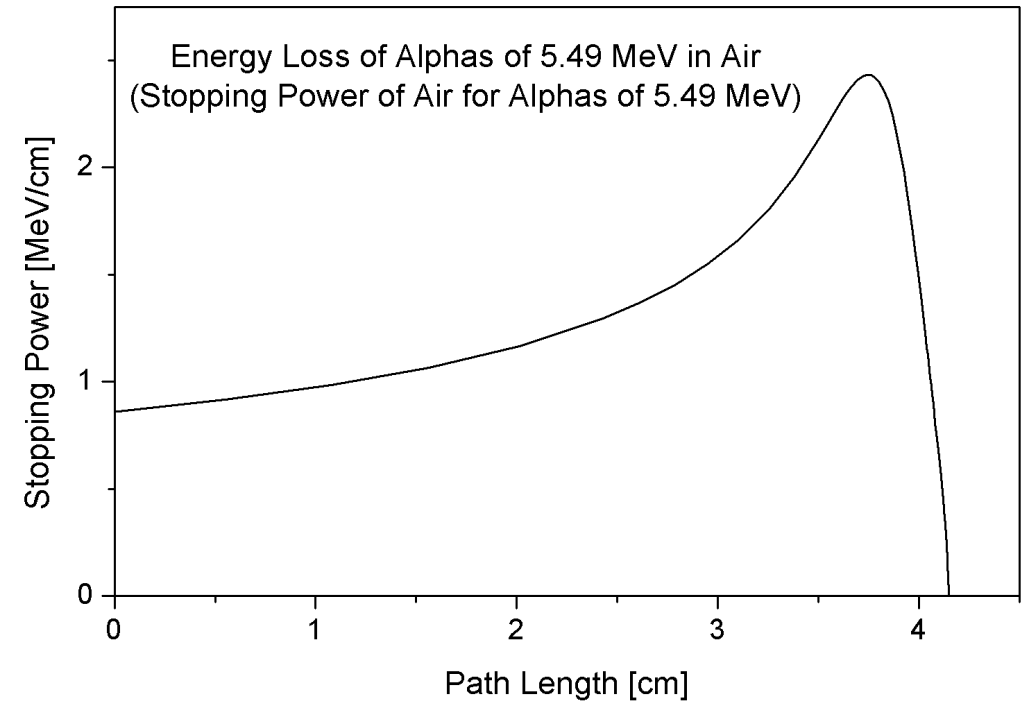
Interazione con la materia

Ma in caso di **INTAKE** (inalazione o ingestione) cosa accade?

La capacità di interazione con la materia delle **Particelle Alfa** è caratterizzata da una perdita di energia dapprima molto bassa, che però aumenta con l'approfondarsi della particella all'interno del mezzo con cui interagisce.

Questo fenomeno di maggior perdita di energia va incontro ad un picco – noto come

Picco di Bragg – per poi andare rapidamente a zero e perdendo tutta l'energia cinetica di cui la particella era dotata.



La Particella Alfa

A cosa è dovuta l'alta pericolosità della Particella Alfa per i polmoni ?

1. La Particella Alfa è normalmente **energie molto elevate**
2. Il suo **potere di penetrazione è limitato** (ha un alto *stopping power*), quindi rilascia tutta la sua energia localmente in pochissimo spazio



Difatti la Particella Alfa ha un **Fattore di Ponderazione della Radiazione pari a 20**

(I Raggi X e gli elettroni hanno un Fattore di Ponderazione pari ad 1)

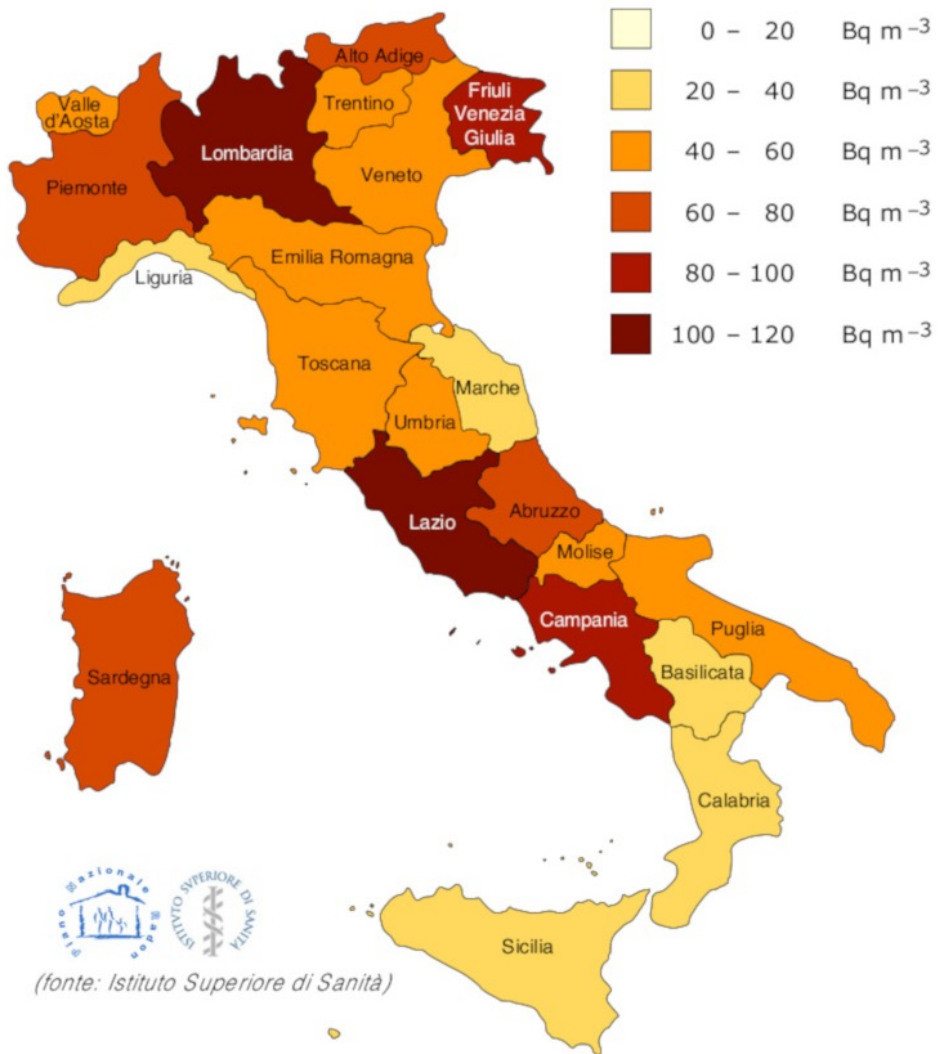


Inoltre il **Fattore di Ponderazione Tissutale dei polmoni è pari a 0,12** poiché radiosensibili

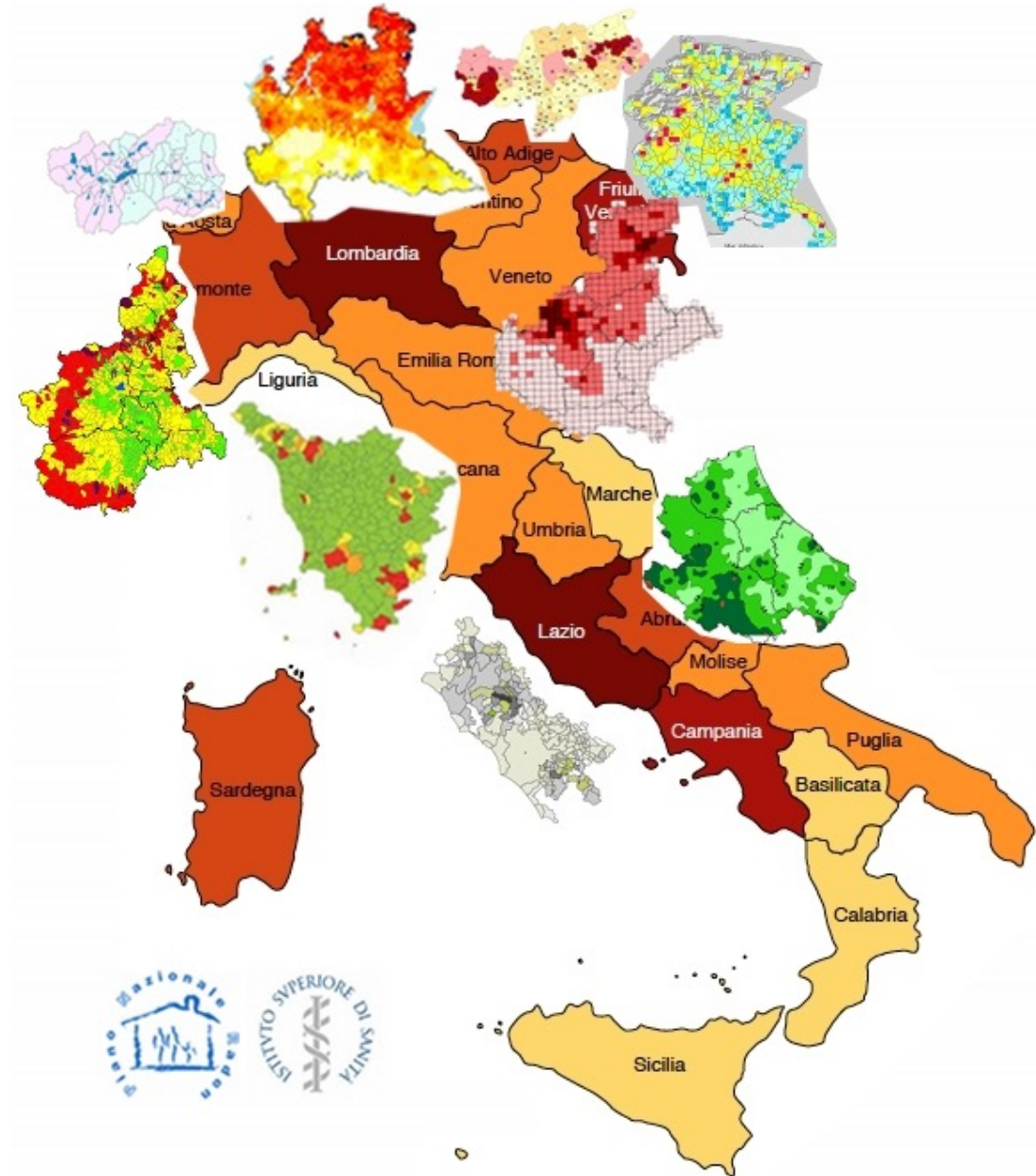
(Ossa e Pelle che sono radioresistenti hanno un Fattore di Ponderazione pari a 0,1)

Distribuzione del Radon

Come è distribuito il Radon in Italia ?



D.Lgs. 101/20

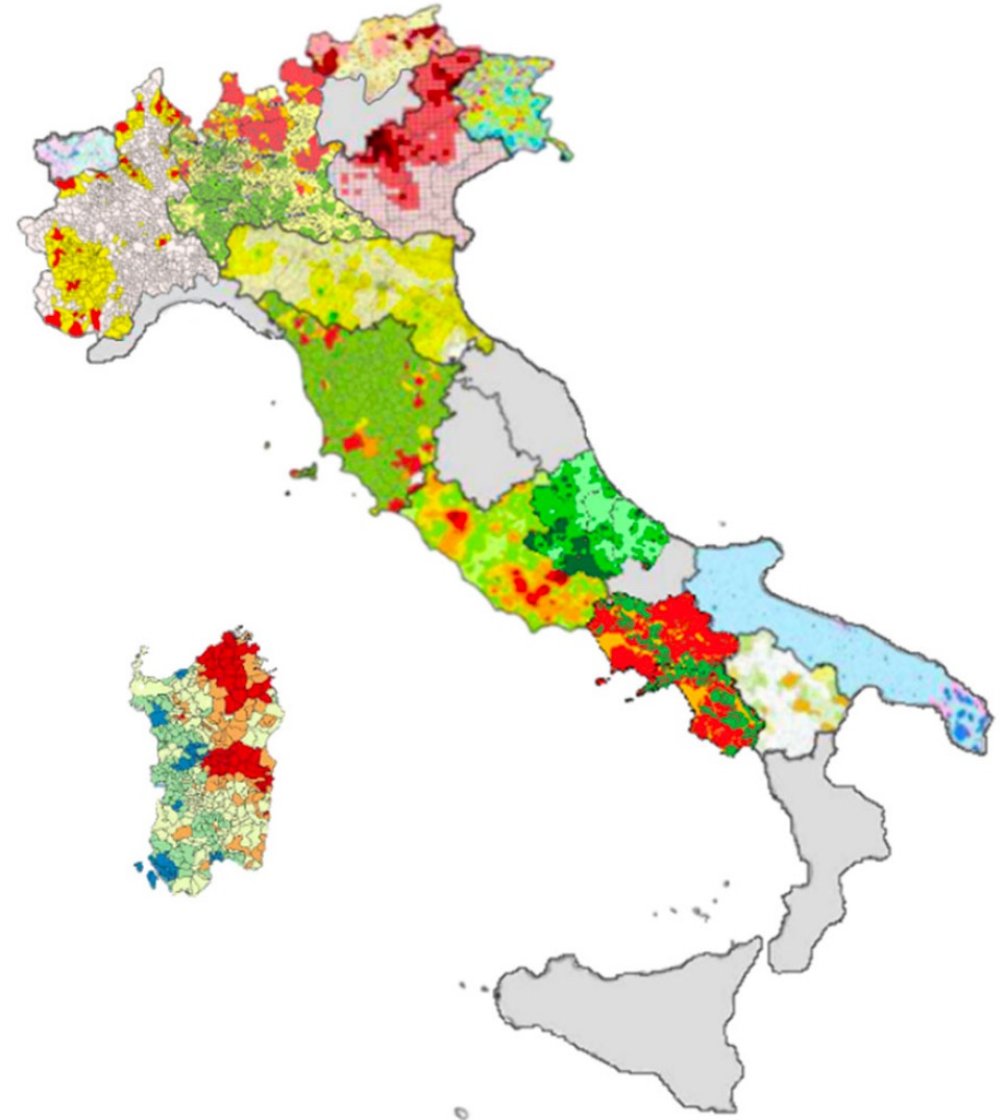


Contribuzione del Radon alla Dose

Valore medio di Dose Efficace alla popolazione in Italia da gas Radon

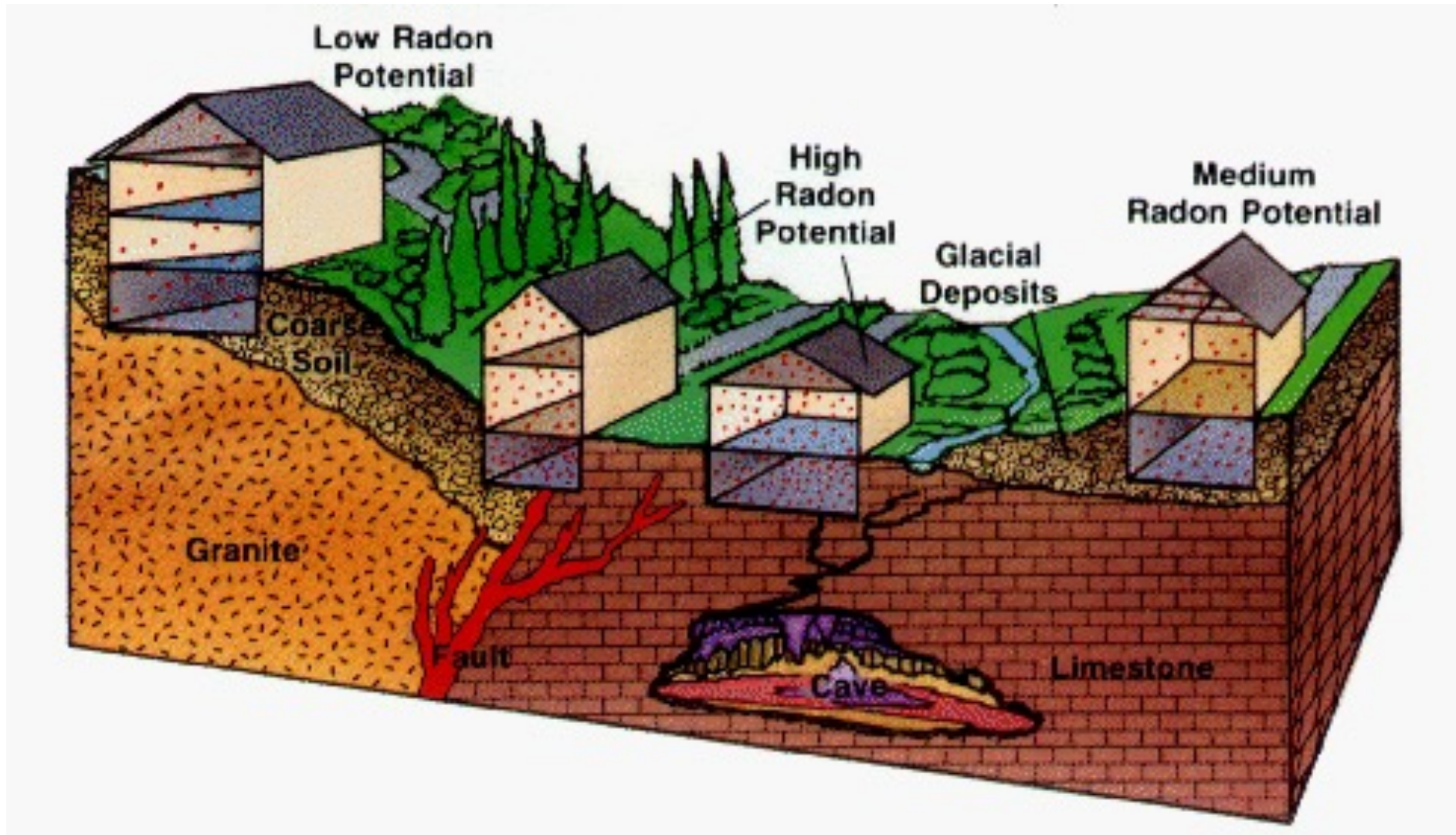
Statisticamente il **valore minimo** è nella regione della **Val D'Aosta** con un valore pari a **0,49 mSv/anno**

Mentre il **valore massimo** è stato misurato a **Napoli** un valore di **2,15 mSv/anno**.



Distribuzione del Radon

Vie di ingresso del Radon negli edifici



Distribuzione del Radon

Vie di ingresso del Radon negli edifici

A – Ingresso del Radon da Suolo

- Crepe e fessure sui pavimenti
- Crepe e fessure sui muri addossati al terreno
- Spazi attorno alle canalizzazioni in ingresso alla casa
- Giunti di calcestruzzo

B – Derivante dai materiali da costruzione

C – Accesso dall'aria esterna

D – Radon liberato dall'acqua



Distribuzione del Radon

La Stagionalità e la Stagionalità inversa

La concentrazione di radon indoor segue generalmente cicli stagionali con **livelli più alti nei mesi “freddi” e più bassi in quelli “caldi”** soprattutto per 2 effetti:

- **L'Effetto Camino** è dovuto alla differenza di temperatura tra interno ed esterno della casa, in funzione della quale si forma una differenza di pressione e l'aria fredda contenente radon viene risucchiata dal terreno. Quanto più caldo è l'interno della casa e quanto più freddo è l'esterno, tanto più marcato sarà l'effetto. Spesso il problema del radon si presenta solamente in concomitanza della fase di riscaldamento.
- **L'Effetto Vento** è invece dovuto alla differenza di velocità dell'aria tra esterno ed interno della casa, che crea un leggera depressione all'interno delle case.

Distribuzione del Radon

La Stagionalità e la Stagionalità inversa

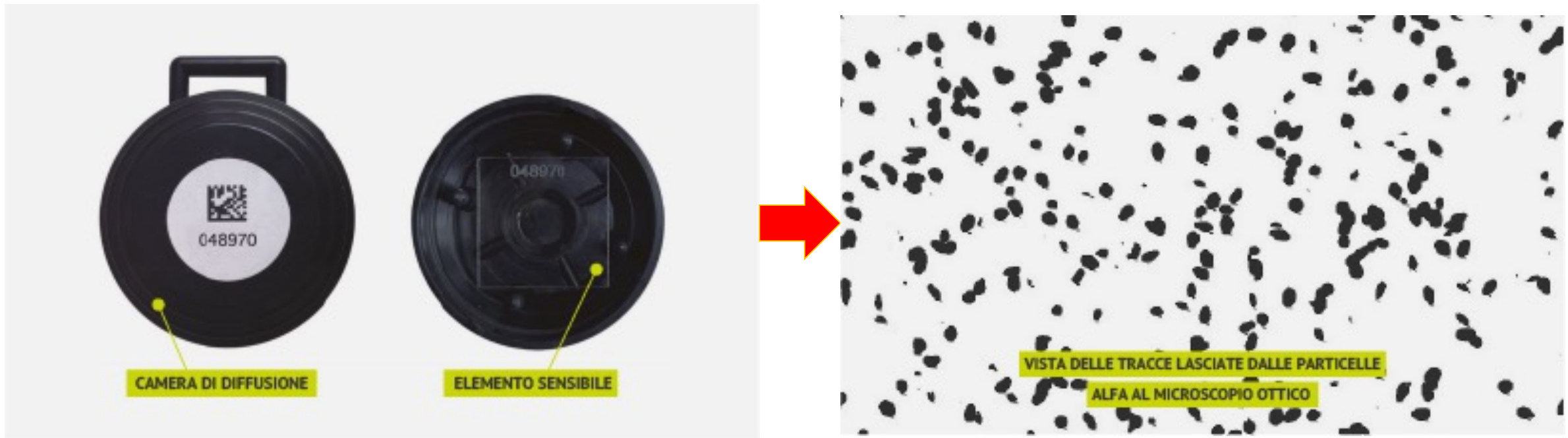
Ma alcuni studi hanno mostrato che la suddetta periodicità è modificata da parametri “individuali” come **le abitudini degli occupanti** (i.e. cambiamenti nel numero di ricambi d’aria di ciascun ambiente), **i pattern di occupazione**, nonché **le caratteristiche costruttive** dell’edificio (i.e. materiali e tipologia della costruzione).



Conseguentemente **si possono avere variazioni stagionali differenti, anche significativamente, tra edifici della stessa regione** e determina situazioni inverse in cui la concentrazione di radon nel periodo primaverile ed estivo può superare quella registrata in autunno e inverno. Tale fenomeno prende il nome di Stagionalità Inversa.

Distribuzione del Radon

Proprio per prevenire eventuali sottostime date dal fenomeno della «Stagionalità Inversa» con l'ingresso del D.Lgs. 101/20 si è deciso di introdurre una misurazione di durata ANNUALE attraverso l'impiego di DOSIMETRIA PASSIVA



Esempio di dosimetro passivo: CR39

La legislazione vigente

La Radioprotezione

Che cos'è la Radioprotezione ?

La radioprotezione è una disciplina autonoma nata come 'campo applicativo' della **radiobiologia** cui è connessa.

La radioprotezione ha come "oggetto" la protezione dell'uomo e dell'ambiente dagli effetti nocivi delle radiazioni.

Essa si fonda su concetti di **fisica** (per quanto concerne le interazioni delle radiazioni con la materia a livello nucleare, atomico e molecolare), di **biologia** (per gli effetti di tali interazioni a livello cellulare) e di **anatomo-fisiologia** (per le conseguenze che tali effetti possono avere, a livello multi-cellulare, su tessuti, organi, apparati e sull'intero organismo) e si avvantaggia anche dall'utilizzo della **biotecnologia** e dell'**ingegneria**.

Qual è l'oggetto della Radioprotezione ?

La radioprotezione si avvale poi dell'ausilio delle competenze che producono atti legislativi adeguati e normative adeguate.

La radioprotezione trova attuazione infatti, nella pratica, in un insieme di leggi, norme e procedure tese alla protezione da effetti nocivi :

- sui **lavoratori**, per quanto riguarda le esposizioni derivanti dall'attività lavorativa;
- sui **pazienti**, per quanto riguarda le esposizioni derivanti da esami diagnostici o terapie, in particolare con radiazioni ionizzanti;
- sulla **popolazione**, per quanto riguarda i tipi di esposizioni che possono interessarla;
- sull' **ambiente**, per gli effetti indotti sulla popolazione umana che vi risiede o vi lavora

Qual è lo scopo della Radioprotezione ?

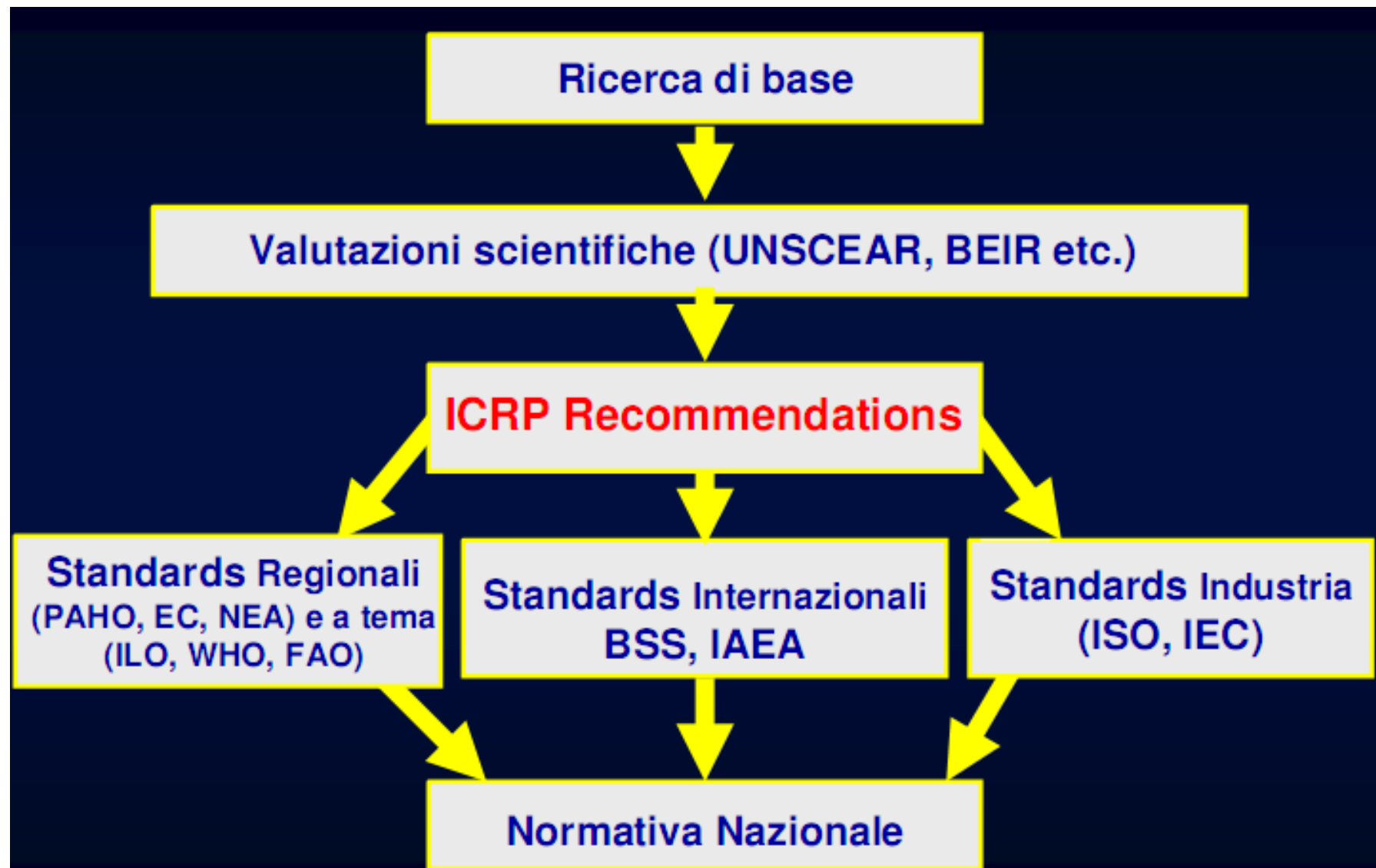
EVITARE le REAZIONI TISSUTALI

e

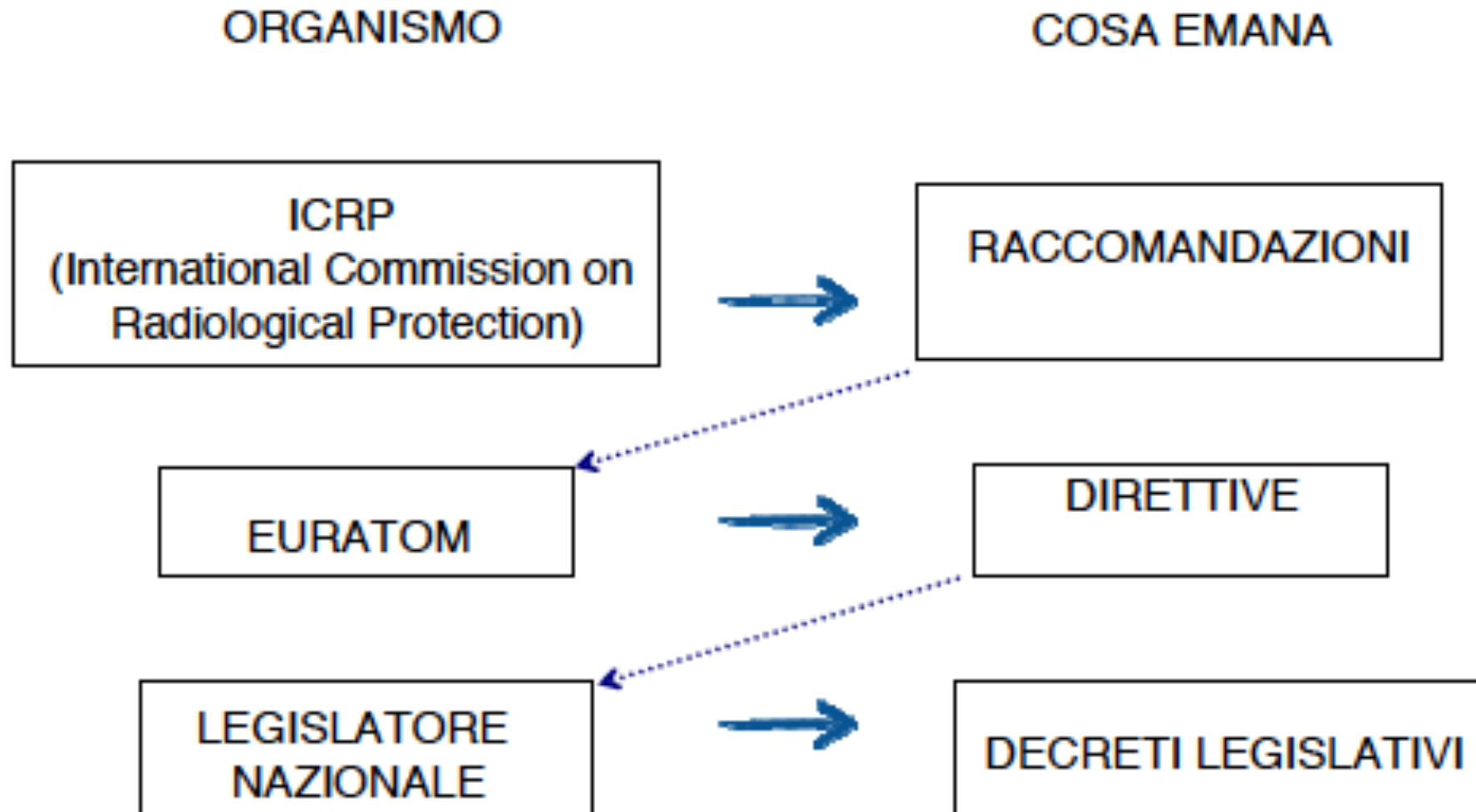
LIMITARE ad una “probabilità sufficientemente bassa”

i DANNI STOCASTICI

L'avanzamento normativo

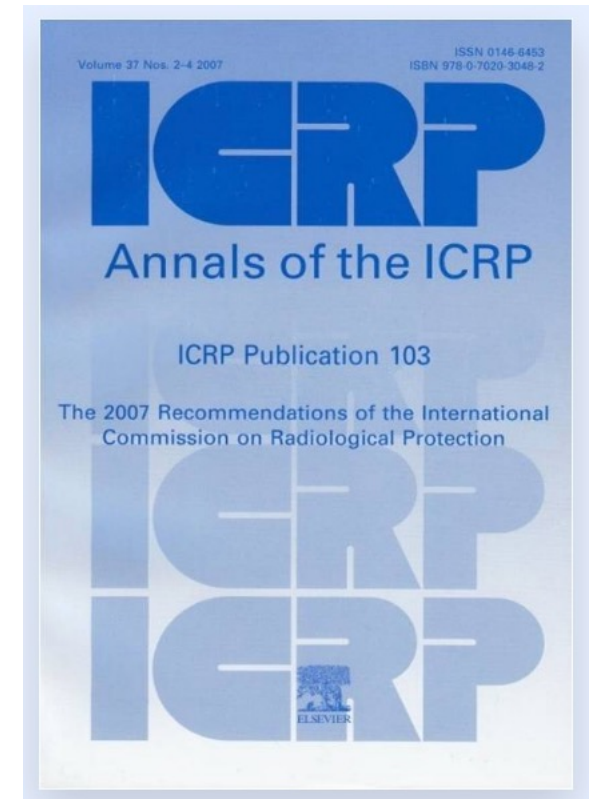


L'avanzamento normativo



Perché una nuova direttiva ?

Necessità di aggiornamento delle norme fondamentali in considerazione delle nuove raccomandazioni della **Commissione Internazionale per la Protezione Radiologica (ICRP)**, in particolare quelle contenute nella pubblicazione n.103 dell'ICRP e revisione alla luce delle nuove acquisizioni scientifiche e dell'esperienza operativa recente pubblicata nel 2007.



Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

L 13



Edizione
in lingua italiana

Legislazione

57° anno
17 gennaio 2014

Sommario

II *Atti non legislativi*

DIRETTIVE

- ★ **Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5 dicembre 2013, 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**

La Direttiva 2013/59/Euratom

Entrata in vigore

Entrata in vigore La direttiva 2013/59/Euratom è stata pubblicata in Gazzetta il 17/1/2014 ed è entrata in vigore il **7/2/2014**

Abrogazione delle precedenti direttive

Le direttive 89/618/Euratom, 90/641 /Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom saranno abrogate dal 6 febbraio 2018

Gli Stati membri devono conformarsi alla direttiva entro il 6 febbraio 2018

La Direttiva 2013/59/Euratom

In verità dal 2007 anno in cui è stata pubblicata l'ICRP 103 ad oggi sono state pubblicate numerose altre linee guida arrivando fino alla pubblicazione all'**ICRP 152**.

In particolar **modo alcune di queste pubblicazioni hanno già superato l'ICRP 103 come ad esempio:**

- ICRP 149 – misure in Brachiterapia
- ICRP 132 – ha aggiornato le indicazioni sul Personale Navigante
- ICRP 126 - ha già aggiornato le indicazioni sul Radon
- ICRP 121 – ha aggiornatole indicazioni per la radiologia pediatrica ed interventistica
- ICRP 120 – ha aggiornato le indicazioni in Cardiologia
- ICRP 105 – ha aggiornato le indicazioni per la Radioprotezione in Medicina

Il recepimento della 2013/59/Euratom

Un iter complesso

Le attività di recepimento della direttiva 2013/59/EURATOM sono iniziate con la costituzione di un **Gruppo di Lavoro** coordinato dalla Direzione Generale Energia del MISE che ha avviato i lavori il 4 aprile 2014.

L'attività si è interrotta per decadenza della legge delega per poi riprendere con una nuova LEGGE 4 ottobre 2019, n. 117 Delega al Governo per il recepimento delle direttive europee e l'attuazione di altri atti dell'Unione europea - Legge di delegazione europea 2018. (19G00123) (GU n.245 del 18-10-2019)

Il recepimento della 2013/59/Euratom

Un iter complesso

La Legge Delega stabiliva all'Art. 20 alcuni principi da dover adottare nel recepimento:

- Emanazione di un nuovo testo normativo di **riassetto e semplificazione della disciplina** di cui al decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, ovvero di un testo unico volto al riordino e all'armonizzazione della normativa di settore (*punto 1 lettera a*)
- **Mantenimento**, ove già previste dalla normativa nazionale vigente, delle misure di protezione dei lavoratori e della popolazione più rigorose rispetto alle norme minime stabilite dalla direttiva 2013/59/Euratom (*punto 1 lettera e*)

Un iter complesso

La Legge Delega stabiliva all'Art. 20 alcuni principi da dover adottare nel recepimento:

- Provvedere alla **razionalizzazione e alla semplificazione dei procedimenti autorizzativi** (*punto 1 lettera b*)
- Provvedere alla revisione e alla **razionalizzazione dell'apparato sanzionatorio amministrativo e penale** al fine di definire sanzioni efficaci, proporzionate e dissuasive nonchè di conseguire una maggior efficacia nella prevenzione delle violazioni (*punto 1 lettera l*)

Il recepimento della 2013/59/Euratom

Un iter complesso

In generale dalla lettura completa della Legge Delega si desumeva chiaramente il principio per cui si doveva:

- Mantenere quanto aveva funzionato dalla precedente normativa
- Integrando i nuovi aspetti introdotti dall'Euratom
- **Senza introdurre nuovi adempimenti non previsti dall'Euratom**

Convocazione del Consiglio dei Ministri n. 59

29 Luglio 2020

Il Consiglio dei Ministri, convocato in data odierna, alle ore 20.00, a Palazzo Chigi, esaminerà il seguente ordine del giorno:

- **DECRETO-LEGGE:** Misure urgenti connesse con la scadenza della dichiarazione di emergenza epidemiologica da COVID-19 deliberata il 31 gennaio 2020 (PRESIDENZA);
- **DISEGNO DI LEGGE:** Disposizioni per l'adempimento degli obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia all'Unione europea - LEGGE EUROPEA 2019 - 2020 (AFFARI EUROPEI);
- **DECRETO LEGISLATIVO:** 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 - ESAME DEFINITIVO (AFFARI EUROPEI - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - LAVORO - AMBIENTE);

Dopo 6 anni di attesa, Due Leggi Delega, un lunghissimo percorso burocratico, finalmente lo scorso 27/08/2020 è entrato in vigore il D.Lgs. 101/20 che recepisce la direttiva 2013/59/Euratom

Oltre 2 anni il limite del 6/2/2018 !

Ma.....

A valle dell'emanazione del Decreto la Commissione Europea ha aperto una ulteriore procedura di infrazione (n.2018/2044) a causa di criticità nel recepimento.

E' quindi stato necessario attuare un correttivo approvato il 22 novembre 2022 u.s. dal Consiglio dei Ministri
D.Lgs. N. 203 del 2022

NORME EUROPEE SULL'ESPOSIZIONE ALLE RADIAZIONI IONIZZANTI

Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, di 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 (decreto legislativo – esame definitivo)

Struttura del D.Lgs. 101/20

Il Decreto Legislativo rappresenta un **Testo Unico** in materia di Radioprotezione ed è composto da:

- **17 TITOLI**
- suddivisi in **245 Articoli**
- **35 Allegati**
- Per un totale di **348 pagine**

.....a fonte delle 80 pagine della Direttiva suddivis in 109 Articoli !

TITOLI

Titolo I	Campo di applicazione e principi generali di protezione dalla rad. ionizzanti
Titolo II	Definizioni
Titolo III	Autorità competenti e funzioni di vigilanza
Titolo IV	Sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti
Titolo V	Lavorazioni minerarie
Titolo VI	Regime giuridico per importazione, produzione, commercio, trasporto e detenzione
Titolo VII	Regime autorizzativo e disposizioni per i rifiuti radioattivi
Titolo VIII	Particolari disposizioni per sorgenti sigillate ad alta attività e per le sorgenti orfane
Titolo IX	Impianti

TITOLI

- Titolo X** Sicurezza degli impianti nucleari e degli impianti di gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi
- Titolo XI** Esposizione dei lavoratori
- Titolo XII** Esposizione della popolazione
- Titolo XIII** Esposizioni mediche
- Titolo XIV** Preparazione e risposta alle emergenze
- Titolo XV** Particolari situazioni di esposizione esistente
- Titolo XVI** Apparato sanzionatorio
- Titolo XVII** Disposizioni transitorie e finali

Tipologie di Esposizione

ACCIDENTALE: Esposizione di singole persone a eventi accidentali.

MEDICA:

- Di persone come parte di un'indagine diagnostica o di un trattamento terapeutico.
- Di volontari inseriti in un programma di ricerca biomedica.
- Di persone non esposte per lavoro che volontariamente assistono pazienti.

PROFESSIONALE: Esposizione ricevuta nel corso e a causa di una attività lavorativa.

DELLA POPOLAZIONE: tutte le esposizioni che non sono lavorative o mediche.

Al RADON: L'esposizione al Rn-222 e, ove espressamente previsto ai suoi prodotti di decadimento.

Situazione di Esposizione

EMERGENZA: situazione di esposizione dovuta a un'emergenza

ESISTENTE: una situazione di esposizione che è già presente quando deve essere adottata una decisione sul controllo della stessa e per la quale non è necessaria o non è più necessaria l'adozione di misure urgenti;

PIANIFICATA: una situazione di esposizione che si verifica per l'uso pianificato di una sorgente di radiazioni o risulta da un'attività umana che modifica le vie d'esposizione in modo da causare un'esposizione o un'esposizione potenziale della popolazione o dell'ambiente. Le situazioni di esposizione pianificata possono includere le esposizioni normali e quelle potenziali

Principali modifiche introdotte dal D.Lgs. 101 del 2020 e ss.mm.ii in materia di radon



Il simbolo di pericolo nelle seguenti slide indica che c'è stata una modifica rispetto alla previgente legislazione

La Commissione Internazionale della Protezione Radiologica ([ICRP](#)) ha sottolineato l'ampiezza del problema di sanità pubblica relativa al Radon e ha formulato delle raccomandazioni specifiche già dal **1993** nella sua pubblicazione n. 65.

Esposizione da Radon



Nel D.Lgs. 101/2020, la protezione dal radon è all'interno del Titolo IV

Modificato dal D.Lgs. 203/22 all'interno del Capo II

Principali novità

1. Introduzione di una regolamentazione negli ambienti di vita (precedentemente esclusa)
2. Introduzione del Livello di Riferimento e applicazione del Principio di Ottimizzazione
3. Ridefinizione del quadro normativo per la protezione nei luoghi di lavoro
4. Introduzione della figura dell'Esperto in Interventi di Risanamento Radon
5. Previsione dell'introduzione del Piano Nazionale d'Azione per il Radon

Livello di riferimento



Art. 7, punto 86 del D.Lgs. 101/20

Livello di Riferimento: in una situazione di esposizione di emergenza o in una situazione (da livello di azione) di esposizione esistente, il livello di dose efficace o di dose equivalente o la concentrazione di attività al di sopra del quale non è appropriato consentire le esposizioni, derivanti dalle suddette situazioni di esposizione sebbene non rappresenti un limite di dose.

Livello di riferimento



Art. 7, punto 86 del D.Lgs. 101/20

modificato dal D.Lgs. 203/22

Livello di Riferimento: in una situazione di esposizione di emergenza o in una situazione ~~(da livello di azione)~~ di esposizione esistente, il livello di dose efficace o di dose equivalente o la concentrazione di attività al di sopra del quale non è appropriato consentire le esposizioni, derivanti dalle suddette situazioni di esposizione ~~sebbene non rappresenti un limite di dose~~ **anche se non è un limite che non può essere superato.**

Livello di riferimento radon



Art. 12 del D.Lgs. 101/20

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

Ambienti di vita

- a) **300 Bq/m³ per le abitazioni esistenti**
- b) **200 Bq/m³ per le abitazioni di nuova costruzione**

Ambienti di lavoro

- a) **300 Bq/m³ per i luoghi di lavoro**
- b) il livello di cui all'articolo 17, c. 4, è fissato in **6 mSv in termini di dose efficace annua** o del corrispondente valore di esposizione integrata annua riportato nell'Allegato II, sez. I, punto I

Campo di applicazione



Art. 16 del D.Lgs. 101/20

Le disposizioni 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.

Aggiunta definizione punto 86 bis: “luogo di lavoro sotterraneo”: ai fini dell’applicazione del Capo I del Titolo IV, locale o ambiente con almeno tre pareti sotto il piano di campagna, indipendentemente dal fatto che queste siano a diretto contatto con il terreno circostante o meno

Obbligo dell'Esercente



Art. 17 del D.Lgs. 101/20 modificato dall' Art. 5 D.Lgs. 203/22

Nei luoghi di lavoro di cui all'art.16 l'esercente è tenuto a completare le misurazioni della concentrazione media annua di attività di radon in aria entro 24 mesi decorrenti:

- a) dall'inizio dell'attività nell'ipotesi di cui all'articolo 16 comma 1, lettere a) e d) (luoghi di lavoro sotterranei e stabilimenti termali).**
- b) dalla pubblicazione nella GURI dell'elenco di cui all'articolo 11, comma 2, nell'ipotesi di cui all'articolo 16, comma 1, lettera b), o dall'inizio dell'attività, se questo è successivo (identificazione aree prioritarie).
- c) dalla pubblicazione nella GURI del Piano di cui all'articolo 10 o delle sue successive modifiche, nell'ipotesi di cui all'articolo 16, comma 1, lettera c) o dall'inizio dell'attività, se questo è successivo (specifiche tipologie di luoghi di lavoro).
- d) dall'inizio delle attività se questo è successivo al momento indicato nelle lettere b) e c).

Obbligo dell'Esercente



Art. 17 del D.Lgs. 101/20 modificato dall' Art. 5 D.Lgs. 203/22

1. Se la concentrazione del $R_n < LdR$, l'esercente elabora e conserva per 8 anni un documento contenente l'esito delle misurazioni nel quale è riportata la valutazione delle misure correttive attuabili. Tale documento costituisce parte integrante del DVR.
2. Se la concentrazione del $R_n > LdR$, l'esercente è tenuto a porre in essere misure correttive intese a ridurre le concentrazioni al livello più basso ragionevolmente ottenibile, avvalendosi dell'**esperto in interventi di risanamento** (art. 15), tenendo conto dello stato delle conoscenze tecniche e dei fattori economici e sociali
Dette misure sono completate entro due anni dal rilascio della relazione tecnica di cui al comma 6 e sono **verificate, sotto il profilo dell'efficacia, mediante nuova misurazione.**
L'esercente deve garantire il mantenimento nel tempo dell'efficacia delle misure correttive. A tal fine **ripete le misurazioni con cadenza quadriennale.**

Esperto in interventi di risanamento radon



Allegato II, Sezione I del D.Lgs. 101/20 modificato dal D.Lgs. 203/22

ART. 51

(Modifiche all'allegato II del decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101)

1. All'Allegato II del decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, sono apportate le seguenti modificazioni:
 - a) alla Sezione I – esposizione al radon:
 - 1) al paragrafo 2, la lettera a) è sostituita dalla seguente: “**abilitazione professionale** per lo svolgimento di attività di **progettazione di opere edili**”;
 - 2) al paragrafo 2, la lettera b) è sostituita dalla seguente: “*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;*”;
 - 3) fatto salvo quanto previsto dall'articolo 24, comma 3, del decreto legislativo 16 aprile 2016, n. 50, **l'iscrizione nell'albo professionale**.

Il Piano Nazionale D'Azione per il Radon

**PIANO NAZIONALE
D'AZIONE PER IL RADON
2023-2032**

Il piano nazionale avrà una durata decennale dal 2023 al 2032 e opererà su tre direttive:

Asse 1. Misurare: individuazione delle situazioni di maggiore esposizione

Asse 2. Intervenire: strumenti per la prevenzione e riduzione della concentrazione di radon indoor

Asse 3. Coinvolgere: informazione, educazione, formazione e divulgazione

**Il ruolo del CNI come organo proponente
rispetto all'avanzamento della tecnica**

La posizione del CNI



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



presso il
Ministero della Giustizia

CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI
05/11/2021 U-mp/7896/2021



Al Ministro della Salute
On. Roberto Speranza
segreteria.ministro@sanita.it

Al Sottosegretario di Stato
On. Pierpaolo Sileri
sileri.ufficio@sanita.it

Al Direttore Direzione Generale alla
Prevenzione Sanitaria
Dott. Giovanni Rezza
segr.dgprev@sanita.it

Al Direttore Direzione Generale delle
Professioni Sanitarie e delle risorse umane del
Servizio Sanitario Nazionale
Dott.ssa Rossana Ugenti
segreteria.dgrups@sanita.it

Al Ministro dell'Università
Prof.ssa Cristina Messa
segreteria.ministro@miur.it

Al Direttore Direzione Generale per lo studente,
lo sviluppo e l'internazionalizzazione della
formazione superiore
Dott.ssa Maria Letizia Melina
DGSINFS.segreteria@miur.it

Al Ministro della Giustizia
Prof.ssa Marta Cartabia
protocollo.gabinetto@giustizia.it

Al Ministro dello Sviluppo Economico
On. Giancarlo Giorgetti
segreteria.ministro@mise.gov.it

Al Sottosegretario di Stato
On. Vincenzo Amendola
segreteria.ministroaffarieuropei@governo.it

Al Segretario Generale
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Pres. Roberto Chieppa
r.chieppa@palazzochigi.it

Al Capo del Dipartimento per gli Affari
Giuridici e Legislativi
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Cons. Ermanno De Francisco
e.defrancisco@palazzochigi.it

OGGETTO: **Problematiche in merito al D.Lgs. n. 101 del 2020 alla luce del D.M. 27 febbraio 2020 n. 60**

Con la presente richiesta si dà seguito alle precedenti comunicazioni già trasmesse in materia, nonché alla riunione del Tavolo di Confronto promosso dal Dipartimento per le politiche europee di concerto con i rappresentanti del Ministero della Salute, del Ministero dell'Università e Ricerca e del Ministero di Giustizia, del quale si riporta uno stralcio di verbale trasmesso in data giovedì 20 maggio 2021 ore 17:59 a mezzo mail:

[...omissis...]

*Il Ministero della salute, Direzione generale della prevenzione sanitaria, **ha confermato la propria disponibilità a valutare e a recepire le istanze del CNI** anche al fine di valutare e presentare eventuali proposte correttive del decreto di recepimento, previo necessario allineamento con la Direzione generale delle professioni sanitarie del medesimo Ministero, anch'essa rappresentata in riunione.*

[...omissis...]

*In chiusura, **tenuto conto delle risultanze della riunione, si è pertanto concluso che il coordinamento delle successive attività sarà svolto dal Ministero della salute**, con le modalità che questo riterrà più opportune, e con la collaborazione del Ministero dell'università e del Ministero della giustizia, nonché con il coinvolgimento dei rispettivi uffici legislativi che si raccorderanno con l'ufficio legislativo affari europei per eventuali proposte correttive del decreto n. 101/20.*

Alla luce di ciò si rileva che, ad oggi, nessun passo avanti è stato fatto per risolvere la situazione presentata dal Consiglio Nazionale degli Ingegneri al fine di armonizzare la disciplina in materia con quanto oggi avviene a livello comunitario.

Per questo si ribadisce la necessità di dover risolvere la grave sperequazione che oggi grava sugli Ingegneri Biomedici dal momento che con il recepimento del D.Lgs. n. 101 del 2020 sono state demandate competenze proprie anche dell'Ingegnere Biomedico al solo Specialista in Fisica Medica, così come definito dalla legislazione italiana, senza armonizzare di fatto le competenze delle due figure.

Si richiamano quindi le modifiche necessarie al **D.Lgs. n. 101 del 2020** al fine di armonizzare lo stesso alla situazione legislativa comunitaria:

TITOLO II DEFINIZIONI - ART. 7 – Definizioni

148) "specialista in fisica medica": laureato in fisica **o in ingegneria biomedica** in possesso del diploma di specializzazione in fisica medica o fisica sanitaria e,



Esperto in Intervento Risanamento Radon

La proposta del CNI:

1. All'Allegato II del decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, sono apportate le seguenti modificazioni:
 - a) alla Sezione I – esposizione al radon:
 - 1) al paragrafo 2, la lettera a) è sostituita dalla seguente: “abilitazione professionale per lo svolgimento di attività di progettazione di opere edili **o impiantistiche ed essere iscritto al relativo albo professionale;**”
 - 2) al paragrafo 2, la lettera b) è sostituita dalla seguente: “b) partecipazione a corsi di formazione ed aggiornamento 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 **essere tenuti per almeno metà del monte ore da Esperti di Radioprotezione con abilitazione almeno di secondo grado e devono** prevedere una verifica della formazione acquisita. L'aggiornamento, da effettuarsi con cadenza triennale, della durata minima di 4 ore può essere ricompreso all'interno delle normali attività di aggiornamento professionale previste **dai rispettivi albi professionali**”;

Esperto in Intervento Risanamento Radon

La proposta del CNI:

3) al paragrafo 3, la lettera a) è sostituita dalla seguente: “Ai fini della misurazione della concentrazione media annua di attività di radon in aria, devono essere impiegati dispositivi di misurazione per un intero anno solare, mediante uno o più periodi di campionamento consecutivi, utilizzando metodiche di misura riferibili a norme tecniche nazionali o internazionali, **ovvero in casi speciali, misure istantanee in ragione della valutazione dell’Esperto di Radioprotezione incaricato**. Nell'ambito del Piano nazionale d'azione per il radon potranno essere definite ulteriori modalità di misurazione valide ai fini della determinazione della concentrazione media annua di attività di radon in aria.

Sarà specifica competenza dell’Esperto di Radioprotezione incaricato con abilitazione almeno di secondo grado: la definizione della metodologia da adottare, fornendo altresì le indicazioni specifiche e l’individuazione dei punti per lo svolgimento della campagna di misura, nonché il calcolo della dose efficace sia ante che post intervento di risanamento, attraverso la redazione di un’apposita relazione illustrativa attestante il buon esito dell’intervento stesso.

Il processo di bonifica

STEP 1

L'Esercente organizza una campagna di misurazione con **dosimetri passivi** avvalendosi di un **laboratorio accreditato**

STEP 2

Nel caso di superamento dei livelli di tenore di Radon imposti dal legislatore il Datore di Lavoro è tenuto ad **attuare degli interventi di bonifica** coinvolgendo una figura specifica ovvero un:

Esperti in interventi di risanamento radon (Ingegnere, Architetto o Geometra)

Il processo di bonifica

STEP 3

L'Esercente organizza una campagna di misurazione con **dosimetri passivi** avvalendosi di un **laboratorio accreditato** per verificare le risultanze dell'intervento di bonifica.

STEP 4

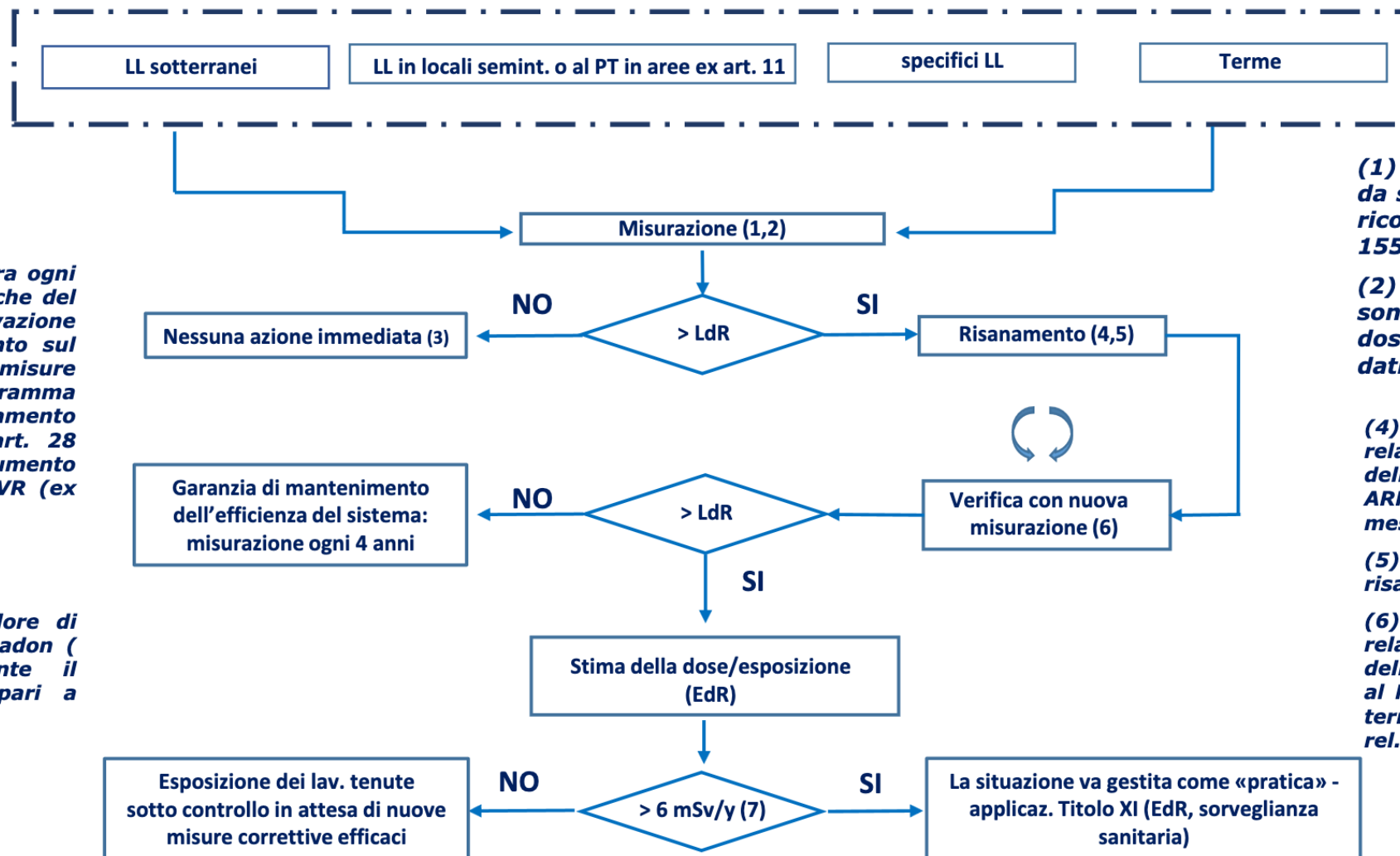
Qualora il tenore di radon non scenda al di sotto dei livelli di legge a seguito dell'intervento di bonifica l'Esercente è tenuto ad individuare un Esperto di Radioprotezione che effettui la **valutazione di dose ai lavoratori** come previsto dall'Art. 17 comma 4 del D.Lgs. 101/20.

Il processo di bonifica

STEP 5

Qualora dalle valutazioni di dose al lavoratore redatta dall'Esperto di Radioprotezione dovesse risultare un valore maggiore di 6 mSv/anno come stabilito all'Art. 12 comma 1 lettera d), il lavoratore che opera nell'ufficio viene inviato a **Visita Straordinaria** con un **Medico Autorizzato** ai sensi dell'Art. 141 comma 2 del D.Lgs. 101/20.

Il processo di bonifica



(3) Ripetizione della misura ogni 8 anni o in caso di modifiche del LL; elaborazione e conservazione (8 anni) di un documento sul valutazione delle misure correttive attuabili (programma per garantire il miglioramento dei livelli di sicurezza, art. 28 D.Lgs 81/08). Questo documento fa parte integrante del DVR (ex art. 17 D.Lgs 81/08).

(7) O corrispondente valore di esposizione integrata al radon ($895 \text{ kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$), mediante il fattore di conversione pari a (ICRP137)

(1) Le misure sono eseguite da servizi di dosimetria radon riconosciuti idonei (ex art. 155, 127).

(2) I risultati delle misure sono trasmessi dal serv. di dosim ogni 6 mesi alla banca dati nazionale c/o ISIN.

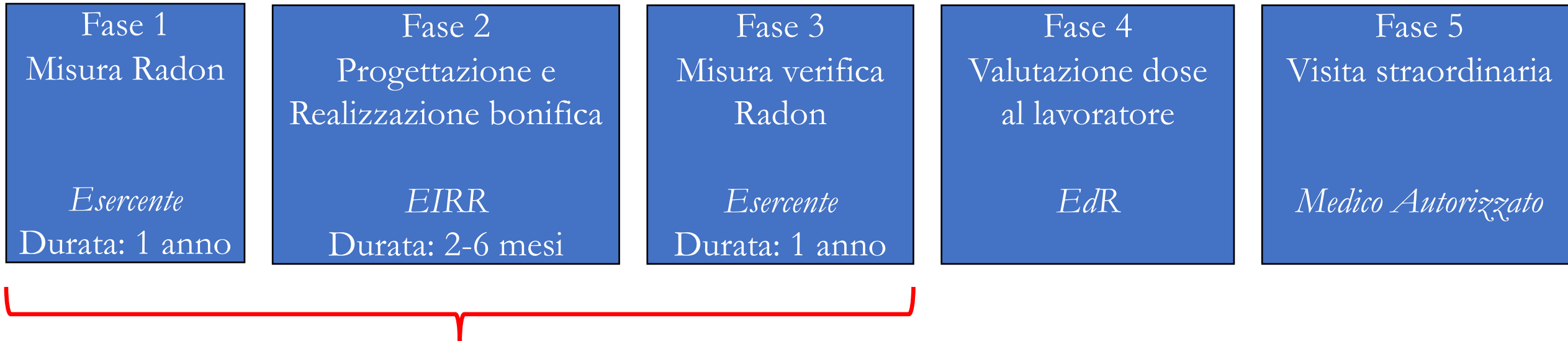
(4) Comunicazione con relazione tecnica e descrizione dell'attività al MLPS, SSN, ARPA/APPa, INL territoriali (1 mese dalla rel.tec.).

(5) Esperto in interventi di risanamento (ex art.15).

(6) Comunicazione con relazione tecnica e descrizione delle misure correttive adottate al MLPS, SSN, ARPA/APPa, INL territoriali (1 mese dalla rel.tec.).

Il processo di bonifica

Ma cosa comporta tutto ciò ?



Ne consegue che con l'attuale applicazione della legge il Lavoratore rischia di permanere per un periodo superiore a 2 anni con una concentrazione potenzialmente elevata di radon !

Soluzione ?

Cambiamo totalmente il paradigma !!

Fase 1
L'Esercente
incarica un EdR

Esercente

- Fase 2
- L'EdR conduce misure istantanee con strumentazione attiva e valuta quali azioni adottare a tutela dei lavoratori
 - L'EdR predispone la campagna di misure Radon anche con dosimetri passiva

EdR

Fase 3
Misura Radon

Esercente

Durata: 1 anno

Fase 4
L'EdR valuta le
risultanze delle
misure e da le
indicazioni all'EIRR

EdR

Fase 5
Progettazione e
Realizzazione bonifica

EIRR

Durata: 2-6 mesi

Fase 6
Misura verifica
Radon

Esercente

Durata: 1 anno

Fase 7
Valutazione dose
al lavoratore

EdR

Fase 8
Visita straordinaria

Medico Autorizzato

Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità

ART. 8

Esposizione a radiazioni Ionizzanti

(decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, art. 69)

1. Le donne, durante la gravidanza, non possono svolgere attività in zone classificate o, comunque, essere adibite ad attività che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda un millisievert durante il periodo della gravidanza.
2. È fatto obbligo alle lavoratrici di comunicare al datore di lavoro il proprio stato di gravidanza, non appena accertato.
3. È altresì vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione.

Obbligo dell'Esercente



Art. 17 del D.Lgs. 101/20 modificato dall' Art. 5 D.Lgs. 203/22

1. Se la concentrazione del $R_n < LdR$, l'esercente elabora e conserva per 8 anni un documento contenente l'esito delle misurazioni nel quale è riportata la valutazione delle misure correttive attuabili. Tale documento costituisce parte integrante del DVR.
2. Se la concentrazione del $R_n > LdR$, l'esercente è tenuto a porre in essere misure correttive intese a ridurre le concentrazioni al livello più basso ragionevolmente ottenibile, avvalendosi dell'**esperto in interventi di risanamento** (art. 15), tenendo conto dello stato delle conoscenze tecniche e dei fattori economici e sociali

Dette misure sono completate entro due anni dal rilascio della relazione tecnica di cui al comma 6 e sono **verificate, sotto il profilo dell'efficacia, mediante nuova misurazione.**

L'esercente deve garantire il mantenimento nel tempo dell'efficacia delle misure correttive. A tal fine **ripete le misurazioni con cadenza quadriennale.**

Il ruolo dell'Esperto di Radioprotezione

Art. 130

Attribuzioni dell'Esperto di Radioprotezione

1. L'esperto di radioprotezione, nell'esercizio della sorveglianza fisica per conto del datore di lavoro

[...omissis...]

g) assiste, nell'ambito delle proprie competenze, il datore di lavoro:

[...omissis...]

9) nell'individuazione delle condizioni di lavoro delle lavoratrici in stato di gravidanza e in periodo di allattamento;

La proposta del CNI

Soluzione ?

Cambiamo totalmente il paradigma !!

Fase 1

L'Esercente
incarica un EdR

Esercente

Fase 2

- L'EdR conduce misure istantanee con strumentazione attiva e valuta quali azioni adottare a tutela dei lavoratori e delle lavoratrici
- L'EdR predispose la campagna di misure Radon anche con dosimetri passiva

Fase 3

Misura Radon

Esercente

Durata: 1 anno

Fase 4

L'EdR valuta le
risultanze delle
misure e da le
indicazioni all'EIRR

EdR

Fase 5

Progettazione e
Realizzazione bonifica

EIRR

Durata: 2-6 mesi

Fase 6

Misura verifica
Radon

Esercente

Durata: 1 anno

Fase 7

Valutazione dose
al lavoratore

EdR

Fase 8

Visita straordinaria

Medico Autorizzato

Il progetto RadoNorm



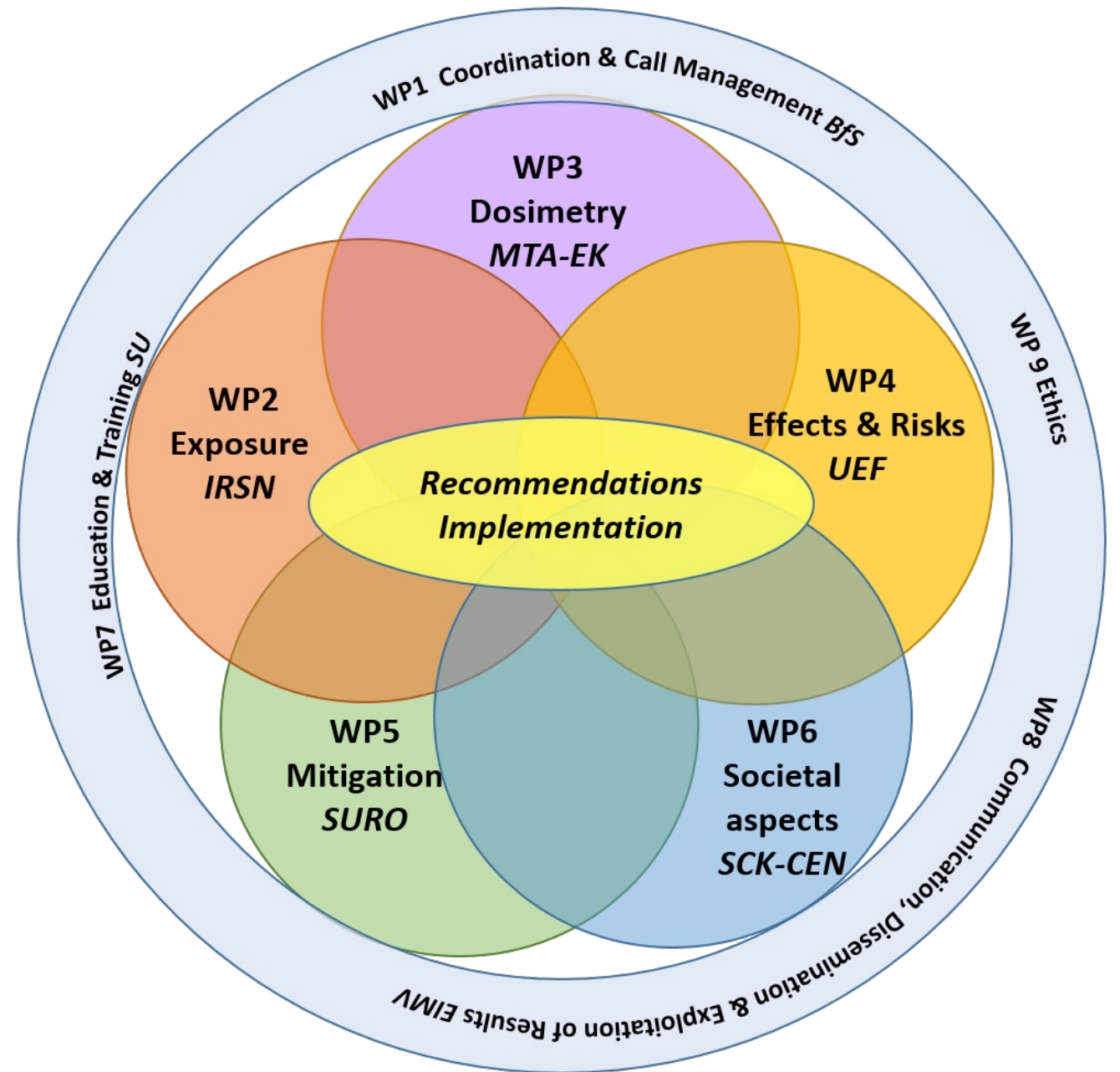
RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Il progetto RadoNorm nell'ambito di **Horizon 2020** finanziato dall'**EURATOM** mira a gestire il rischio derivante dalle situazioni di esposizione al Radon e ai NORM per garantire un'efficace protezione dalle radiazioni basata su prove scientifiche migliorate e considerazioni sociali.

RadoNorm

Il progetto mira a ridurre le incertezze scientifiche, tecniche e sociali:

1. avviare ricerche e sviluppi tecnici
2. integrare la formazione in tutte le attività di ricerca del progetto
3. diffondere i risultati del progetto attraverso azioni mirate al pubblico e ai legislatori.



RadoNorm

WP1 <i>Coordination, Management and Administration – BfS, Germany</i>	WP2 <i>Exposure IRSN, France</i>	WP3 <i>Dosimetry EK, Hungary</i>	WP4 <i>Effects and Risks UEF, Finland</i>
→ WP1 Tasks → WP1 Objectives	→ WP2 Objectives → WP2 Tasks	→ WP3 Objectives → WP3 Tasks	→ WP4 Objectives → WP4 Tasks
WP5 <i>Mitigation SURO, Czech Republic</i>	WP6 <i>Societal aspects SCK-CEN, Belgium</i>	WP7 <i>Education and Training SU, Sweden</i>	WP8 <i>Communication, dissemination and exploitation of results – EIMV, Slovenia</i>
→ WP5 Objectives → WP5 Tasks	→ WP6 Objectives → WP6 Tasks	→ WP7 Objectives → WP7 Tasks	→ WP8 Objectives → WP8 Tasks

Il **Work Package 5** è incentrato su: Nuove strategie di mitigazione e ottimizzazione dei sistemi esistenti utilizzando metodi e tecniche di mitigazione innovativi applicati nella radioprotezione del pubblico in generale, dei lavoratori e dell'ambiente contro l'esposizione al Radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro e le esposizioni in NORM.

Miglioramento dell'efficienza e della sostenibilità dei sistemi di mitigazione del radon attraverso:

1. Aumentare la conoscenza sulle modalità di ingresso del Radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro.

2. Ottimizzare le tecniche di ventilazioni per la mitigazione negli edifici esistenti e le tecniche di costruzione per i nuovi edifici, anche attraverso il monitoraggio in continua del tenore di Radon con elementi attivi.

3. Raccolta e analisi delle informazioni acquisite dalle esperienze già realizzate per la mitigazione del Radon.



WP1 Coordination, Management and Administration – BfS, Germany	WP2 Exposure IRSN, France	WP3 Dosimetry EK, Hungary	WP4 Effects and Risks UEF, Finland
→ WP1 Tasks → WP1 Objectives	→ WP2 Objectives → WP2 Tasks	→ WP3 Objectives → WP3 Tasks	→ WP4 Objectives → WP4 Tasks
WP5 Mitigation SURO, Czech Republic	WP6 Societal aspects SCK-CEN, Belgium	WP7 Education and Training SU, Sweden	WP8 Communication, dissemination and exploitation of results – EIMV, Slovenia
→ WP5 Objectives → WP5 Tasks	→ WP6 Objectives → WP6 Tasks	→ WP7 Objectives → WP7 Tasks	→ WP8 Objectives → WP8 Tasks

Task 3.3 - Valutazione della dose per sottogruppi specifici della popolazione

Subtask 3.3.1 Un modello completo per la dose all'embrione e al feto

Subtask 3.3.2 Peculiarità dosimetriche dei bambini di diverse età

Subtask 3.3.3 Effetti delle malattie polmonari sulla dose assorbita e sulla distribuzione della dose nel polmone

Subtask 3.3.1 A comprehensive model for the dose to embryo and foetus

Verrà sviluppato un modello completo per la dose all'embrione e al feto.

- Partendo dalle più recenti strutture modello biocinetiche presentate nelle ultime pubblicazioni dell'ICRP, verrà preso in considerazione il trasferimento dei radioisotopi dalla madre al feto attraverso la placenta e la loro distribuzione negli organi dell'embrione/feto nelle diverse fasi della gravidanza.
- Verrà inoltre sviluppato un modello specifico per valutare le dosi ai neonati in allattamento dovute all'incorporazione di radionuclidi presenti nel latte materno dopo l'esposizione al radon e alla sua progenie.

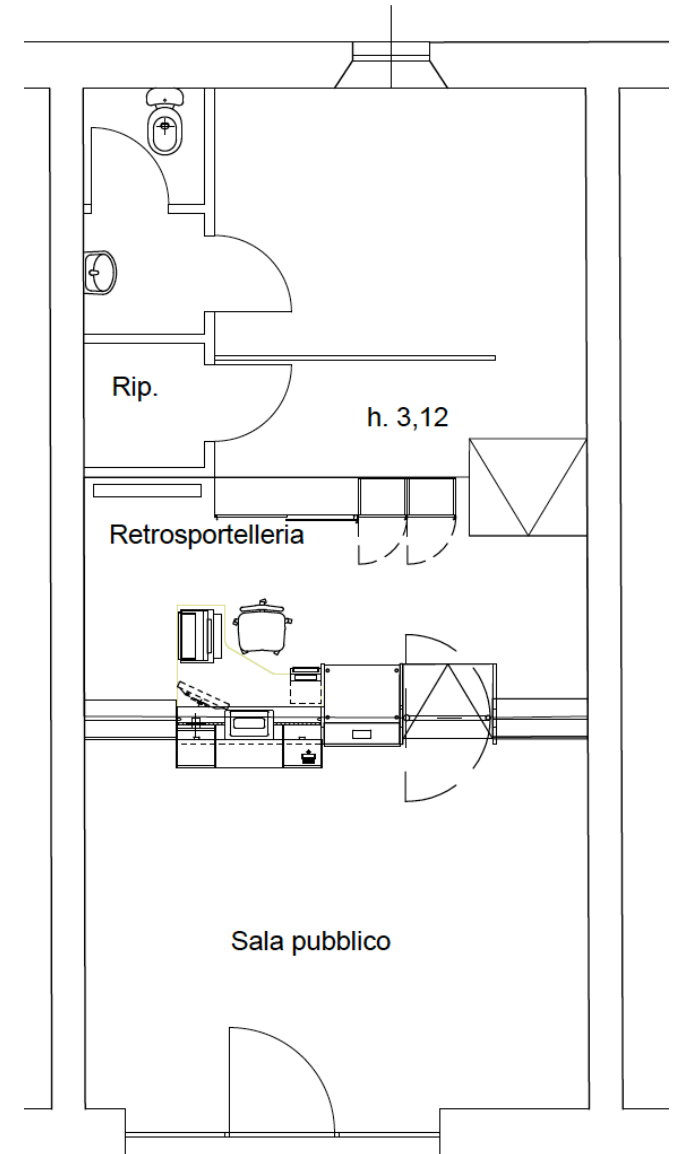
Caso Studio

Caso Studio

Prendiamo in considerazione un caso di studio che ha una storia a cavallo tra l'entrata in vigore del D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii e il successivo D.Lgs. 101/20.

Trattasi di un piccolo ufficio aperto al pubblico 8 ore al giorno di una società che eroga servizi alla persona per cui i dipendenti occupano il luogo di **lavoro 8 ore al giorno per 5 giorni settimana.**

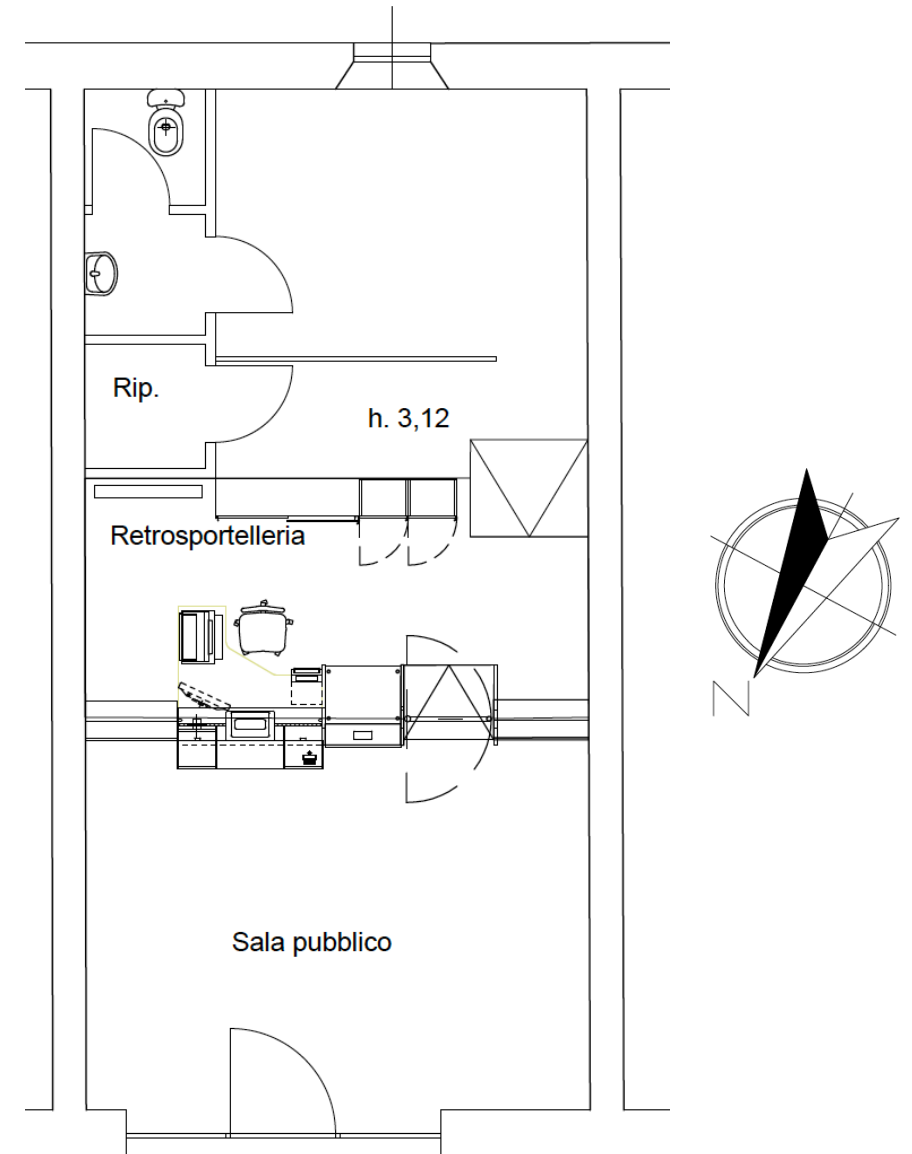
L'ufficio è composto da un **unico ambiente + ripostiglio + bagno e antibagno**



Caso Studio

Caratteristiche principali:

- Ambiente posto a piano terreno
- Dimensioni 10,66 m profondità
 5,25 m larghezza
 3,12 m altezza
- Confinato lateralmente da ulteriori proprietà
- Posizionato in maniera quasi allineata rispetto al nord geografico
- Attacco diretto a retta senza vespaio
- Affaccia direttamente su strada pubblica



Caso Studio

La storia

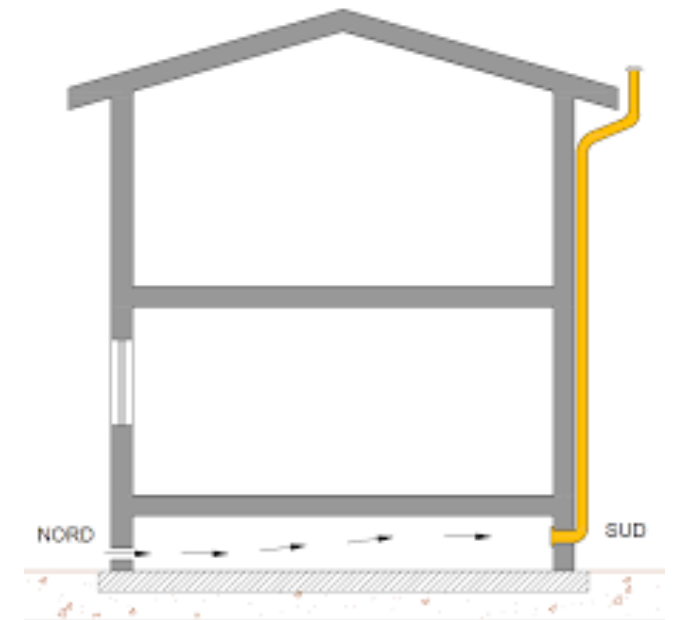
1. In data 01/09/2018 il Datore di Lavoro avviava una campagna di misurazione radon con dosimetri tipo CR39 posizionati con cadenza semestrale per un anno di osservazione.
2. Dalle rilevazioni effettuate con due dosimetri posti a distanza superiore a 30 cm dal muro all'interno dell'ufficio è risultata una concentrazione di Radon pari a:
 - **980 ± 35 Bq/m³** nel periodo 01/09/19 – 31/01/19
 - **724 ± 48 Bq/m³** nel periodo 01/02/19 – 31/08/19
3. In data 12/10/2019 l'Esperto Qualificato, incaricato dal DL ai sensi del D.Lgs. 230/95, attestava che un lavoratore operante presso l'ufficio, secondo il carico di lavoro delle **40 ore/settimana**, incorreva in una Dose Efficace Impegnata al più pari a **2,71 mSv/anno**.

Caso Studio

Ciò stante in Datore di Lavoro richiedeva l'adozione di operazioni di bonifica tese a portare il valore al di sotto dei **500 Bq/m³**.

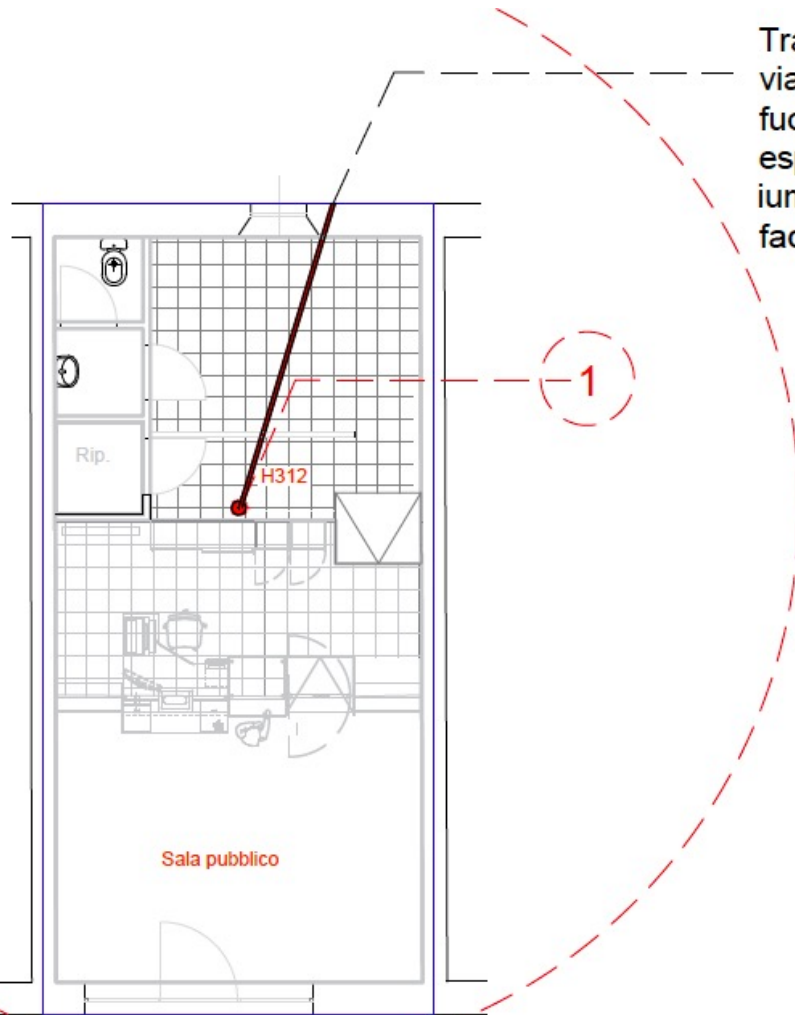
L'immobile non presenta un vespaio e affaccia su strada.

Pertanto seppure la direzione praticamente allineata al nord geografico avrebbe permesso di poter depressurizzare il terreno sfruttando il gradiente termico tra le pareti nord e sud dell'immobile tale tipologia di intervento non è stata possibile.



Quindi si è ritenuto di poter realizzare un **pozzetto di depressurizzazione del terreno** così da abbattere il tenore di radon all'interno dell'edificio.

Progettazione pozzetto di depressurizzazione



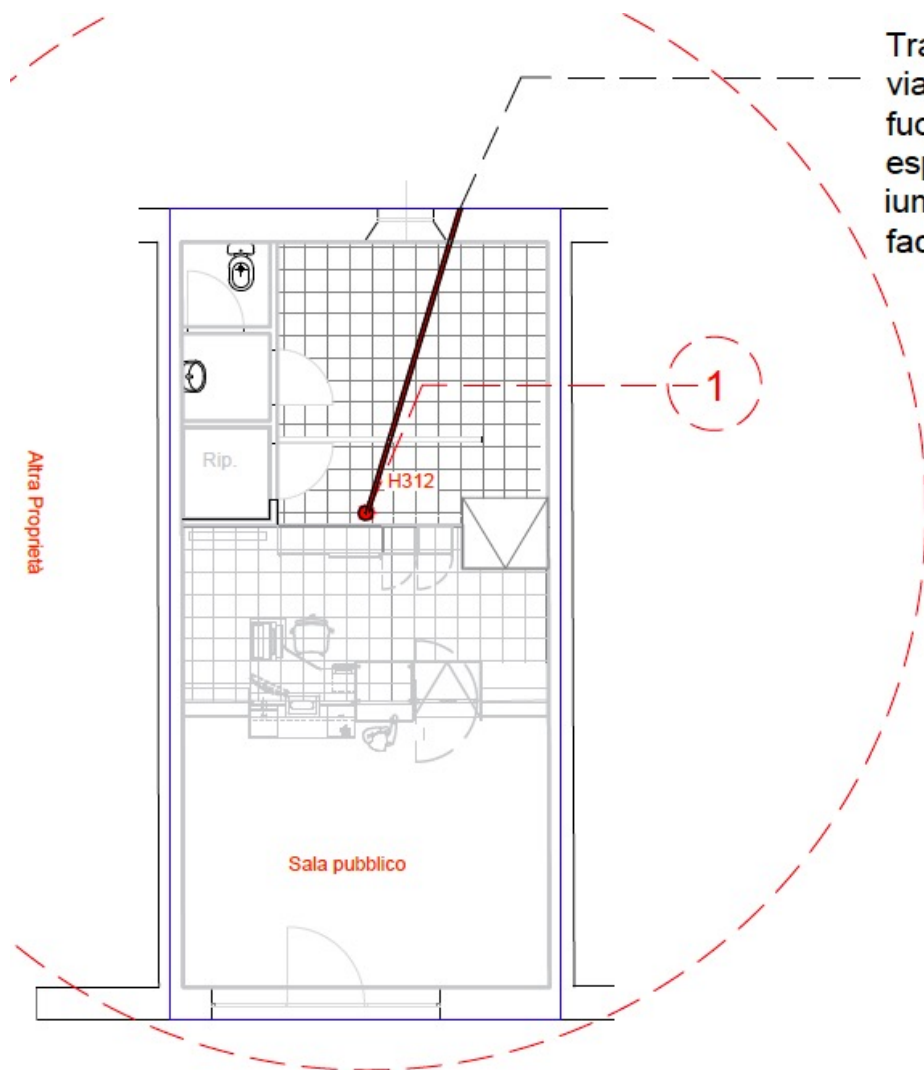
Tratto tubazione che dovrà viaggiare a controsoffitto e fuoriuscire nell'attuale foro espulsione aria non impiegato e presente in facciata



Per far ciò si è provveduto a dimensionare un pozzetto che potesse garantire una depressurizzazione del sottosuolo, da posizionare al centro del locale principale così che contenesse l'intero immobile.

Per un dimensionamento corretto del pozzetto servirebbe uno studio geologico per capire la tipologia di terreno

Progettazione pozzetto di depressurizzazione

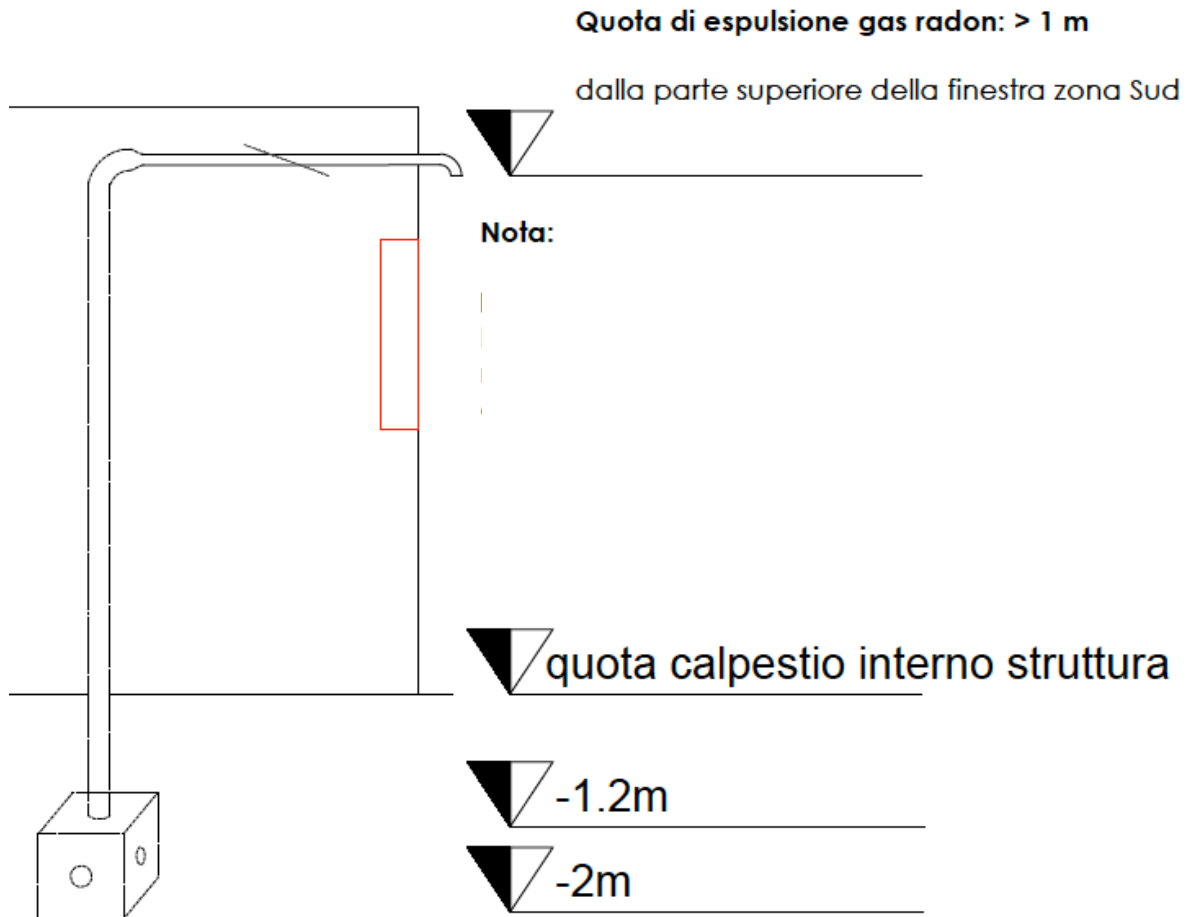


Tratto tubazione che dovrà viaggiare a controsoffitto e fuoriuscire nell'attuale foro espulsione aria non iumpiegato e presente in facciata



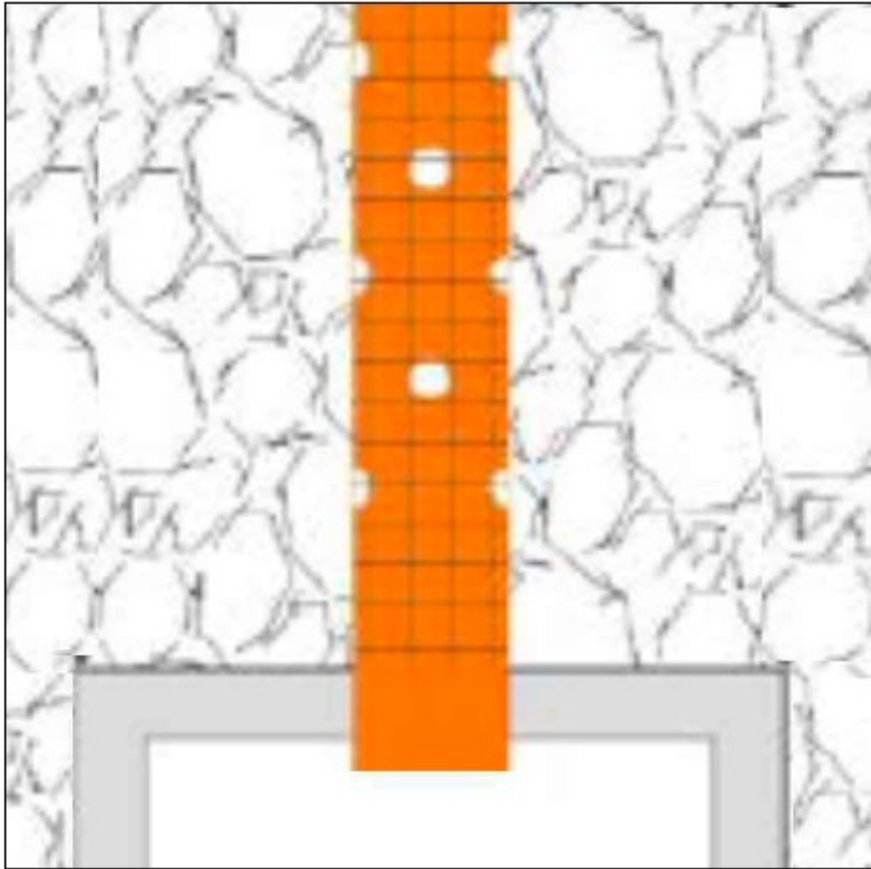
Tenuto conto che il terreno non è di origine argillosa, ma misto di terra e pietrisco si è ritenuto di poter utilizzare **un pozzetto delle dimensioni di 80 x 80 x 80 cm³** capace normalmente di **depressurizzare un'area di circa 10-12 metri di diametro.**

Progettazione pozzetto di depressurizzazione



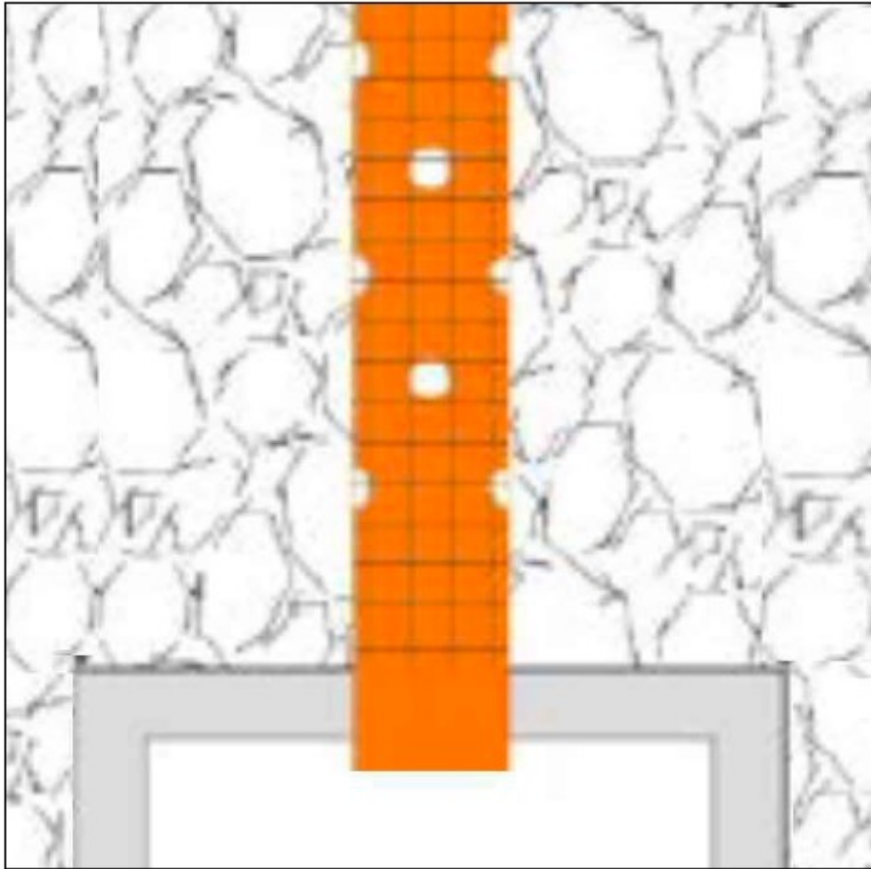
- Il pozzetto è stato progettato ad una profondità pari a **200 cm dal piano di calpestio**.
- Una tubazione in PVC avrebbe collegato il pozzetto con l'esterno dell'edificio permettendo al gas radon di fuoriuscire.
- Diametro **tubo parte interrata 20 cm**
- Diametro tubo fuori terra 5 cm

Progettazione pozzetto di depressurizzazione



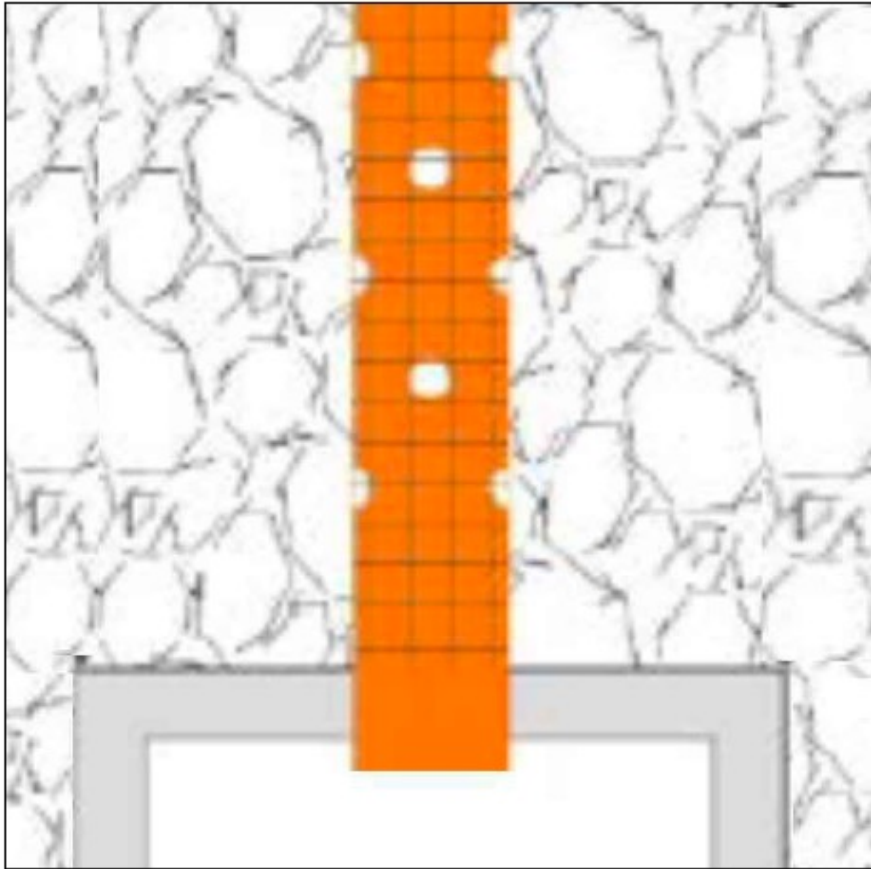
- Applicazione tutto attorno alle 6 facce del pozzetto di pietrisco grossolano di dimensioni non inferiori a 5-6 cm al fine di evitare l'introduzione di terra o altro nei fori del pozzetto.
- Lo spessore del quantitativo di pietrisco tale da garantire un **riempimento per lato non inferiore a 50 cm**

Progettazione pozzetto di depressurizzazione



- Foratura del pozzetto con diametro 20 cm sulle 6 facce.
- Applicazione di un tessuto geotessile ed una rete magliata con passo non superiore a 0,5 cm all'interno del pozzetto in corrispondenza delle 5 facce (ad eccezione di quella in alto al fine di garantire un miglior drenaggio).

Progettazione pozzetto di depressurizzazione



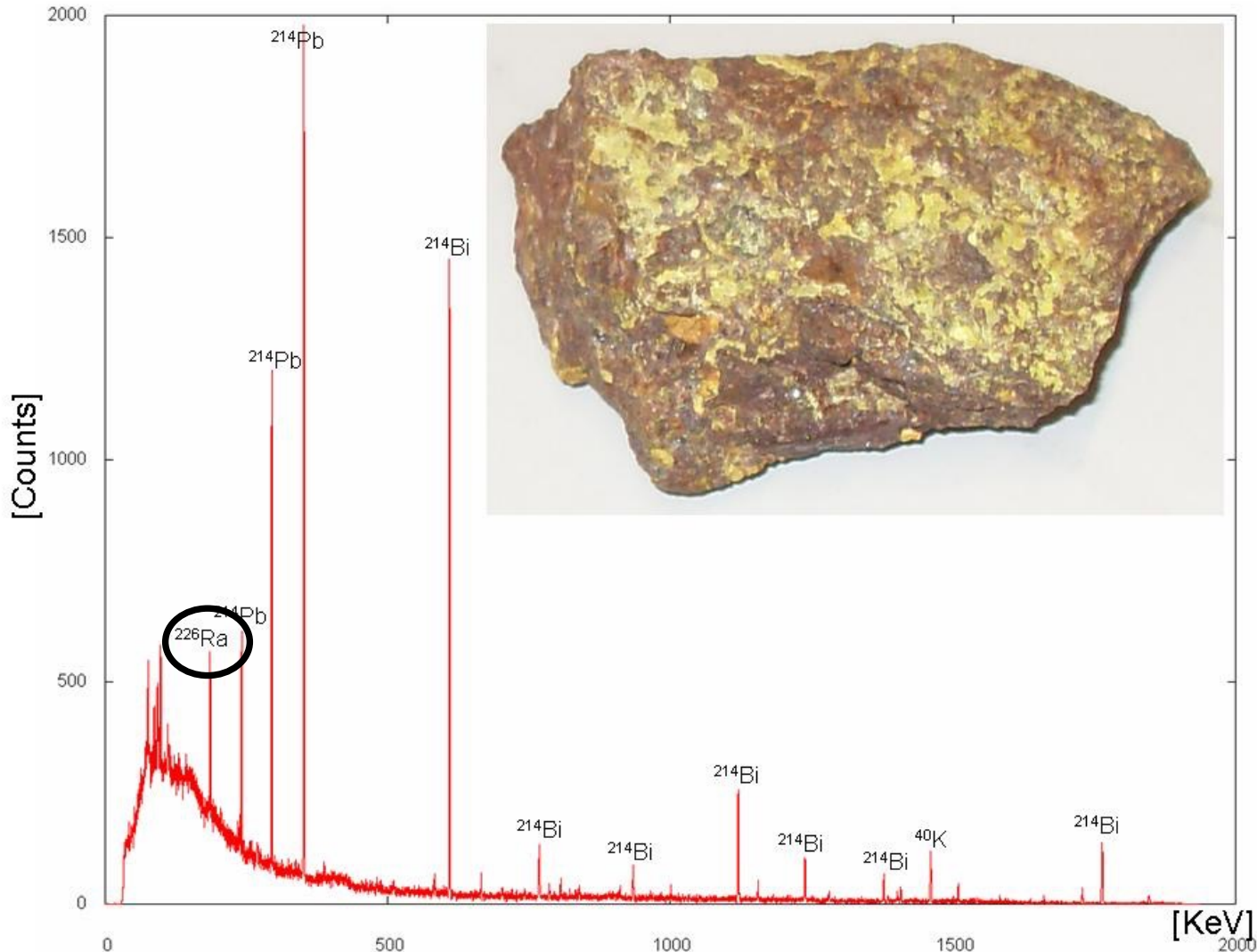
- Inserimento del tubo in PVC da 20 cm di diametro nel foro superiore del pozzetto.
- Tale tubo dovrà essere preventivamente forato con n. 4 fori (per l'intera parte interrata) da 2 cm di diametro da ripetere con passo 10 cm circa.
- Anche al tubo applicare tessuto geotessile ed una rete magliata per evitare l'introduzione del pietrisco

Spettrometria Gamma del terreno



- Prima di decidere di attuare una tecnica comportante la depressurizzazione del sottosuolo sarebbe importante verificare la composizione dello stesso attraverso una **Spettrometria Gamma** attraverso il coinvolgimento di laboratori dosimetrici accreditati.

Spettrometria Gamma del terreno



- Attraverso la Spettrometria è possibile verificare la presenza di Uranio-238 e quindi di Radio-226 nel sottosuolo.
- Parimenti sarebbe importante verificare la concentrazione di Radio-226 nel pietrisco che viene utilizzato per il riempimento.

Caso Studio

Ciò stante in Datore di Lavoro richiedeva l'adozione di operazioni di bonifica tese a portare il valore al di sotto dei **500 Bq/m³**.

La società che occupa l'immobile è in affitto.

Dall'interlocuzione con il proprietario dell'immobile si è dovuta escludere la possibilità di depressurizzare il terreno con un pozzetto non avendo la disponibilità da parte del proprietario a svolgere lavori così invasivi sul pavimento dell'immobile.

Si è deciso di ricorrere ad un sistema di aspirazione del gas radon.

Caso Studio

Per questo al fine di dimensionare correttamente l'impianto di aspirazione si è provveduto a svolgere una campagna di misure con strumentazione attiva al fine di verificare il **tempo di saturazione**.

Le misure sono state effettuate con strumentazione AlphaGuard.

T_0 = Misura svolta con porte e finestre aperte da 2 ore

T_1 = Misura a distanza di 20 minuti dalla chiusura delle porte e finestre

T_2 = Misura a distanza di 40 minuti dalla chiusura delle porte e finestre

T_N = Misura a distanza di $N \times 20$ minuti dalla chiusura delle porte e finestre con concentrazione pari a quella di riferimento nel periodi in questione.



Caso Studio

I risultati di questa campagna di misura hanno mostrato i seguenti valori:

T ₂	T ₋₁	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
Ore 11.00	Ore 12.00	Ore 13.00	Ore 13.20	Ore 13.40	Ore 14.00
Porta e Finestra Aperte da 1 ora	Porta e Finestra Aperte da 2 ore	Porta e Finestra Aperte da 3 ore	Porta e Finestra Aperte chiuse da 20 minuti	Porta e Finestra Aperte chiuse da 40 minuti	Porta e Finestra Aperte chiuse da 60 minuti
230 ± 23 Bq/m ³	212 ± 33 Bq/m ³	215 ± 27 Bq/m ³	223 ± 16 Bq/m ³	235 ± 26 Bq/m ³	254 ± 23 Bq/m ³
T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
Ore 14.20	Ore 14.40	Ore 15.00	Ore 15.20	Ore 15.40	Ore 16.00
Porta e Finestra Aperte chiuse da 90 minuti	Porta e Finestra Aperte chiuse da 120 minuti	Porta e Finestra Aperte chiuse da 150 minuti	Porta e Finestra Aperte chiuse da 180 minuti	Porta e Finestra Aperte chiuse da 210 minuti	Porta e Finestra Aperte chiuse da 240 minuti
262 ± 21 Bq/m ³	268 ± 32 Bq/m ³	265 ± 37 Bq/m ³	280 ± 22 Bq/m ³	289 ± 27 Bq/m ³	311 ± 14 Bq/m ³

Si rileva come nel tempo di **3 ore** in assenza di ventilazione vi sia un aumento di **100 Bq/m³**

Caso Studio

Considerazioni

- Si rileva come anche una ventilazione completa del locale, seppur di dimensioni contenute, lasciando porta e finestre aperte sia in realtà insufficiente ad abbattere completamente il valore della concentrazione di radon.
- Si assume in valore di base pressoché stabile pari a 215 Bq/m^3 .
- Chiudendo porta e finestre con il solo impianto di ventilazione ordinaria acceso si registra un aumento di circa 100 Bq/m^3 ogni 3 ore ad impianto attivo.
- Seppure l'impianto avesse lavorato ininterrottamente tutta la notte non si sarebbe ottenuto un abbattimento dal momento che:

$$215\text{Bq/m}^3 + 100\text{Bq/m}^3 * 24\text{h}/3\text{h} = 1.010\text{Bq/m}^3 \approx 980\text{Bq/m}^3 = \text{Valore rilevato con CR39}$$

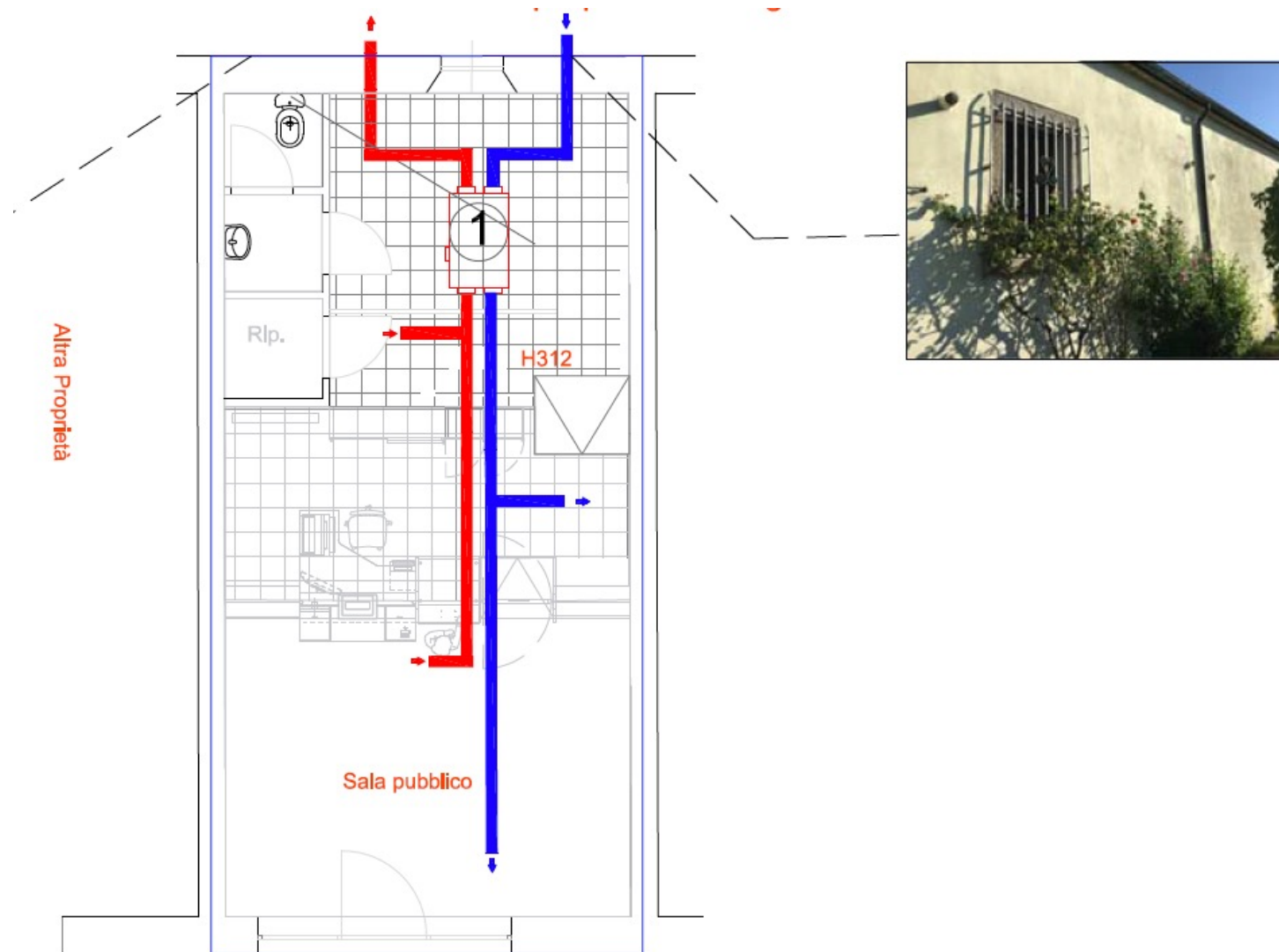
Caso Studio

Considerazioni

- Ne consegue che, in conformità a quanto rilevato sperimentalmente l'impianto già esistente seppure fosse attivato per 24h non sarebbe sufficiente.
- Per abbattere la concentrazione di radon dagli attuali 1.000 Bq/m^3 circa al di sotto dei 500 Bq/m^3 di legge, si è reso necessario un impianto capace di almeno tre volte la portata attuale, così da garantire un'attenuazione pari a $1/3$ dell'attuale concentrazione di radon, quindi ad un valore all'incirca pari a 300 Bq/m^3 .
- Tale impianto dovrebbe essere ulteriore rispetto all'impianto già esistente.
- Si è deciso di operare con l'introduzione di un impianto addizionale facendo lavorare i due impianti 24h/24h.

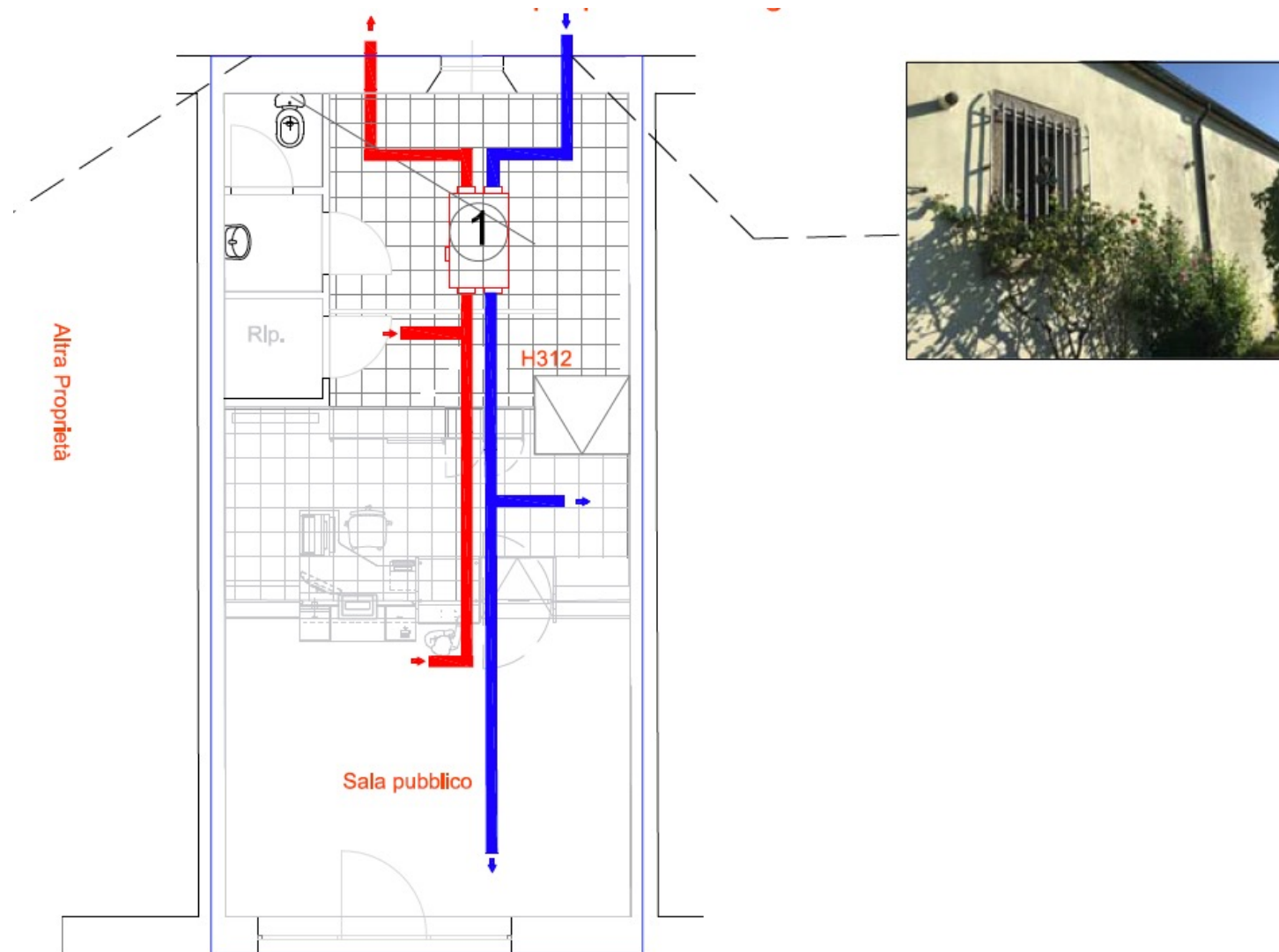
Progettazione impianto di aspirazione

- Si decide di realizzare un impianto in grado di **fornire il ricircolo dell'aria** garantendo il **confort del lavoratore.**
- L'impianto prevede:
 - n. 2 punti di aspirazione aria
 - n. 2 punti di immissione aria
- Il Volume totale dell'ambiente è pari a **175 m³**



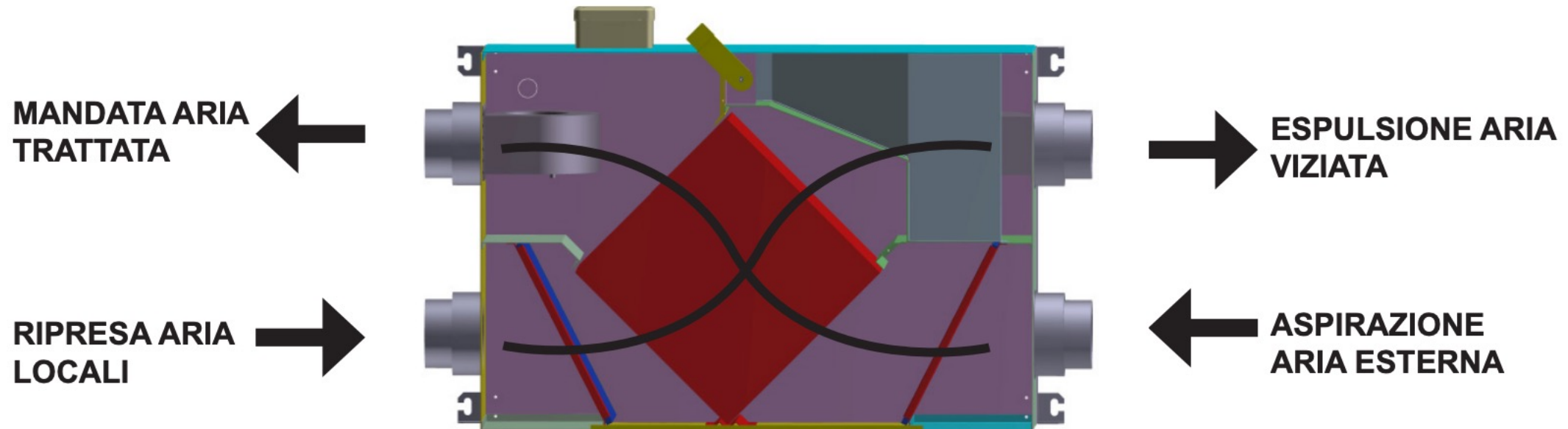
Progettazione impianto di aspirazione

- Nell'ufficio è presente un sistema di aereazione da $250 \text{ m}^3/\text{h}$ capace di garantire **1,4 ricambi di aria all'ora**.
- Si è deciso di installare un recuperatore di calore capace di garantire ulteriori $500 \text{ m}^3/\text{h}$ di portata così da poter garantire **oltre 4 ricambi di aria l'ora**.



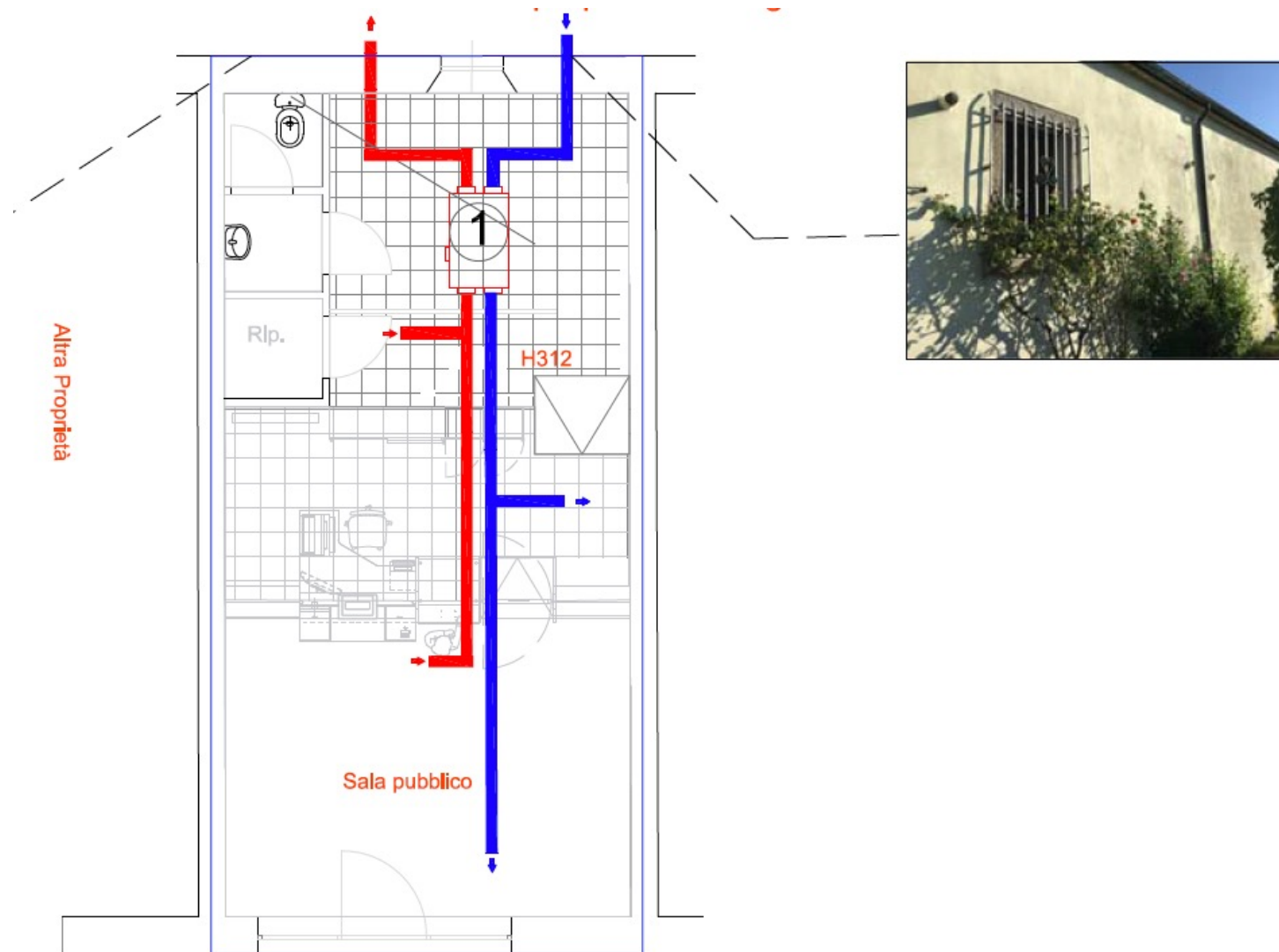
Progettazione impianto di aspirazione

- Al fine di garantire il benessere microclimatico nell'ufficio si è deciso di utilizzare un Recuperatore di calore modello **EVO500**
 - Portata 500 m³/h Rumorosità 42 dBA Efficienza di scambio 75%



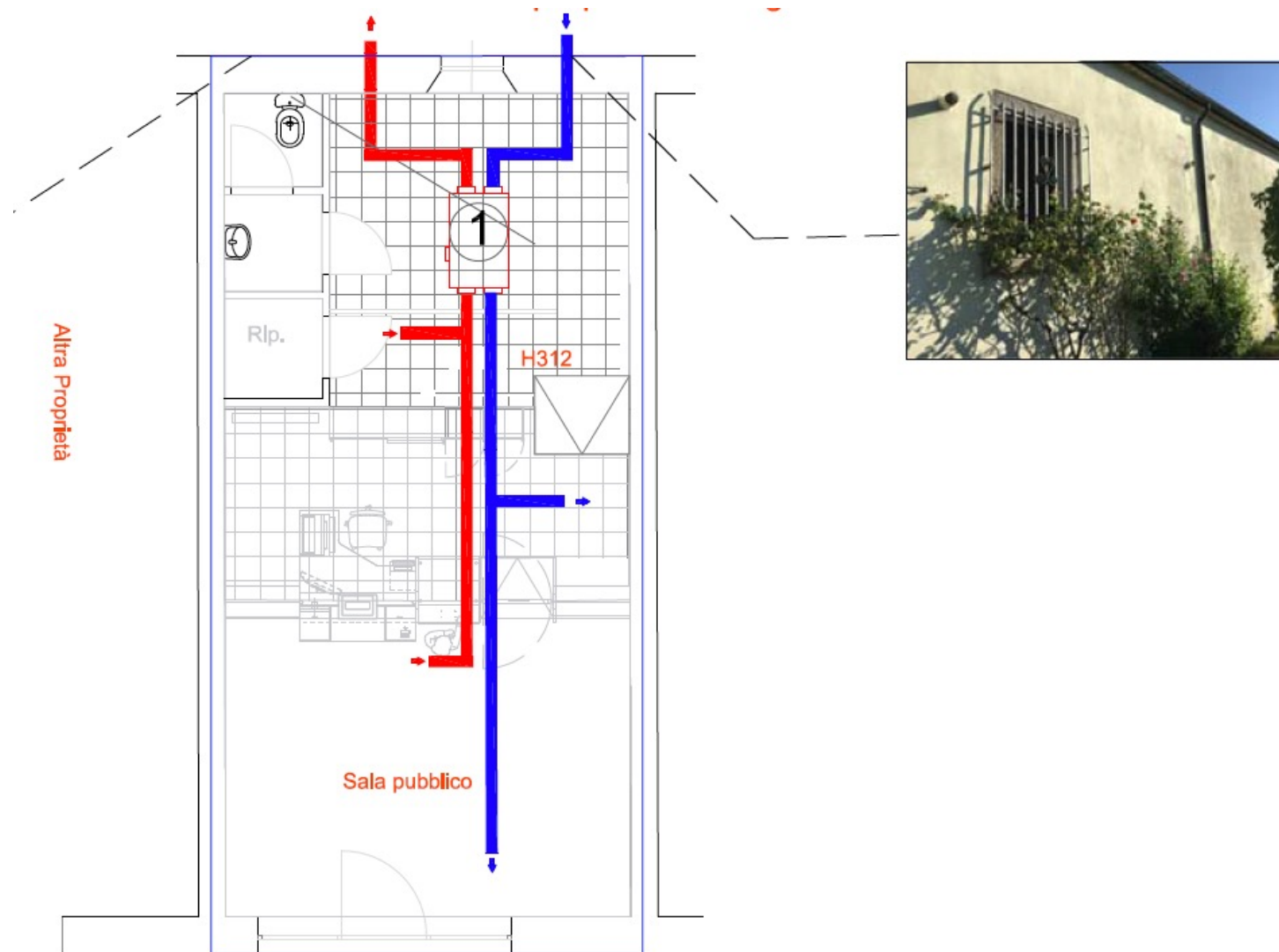
Progettazione impianto di aspirazione

- I punti di **prelievo** del sono stati **posizionati in maniera centrale** nel locale e comunque **distanti dai punti di immissione** di aria pulita.
- I punti di uscita sono stati disposti in posizione quanto più possibile elevata e comunque **distanziati onde evitare loop.**



Progettazione impianto di aspirazione

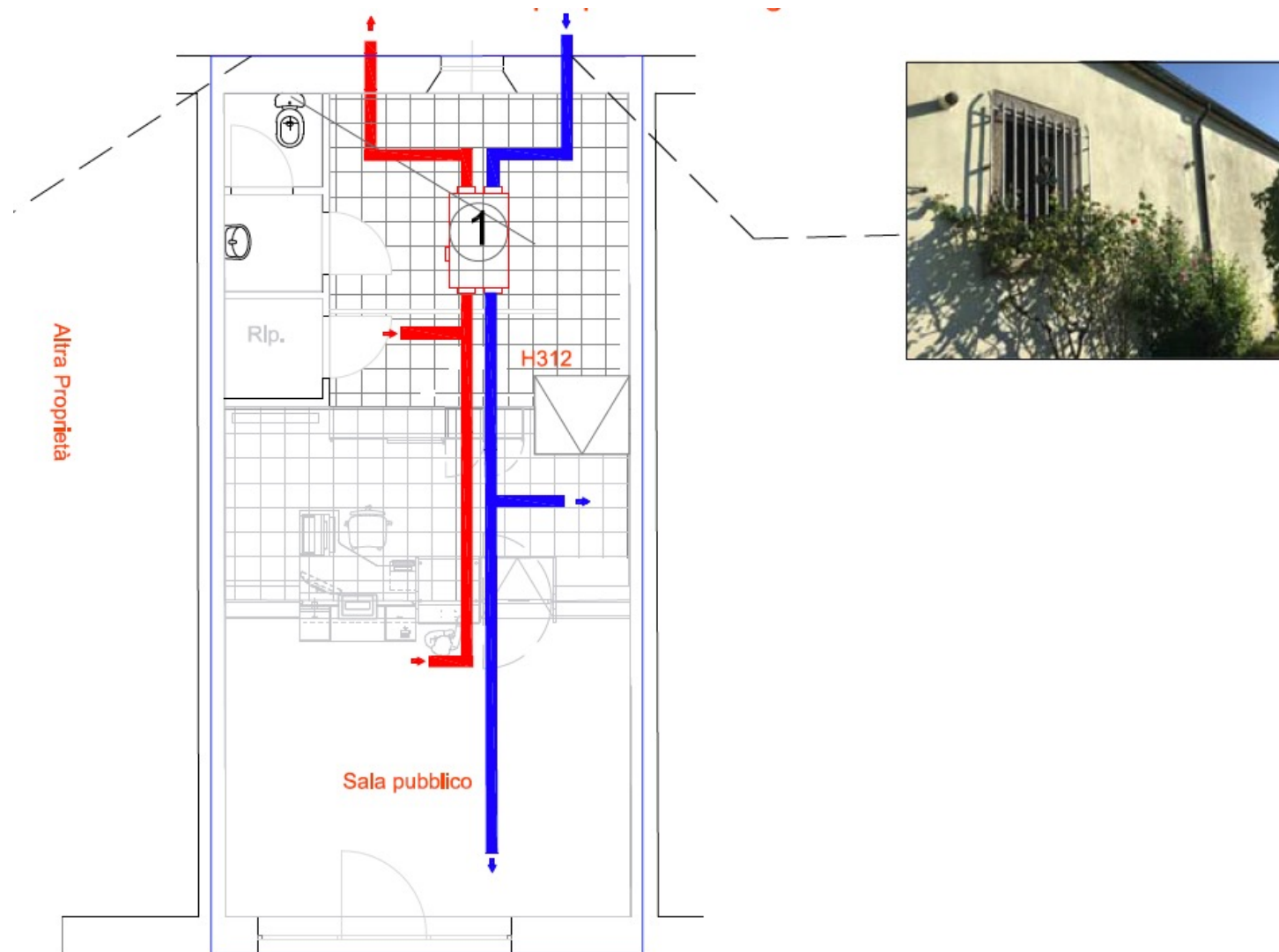
- Si è deciso di far lavorare l'impianto in maniera da garantire una **leggera depressione** per facilitare l'azione di pulizia dell'aria.
- Ciò può essere realizzato con dei regolatori di portata oppure dimensionando opportunamente le bocchette di mandata e ripresa.



Progettazione impianto di aspirazione

Per l'impianto addizionale si
l'Esperto Qualificato prescriveva:

- **Segnalazione luminosa** atta ad indicare il funzionamento dell'impianto stesso.
- **Monitoraggio almeno annuale** del corretto funzionamento.



Caso Studio

La storia continua....

1. Dalla data della relazione dell'Esperto di Radioprotezione (12/10/2019) alla realizzazione dell'impianto sono passati 2 mesi circa.
2. A valle della realizzazione della bonifica il Datore di Lavoro ha svolto una nuova campagna di misure avvalendosi di un **Laboratorio di Misure Radon** a mezzo di CR39 al fine di verificare l'efficacia dell'impianto.
3. Il primo periodo di misure dal 18/12/19 al 17/03/20 riportava una concentrazione di gas radon pari a **$315 \pm 45 \text{ Bq/m}^3$** e poi dal 18/03/20 al 17/06/20 a **$304 \pm 26 \text{ Bq/m}^3$** .



L'impianto permetteva il rispetto dei dettami di cui al D.Lgs. 230/95

garantendo una concentrazione inferiore a 500 Bq/m^3 .

Caso Studio

Ma...

Il 27/08/20 è stato emanato il **D.Lgs. 101/20** che fissa il limite di legge a **300 Bq/m³** per cui l'attuale impianto non riusciva più a soddisfare i requisiti di legge !

Ma soprattutto ...

Le misurazioni svolte nel 3 trimestre dal 18/06/20 al 17/09/20 riportavano il seguente valore:

$$1.662 \pm 102 \text{ Bq/m}^3$$

Cosa è accaduto ?

Caso Studio

Ipotesi 1

L'ufficio è stato completamente chiuso causa COVID-19 e nessuno dei due impianti ne quello preesistente ne quello addizionale ha lavorato.

Ipotesi 2

I Dosimetri CR39 non sono stati spediti correttamente e hanno subito una mala esposizione.



In effetti c'è stato un periodo di chiusura totale dell'ufficio con lavoro *smart-working* per un mese all'interno del periodo di campionamento.

L'Esperto di Radioprotezione suggerisce al Datore di Lavoro di proseguire per ulteriori 3 mesi la campagna di misura così da verificare l'andamento.

Caso Studio

E accade che...

Le misurazioni svolte nel 4 trimestre dal 18/09/20 al 17/12/20 riportavano il seguente valore:

$$1.635 \pm 81 \text{ Bq/m}^3!$$

Praticamente coerente con il valore misurato sul trimestre precedente di $1.662 \pm 102 \text{ Bq/m}^3$

Cosa è accaduto in realtà ?



Da un'indagine maggiormente approfondita attraverso il sito dell' INGV

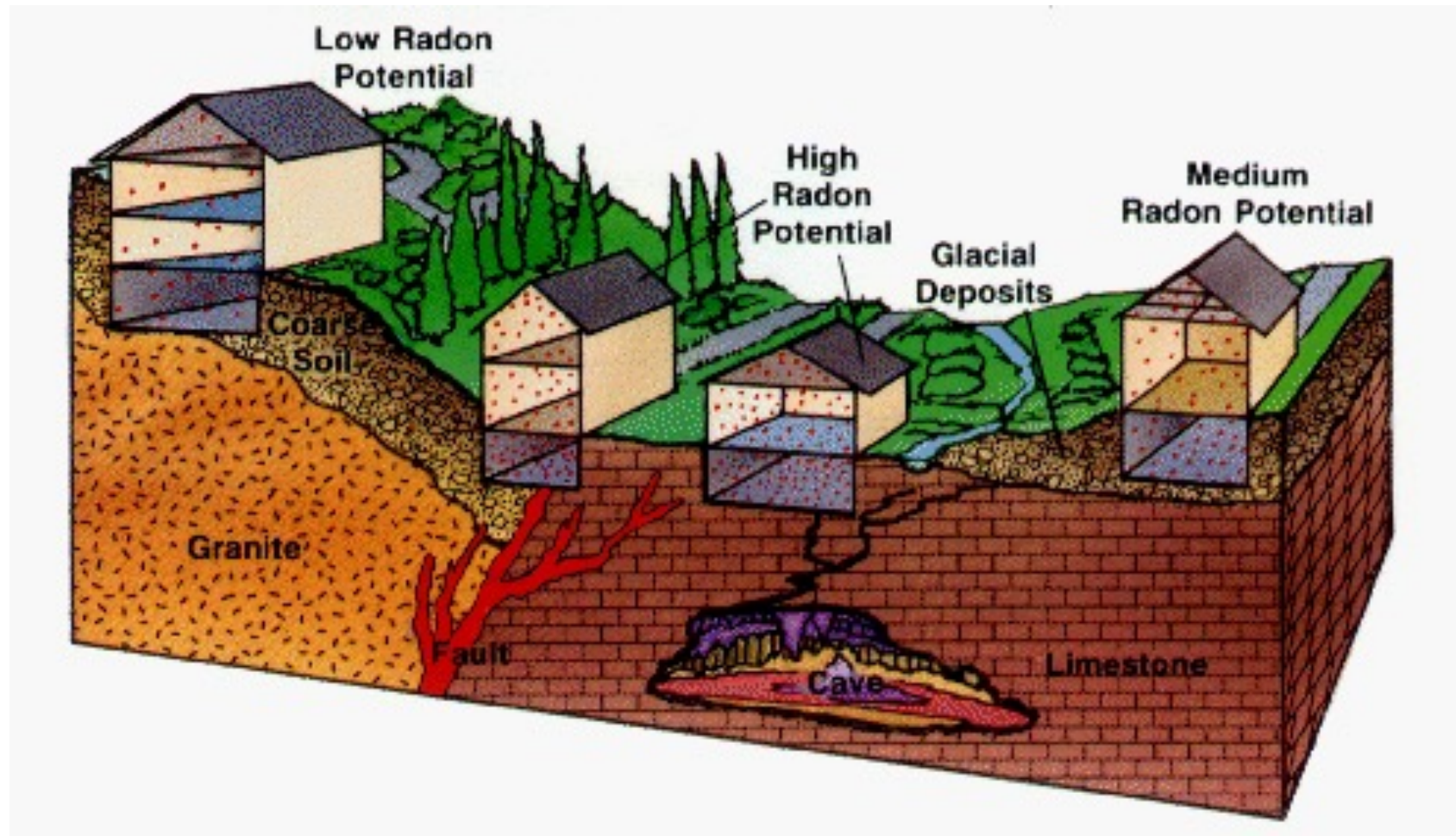
<http://terremoti.ingv.it/> è emerso che nell'area in cui si trova l'ufficio **nel luglio 2020** si

sono verificate **due scosse telluriche di magnitudo 3,7 e 4,1 ML** rispettivamente a

distanza di 3 e 5 Km e profondità di 6 e 5 km.

Caso Studio

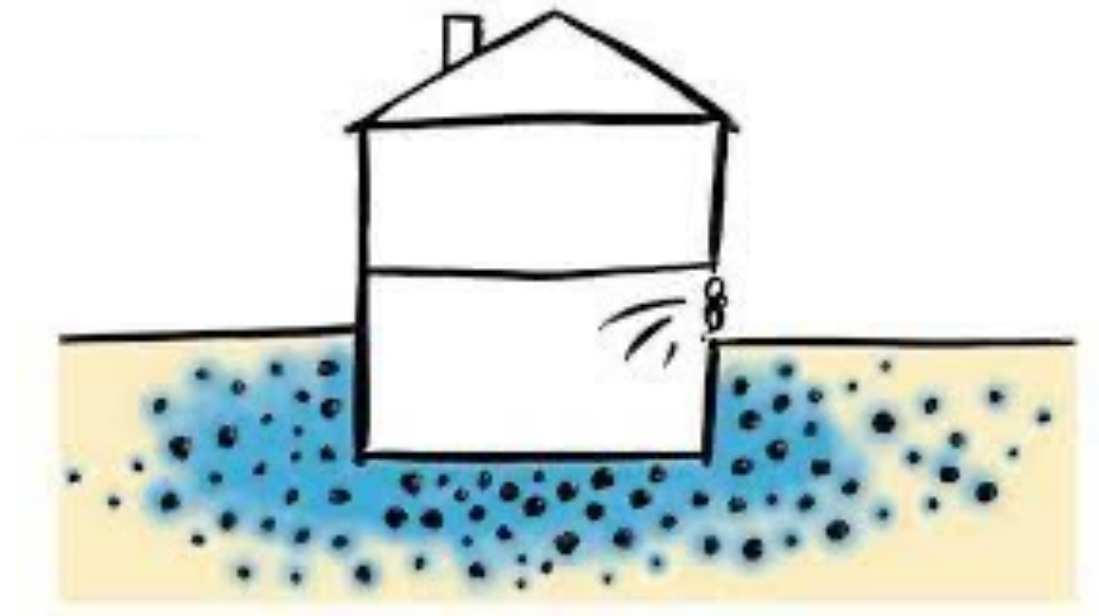
C'è la possibilità che i due eventi hanno comportato la creazione di microfessurazioni che hanno facilitato la risalita del gas radon dal sottosuolo !



Caso Studio

Purtroppo l'impianto non permette di aumentare il livello di aspirazione dell'impianto in quanto non è regolabile, ma soprattutto valori più elevati di aspirazione potrebbero creare vortici con problemi di benessere e microclima per i lavoratori.

L'unica soluzione effettivamente realizzabile senza attuare interventi strutturali di depressurizzazione del terreno potrà essere la messa in **sovrapressione dell'ufficio**....che è in fase di realizzazione da parte del un **Esperto in Intervento di Risanamento da Radon.**



Conclusioni

- 1) Nella bonifica radon non esiste una regola d'oro, ma esistono trucchi di cucina che uniti all'esperienza portano alla soluzione.
- 2) Non esistono situazioni standard, ma ogni caso ha peculiarità proprie (sovrintendenza su edifici storici, attacco a terra particolare, struttura addossata a montagne o rocce, composizione del sottosuolo...ecc).
- 3) La concentrazione di Radon dovrebbe essere monitorata nel tempo. Eventi tellurici possono far aprire micro-faglie e fessurazioni che facilitano la risalita del gas dal sottosuolo.
- 4) Gli impianti vanno sempre sovradimensionati per poter sopperire ad eventuali imprevisti.

Grazie per l'attenzione !

Ing. Marco Martellucci

Coordinatore Comitato Scientifico

Master Agenti Fisici e Radioprotezione

Università di Tor Vergata

m.martellucci@mardel.it