



I RISCHI DEGLI AMBIENTI DI VITA: LE RISPOSTE DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA

Il radon: un rischio cancerogeno negli ambienti – misure e prevenzione

Ambiente Lavoro
Sala Armonia – 1° piano Fiera di Bologna
16 Ottobre 2015

s.procopio@arpacal.it

Gli operai della Fisica delle radiazioni



Dipartimento di Catanzaro

Laboratorio fisico

Ettore Majorana

- la misura della radioattività;*
- gas radon: aria, acqua, suolo;*
- campi elettromagnetici a bassa e alta frequenza;*
- agenti fisici nei luoghi di lavoro: microclima, illuminamento
irradianza*



RETE INTERNAZIONALE PER LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ (stazioni gamma proprietà ISPRA)

- Mongiana (956 m slm)
- Cupone (1100 m slm)





SORGENTI ORFANE

art. 14, comma 3 del d. lgs n.52/07



RADIAZIONI IONIZZANTI

PARAFULMINE, ²⁴¹Am



REFRATTARI





Regione Calabria
ARPACAL
Agenzia Regionale per l'Ambiente della Calabria



CROTONE

RIFIUTI OSPEDALIERI IN DISCARICA PER NON PERICOLOSI





SORGENTI ORFANE



Generalmente suggeriamo di accogliere delle unità operative minime:

- ogni impianto deve nominare un esperto qualificato;
- attivare i controlli in continuo o manuali adottando un registro di carico dei controlli radiometrici, ruoli e personale oltre che formazione.

Adette pesa, responsabile allarme ecc.:

- allestire un'area idonea per la quarantena dei mezzi ed eventualmente una diversa per l'identificazione del materiale con
- In certi casi la radioattività (es. medicali) è un indicatore per il ritrovamento del mix di rifiuti con codice CER diverso;
- il personale deve essere adeguatamente formato e avere la possibilità di esecuzione
- Il destino dei rifiuti con codice CER diverso (infetti)

Matrice Ambientale

L'ORIGINE RADIOATTIVITÀ



studiano

**1898 Marie e Pierre
Curie**

fenomeno della
radioattività

una proprietà dell'atomo e
non dipendeva dallo stato
chimico o fisico
dell'elemento

Raggi X ,

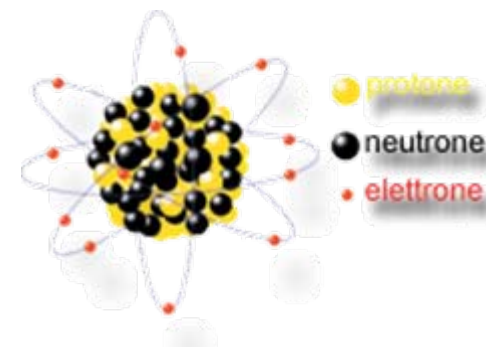
Po

Ra

Principi Generali Radioattività

La materia è costituita da elementi atomici che combinandosi e legandosi tra loro in diverso modo danno origine a sostanze o molecole sotto forma di gas, liquidi e solidi. Ogni elemento ha una propria struttura interna che ne determina le proprietà chimico-fisiche.

Esistono elementi con atomi che, a parità di numero di protoni, possono avere nuclei con differenti numeri di neutroni: **isotopi**



Atomo



Cos'è un decadimento radioattivo

Alcuni isotopi naturali, e quasi tutti gli isotopi artificiali, presentano **nuclei instabili**, a causa di un **eccesso di protoni e/o di neutroni**. Tale instabilità provoca la **trasformazione spontanea in altri isotopi**, e questa

La trasformazione di un atomo radioattivo porta alla formazione di un altro atomo, che può essere ancora radioattivo oppure stabile.

La radioattività consiste proprio in questo processo di disintegrazione spontanea dei nuclei.



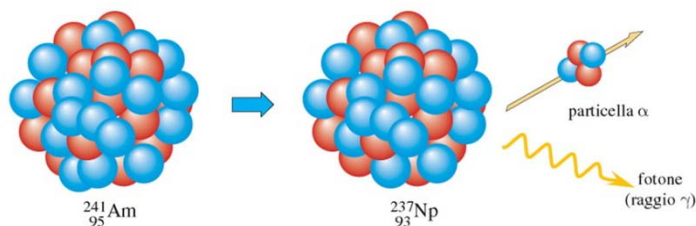
Radiazioni “ionizzanti”

I frammenti nucleari, le singole particelle e le radiazioni elettromagnetiche di elevata energia emesse nel corso del processo di disintegrazione sono in grado di provocare **danni alle strutture molecolari** e più in generale provocano fenomeni di ionizzazione.

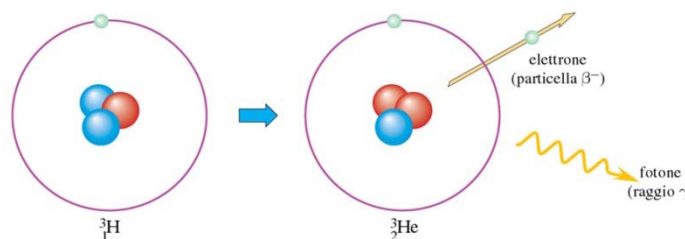
Per tale motivo i prodotti emessi dai nuclei soggetti a decadimenti radioattivi sono individuati col termine generale di “**radiazioni ionizzanti**”.

Esistono **tre diversi tipi di decadimenti radioattivi**

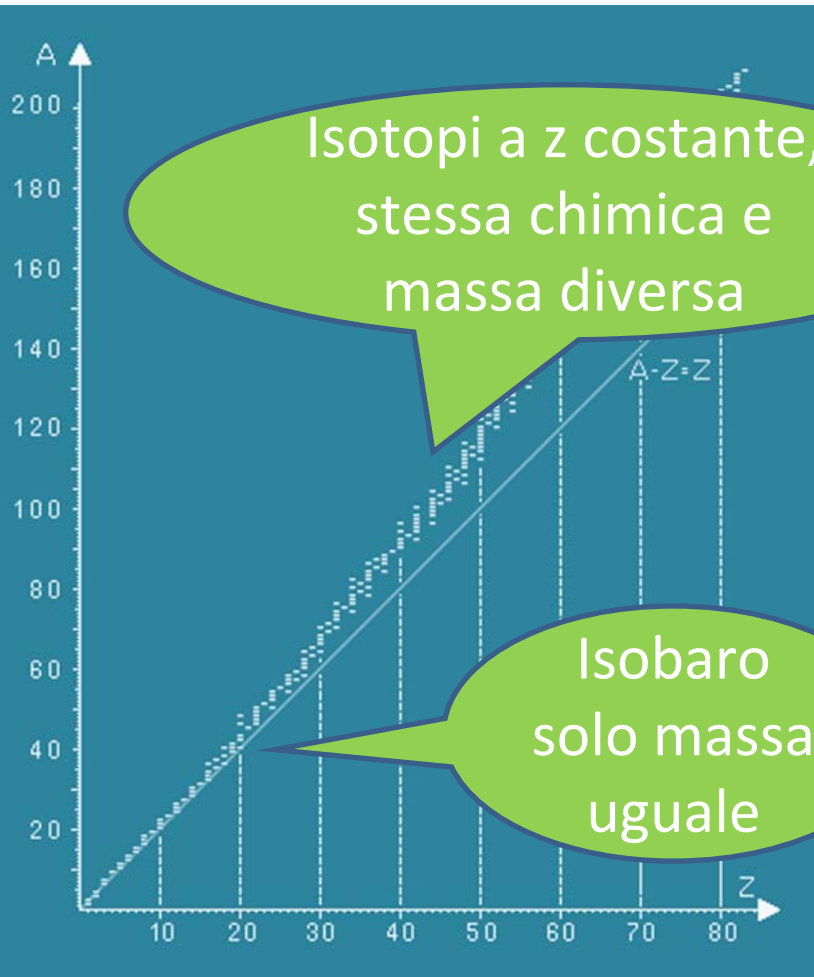
- Decadimento Alfa (α): esempio è il decadimento dell'Americio-241 in nettunio-2



- Decadimento Beta (β): Il nucleo emette un elettrone e un antineutrino.
 Un esempio è il decadimento del Trizio (H-3) in Elio (stabile)



- Decadimento Gamma (γ): onda elettromagnetica indirettamente ionizzante

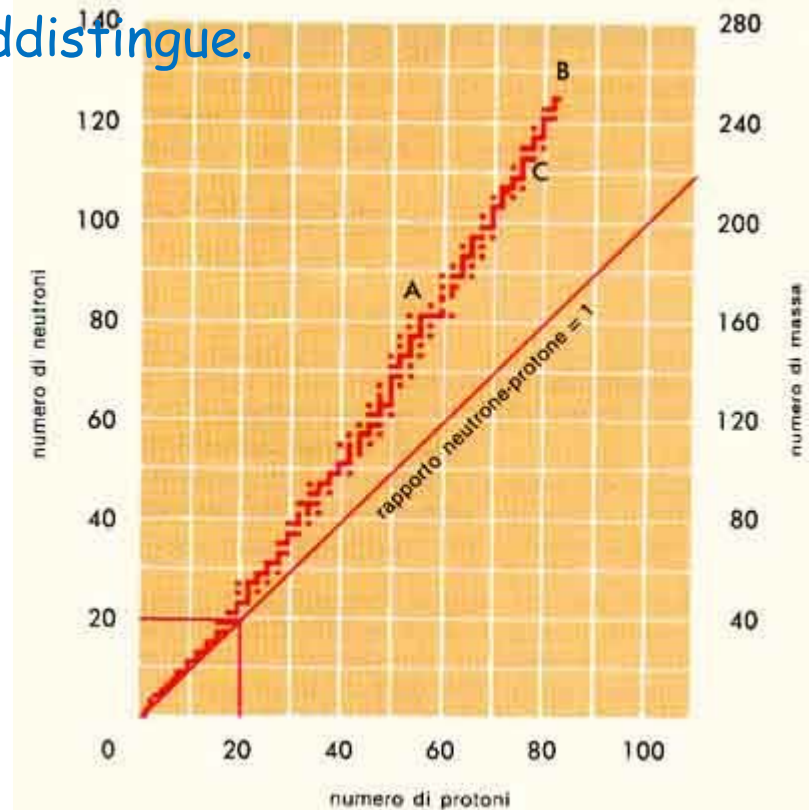


Isotopi a z costante,
stessa chimica e
massa diversa

Isobaro
solo massa
uguale

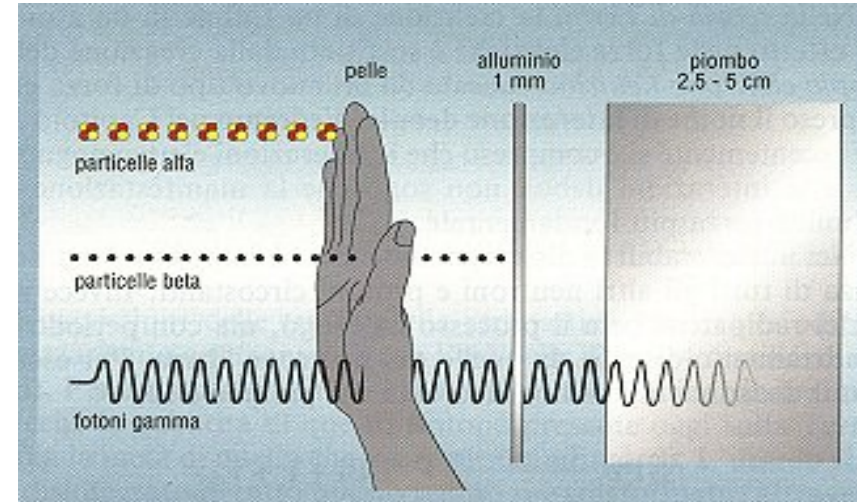
CURVA DI STABILITÀ E INSTABILITÀ NUCLEARE

Più un nucleo (coppia Z-N) si discosta dai valori ottimali maggiore è l'instabilità che lo contraddistingue.



Potere di penetrazione

Le **radiazioni alfa**, sono poco penetranti e possono essere completamente bloccate da un semplice foglio di carta.



Le **radiazioni beta** sono più penetranti di quelle alfa, ma possono essere completamente bloccate da piccoli spessori di materiali metallici (ad esempio, pochi millimetri di alluminio).

Le **radiazioni gamma** al contrario delle radiazioni alfa e beta, sono molto penetranti e per bloccarle occorrono materiali ad elevata densità come il piombo



Definizione di danno biologico

Se un organismo biologico è esposto ad una radiazione c'è un'interazione tra l'energia della radiazione e i tessuti dell'organismo.

Effetto biologico = variazioni morfologiche o funzionali a carico di strutture di livello superiore dal punto di vista organizzativo a quello molecolare.

Danno = effetto biologico che supera la capacità di compensazione di cui l'organismo dispone.

Il rischio, conseguente ad una esposizione è infatti rappresentato dalla probabilità di subire un danno.



Effetti delle radiazioni **ionizzanti** sull'uomo

Effetti somatici: cellule somatiche che costituiscono i tessuti e che scompaiono con la morte

Effetti genetici: interessano il corredo genetico delle cellule riproduttive e possono essere trasmesse alla progenie attraverso la riproduzione

La classificazione in base al periodo di latenza in cui si manifesta il danno

Effetti deterministici o immediati (infertilità, cataratta, radiodermite) (dose soglia, l'effetto insorge in tutta la popolazione esposta **sigmoide**)

4 Gy dose letale + 50% degli esposti muore

Effetti stocastici o tardivi: aberrazioni cromosomiche, mutazioni genetiche (genetici sono solo stocastici)

Gli effetti

Effetti somatici (INDIVIDUO) di tipo deterministici: infertilità, cataratta, radiodermite

Effetti somatici di tipo stocastico: tumori solidi, leucemie

Effetti genetici (PROGENIE) di tipo stocastico: aberrazioni cromosomiche, mutazioni genetiche

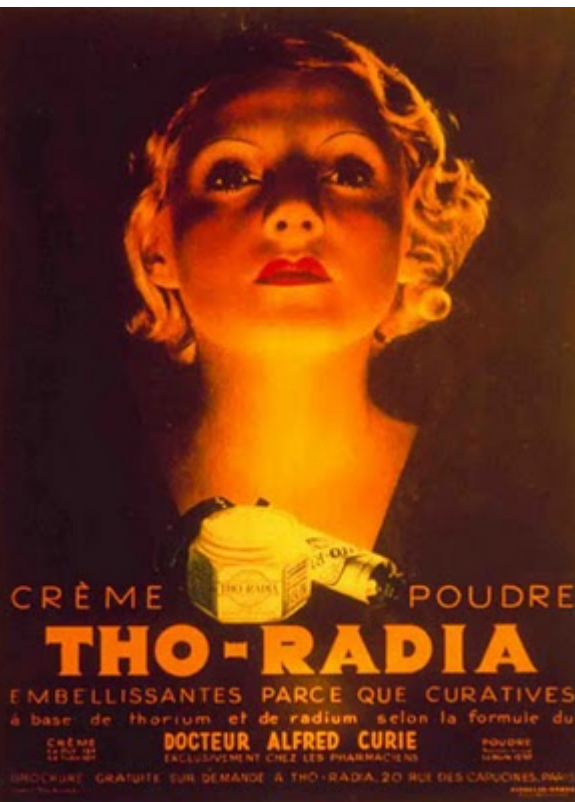


Regione Calabria
A.R.P.A.Cal.

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria

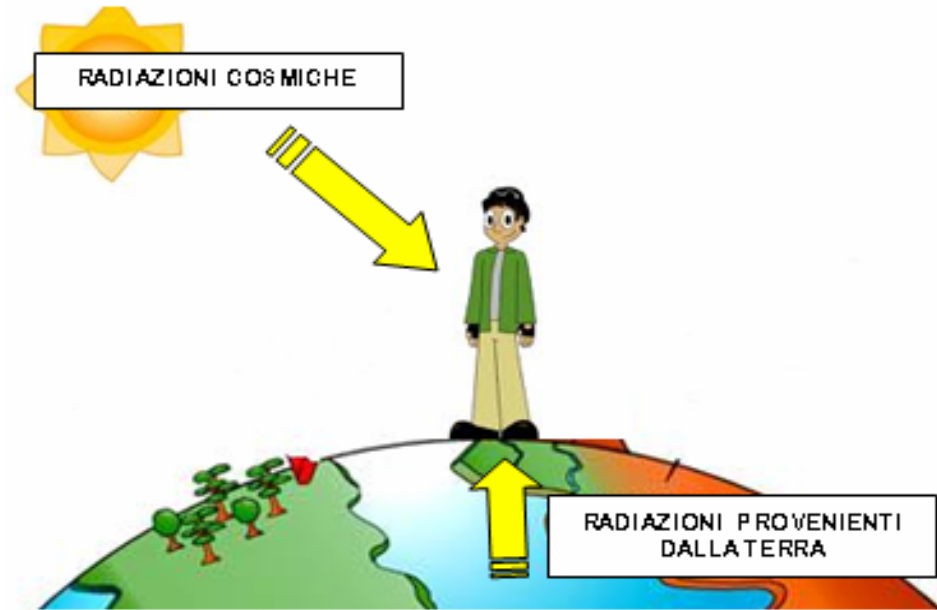


In principio la considerazione sulla radioattività era diversa



Cos'è la radioattività naturale?

Ogni giorno tutti noi siamo esposti alla radioattività naturale proveniente in parte dai raggi cosmici e in parte dalla crosta terrestre.



La radioattività naturale

Componente terrestre:

Radionuclidi cosiddetti primordiali presenti in varie quantità nei materiali inorganici della crosta terrestre (rocce, minerali) fin dalla sua formazione. (serie radioattive di uranio e torio, ^{40}K , ^{87}Rb , ^{138}La ,) sono presenti in diversa misura in tutti i comparti ambientali, compreso il corpo umano

Componente extraterrestre:

- Atmosferica: radionuclidi residenti in atmosfera;
- Raggi cosmici.

fondo naturale di radiazioni.

Componente terrestre della radioattività **naturale**

La concentrazione dei radionuclidi naturali nel suolo e nelle rocce dipende dalla conformazione geologica delle diverse aree.

Rocce ignee e i graniti contengono concentrazioni ^{238}U > rocce sedimentarie come il **calcere e gesso**.

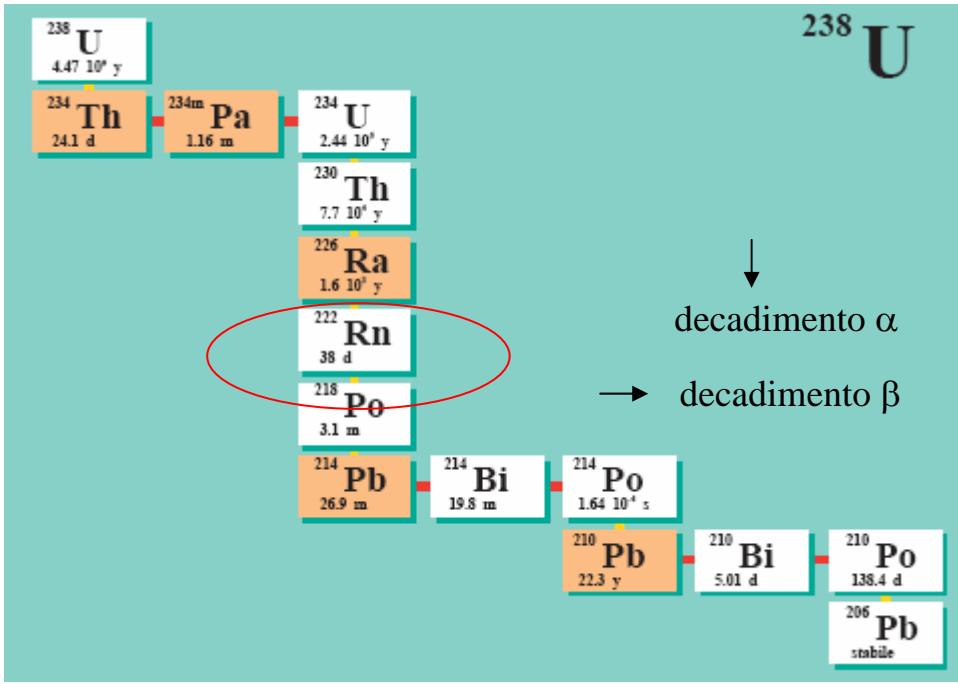
Rocce sedimentarie di origine marina possono però contenere ^{238}U in concentrazione assai elevata.

CIRCA IL 40% DELLA RADIOATTIVITÀ NATURALE È PRODOTTA DAL GAS RADON E DAL TORON OLTRE AI COSMOGENICI ^7Be , ^3H , ^{14}C , ^{40}K

Famiglie radioattive

In condizioni **indisturbate** tutti i radionuclidi che appartengono alla stessa famiglia hanno **uguale attività**:

$$A(^{238}\text{U}) = A(^{234}\text{Th}) = A(^{234\text{m}}\text{Pa}) = A(^{234}\text{U}) = A(^{230}\text{Th}) = A(^{226}\text{Ra}) = A(^{222}\text{Rn}) = \dots : \text{EQUILIBRIO RADIOATTIVO}$$



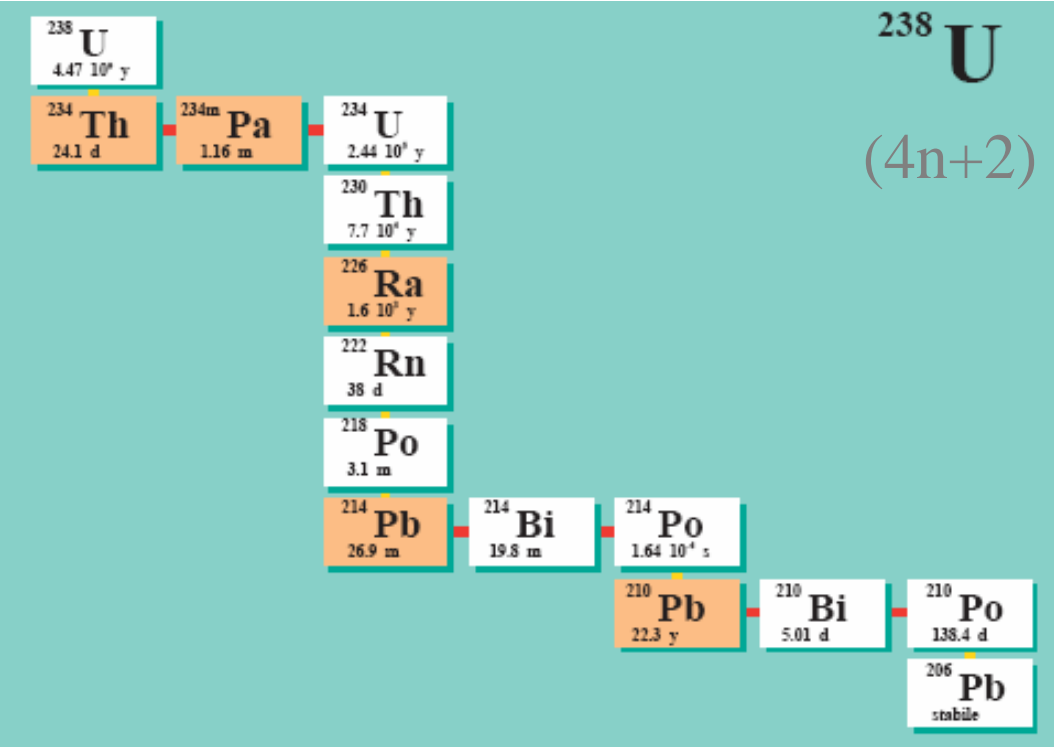
L'equilibrio si può spezzare a seguito di fenomeni **chimici** o **fisici**, **spontanei** o **indotti dall'uomo**, ad esempio:.

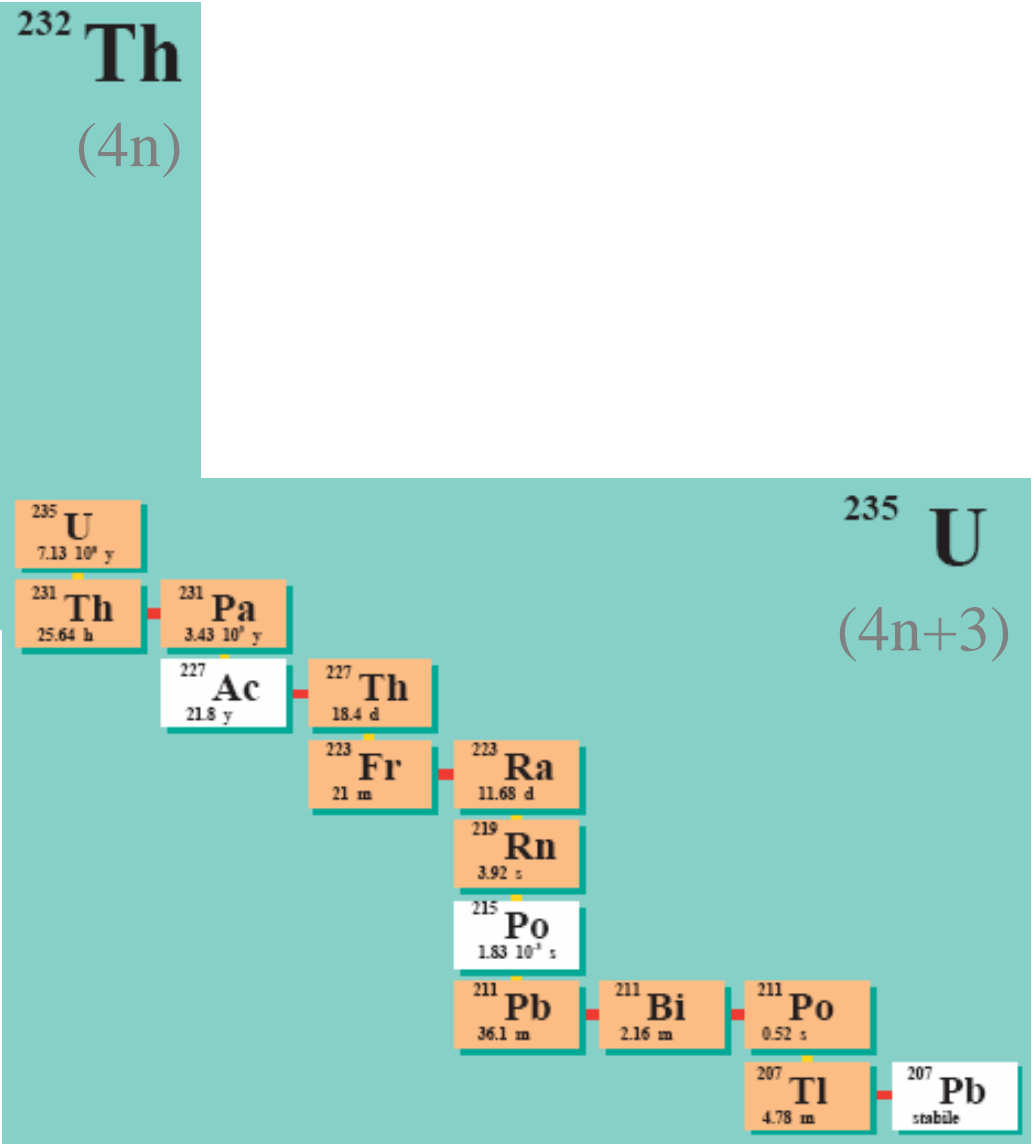
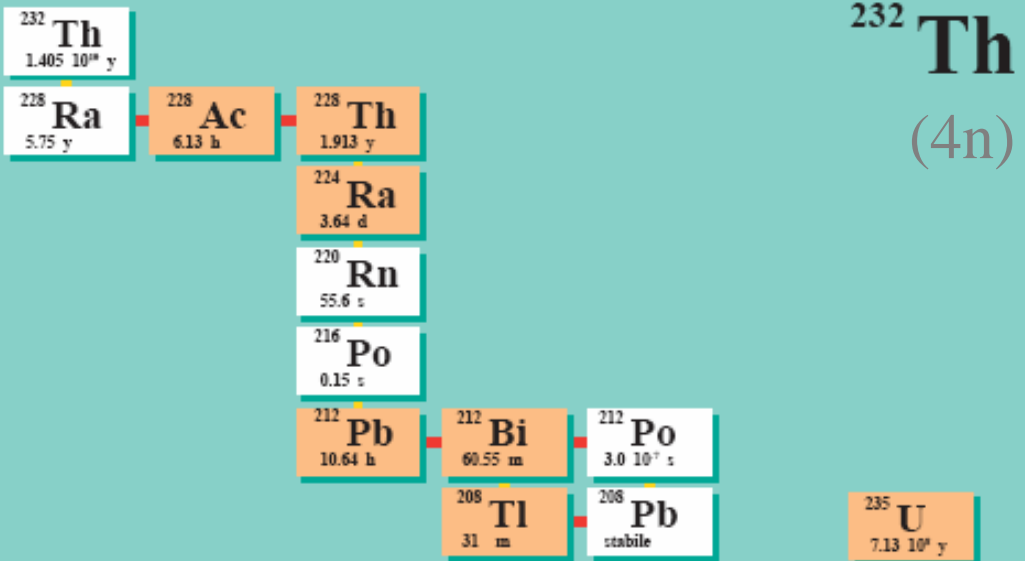


Quando l'equilibrio radioattivo tra padre e figlio si spezza, il tempo necessario affinché si ripristini è dell'ordine di **5 volte il T^{1/2} del figlio**:

- $^{238}\text{U} - ^{226}\text{Ra} : 5 * T^{1/2}(^{226}\text{Ra}) \cong 8000 \text{ anni}$
- $^{226}\text{Ra} - ^{222}\text{Rn} : 5 * T^{1/2}(^{222}\text{Rn}) \cong 20 \text{ giorni}$
- $^{222}\text{Rn} - ^{214}\text{Pb} : 5 * T^{1/2}(^{214}\text{Pb}) \cong 2.5 \text{ ore}$

$T^{1/2}(^{226}\text{Ra}) = 1600 \text{ a}$
 $T^{1/2}(^{222}\text{Rn}) = 3.8 \text{ g}$
 $T^{1/2}(^{214}\text{Pb}) = 26.9 \text{ min}$







^{222}Rn nelle matrici ambientali

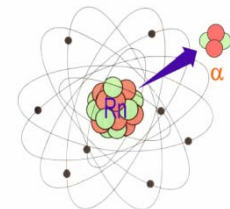
Lab. Majorana Rif.to Regionale ISPRA -ISS

Il radon

Il radon (^{222}Rn), è un radionuclide della famiglia del radio.

Da solo è circa il 40% della radioattività naturale.

È un gas radioattivo che genera altri elementi radioattivi come Polonio, Piombo e Bismuto che, per le loro caratteristiche chimico-fisiche, sono responsabili degli effetti dannosi sull'organismo umano.



GAS NOBILXE RADIOATTIVO, EMETTITORE α ,

Epidemiologia residenziale:

9 paesi europei 13 studi casi-controllo

7148 casi di tumore al polmone 14208 controlli

Non fumatori

$[\text{Bq/m}^3]_{\text{Rn}} = 0,100; 400$ **RA=0. 4%;.5%;.7%**

In Europa : 2% delle morti per cancro;

9% delle morti per cancro al polmone;

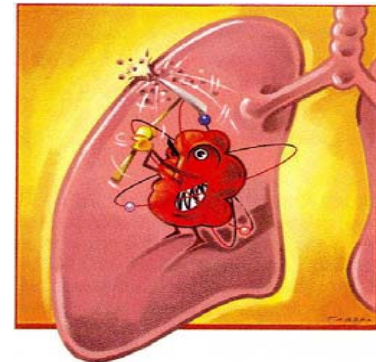
La concentrazione media per i casi è 104 Bq/m³

Il rischio aumenta del 8,7% ogni 100 Bq/m³

I figli del radon, si legano al pulviscolo e per inalazione possono raggiungere l'apparato respiratorio.



La pericolosità del radon sui tessuti biologici è legata all'emissione di particelle α (alfa) dei figli a vita breve.





L'apparato respiratorio si può ammalare:

- I.naso-faringe;
- II.tratto bronchiale;
- III.tratto polmonare.

Aumento della dose assorbita derivante dall'esposizione alla radioattività naturale e conseguentemente l'incremento della probabilità di insorgenza di tumori polmonari.



World Health
Organization

**Il radon è inquadrato al secondo posto, dopo il fumo,
come causa per l'insorgenza di tumori polmonari.**

(foto: Radon, Ufficio federale di sanità pubblica di Berna, CH).

L'Organizzazione Mondiale della Sanità:
come cancerogeno di gruppo 1
collocandolo al secondo posto, dopo il
fumo, (per i fumatori) come

*Gli effetti a lungo termine o
probabilistici, provocati nell'uomo
dall'esposizione a concentrazioni di
radon, possono insorgere anche dopo
25-30 anni e con concentrazioni non
necessariamente al di sopra di un valore
soglia. NoN c'è un livello soglia*

Bisogna misurarlo



**Il radon è un gas
inodore e incolore**

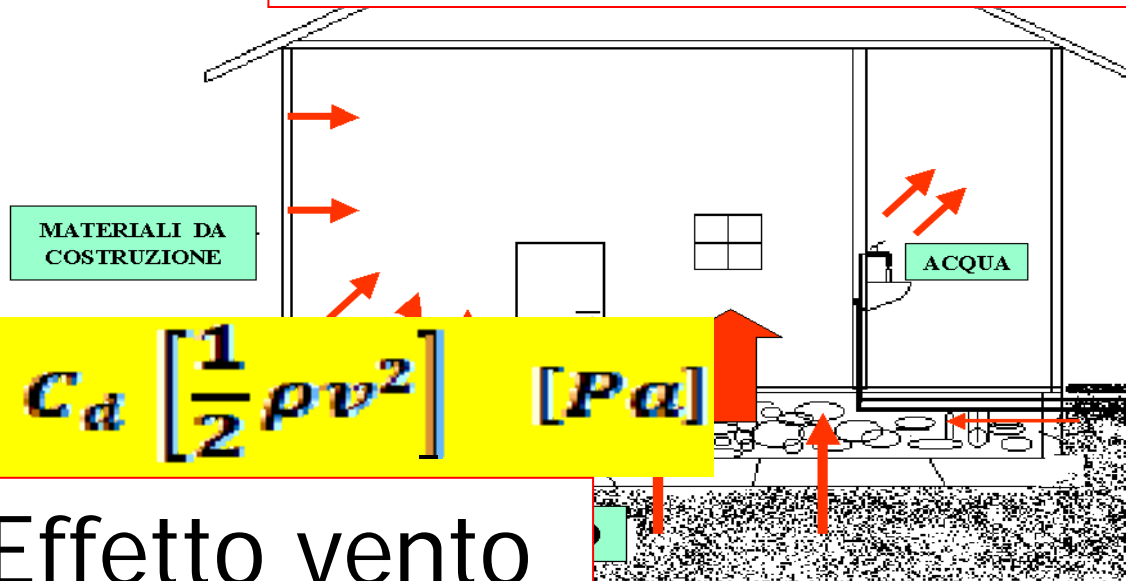
Si misura la
concentrazione di attività
espressa in Becquerel al
metro cubo (Bq/m^3).

Il **Becquerel** ci dice quanta *attività* possiede
un materiale radioattivo o quante radiazioni
o colpi vengono emessi o rilasciati in un
secondo

Come entra nei luoghi di vita

$$\Delta p = \alpha \left[\frac{1}{t_{est} + 273 \text{ } ^\circ\text{C}} - \frac{1}{t_{int} + 273 \text{ } ^\circ\text{C}} \right] \text{ [Pa]}$$

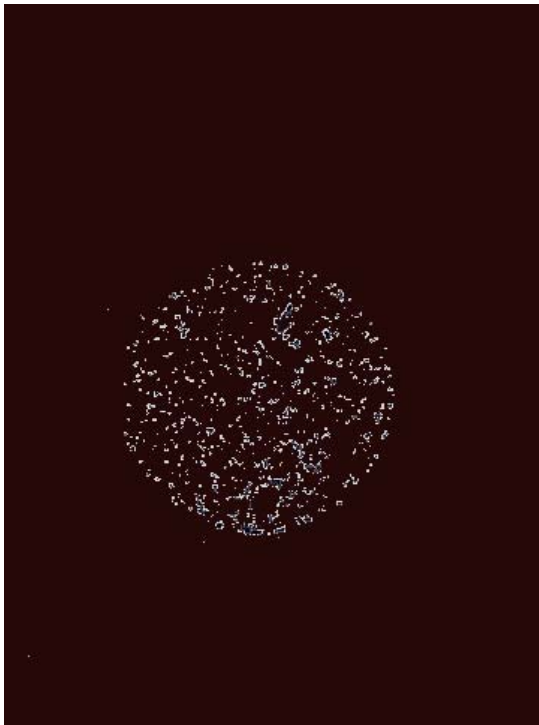
Effetto camino



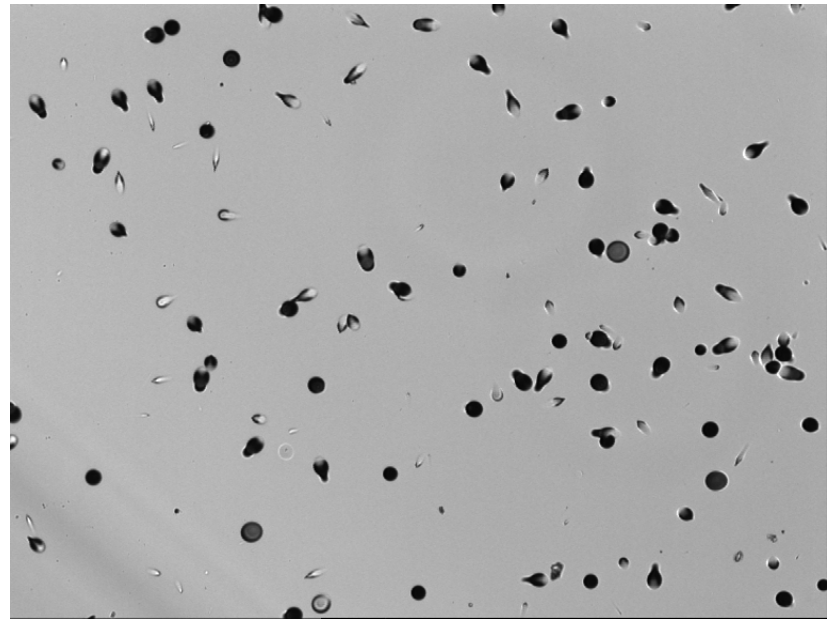
Effetto vento

$$\begin{cases} t_{int} > t_{est} \\ v_{est} > v_{int} \end{cases}$$

I rivelatori a traccia per la misura del radon



LR-115



CR-39

Esposimetri passivi



dosimetri ad elettrode per lunga durata (long term)

**Intercomparison
Berlino BFS [2010 – 2015]**

concentrazione radon
equivalente per la
radiazione gamma

fattore
correttivo
altitudine

$$[{}^{222}\text{Rn}] = \left\{ \frac{V_i - V_f}{C_F \cdot t_e} - C_\gamma \right\} \cdot H$$

coefficiente di
calibrazione

tempo di
esposizione

Radon in acqua

- Più campionamenti in diversi periodi dell'anno (basso flusso)
- Tutte le sorgenti di acqua destinate al consumo umano presenti sul territorio



sistema IDRA (MAR = 2 Bq/l)

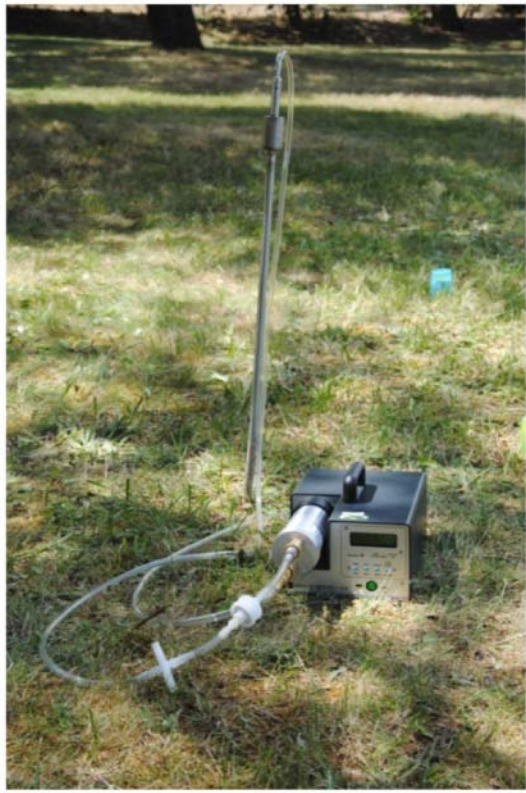


**CONDIZIONI DI
EQUILIBRIO SECOLARE**

Radon nel suolo

- monitore MR1 con cella di Lucas ($s=0,0341\text{cpm}/(\text{Bq}/\text{m}^3)$) accoppiata ad un fotomoltiplicatore
- sonda in acciaio (profondità 60 cm)
- modalità attivo (flusso di aspirazione 0,25 l/min)
- su ogni punto di misura tre campionamenti ($t_{c,\text{tot}}=30$ minuti)

Tutte le misure vengono eseguite in condizioni meteorologiche stabili.



D. Lgs . n.81/08 09 aprile 2008
Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro
Definizioni (art.2)

- Servizio di prevenzione e protezione dai rischi;
 - Sorveglianza sanitaria;
 - Rischi professionali;
 - Formazione;

Sezione II la valutazione dei rischi
Aggiornamento almeno ogni quattro anni o se
intervengono mutamenti nei cicli di lavorazione



Agenti Fisici Titolo VIII, 41 articoli (180, 220)

☐ RUMORE, ULTRASUONI, INFRASUONI, CEM, VIBRAZIONI, MICROCLIMA, RADIAZIONE OTTICA, ATMOSFERE IPERBARICHE

☐ RADIAZIONI IONIZZANTI D.LGS. N.230/95 E S.M.E I.

☐ RADIAZIONI NON IONIZZANTI

IL CAPO IV DEL TITOLO VIII DEL D.LGS. N. 81/08 MAI ENTRATO IN VIGORE IN QUANTO LA DIRETTIVA DI RECEPIMENTO ABROGATA

DIRETTIVA 2013/35/UE DEL PARLAMENTO E DEL CONSIGLIO EUROPEO

Il quadro normativo

La normativa relativa alle radiazioni ionizzanti, D.lgs. n.241/00 - Capo III bis – in evidenza indirettamente nel D.lgs n.81/08, *Titolo VIII, art. 180, comma 3*,

impone ai datori di lavoro la misura negli ambienti chiusi a maggior rischio collocati nei piani più vicini alla sorgente di radon: litosfera.

RADIOATTIVITÀ NATURALE E RADIOPROTEZIONE

- Esposizione di **lavoratori e popolazione** al ^{222}Rn in aria (terme, luoghi di lavoro sotterranei, etc.)
- Esposizione della **popolazione** a causa delle sostanze radioattive presenti nell'acqua potabile (principalmente uranio e radio, radon)
- Esposizione di **lavoratori e popolazione** causata da materiali ad alta concentrazione di NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) in alcune particolari lavorazioni (industria dei fertilizzanti, dei refrattari, etc.)
- Esposizione degli **equipaggi di volo** alla radiazione cosmica

Le indicazioni normative nazionali

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.

Tunnel, sottovie, catacombe, grotte, e comunque i luoghi di lavoro sotterranei;

Stabilimenti termali, personale navigante su aerei

D.Lgs 241/00 introduce il (8 articoli) di modifica 230/95: obblighi per i lavori per la presenza di radiazioni naturali: ^{222}Rn e ^{220}Rn



Il quadro normativo

Obblighi previsti dal d.lgs n.241/00 – art. 10 bis, comma 1 a), b)

Entro 24 mesi dal 01.03.2002



(*) il livello di azione vale obbligatoriamente per asili nido e scuole dell'obbligo; per gli altri ambienti di lavoro è necessario non superare i 3mSv/y

DIRETTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSIGLIO

5 dicembre 2013

"Norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti"

Recepimento

Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva entro il 6 febbraio 2018.

1. Esposizioni professionali

Art.54 Radon nei luoghi di lavoro



Le misurazioni di radon devono essere effettuate in:

- luoghi di lavoro all'interno di zone individuate (in cui si prevede che la concentrazione di radon (come media annua) superi il pertinente livello di riferimento nazionale (300 Bq/m^3) in un numero significativo di edifici), situati al pianterreno o a livello interrato
- specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel piano d'azione nazionale (es. scuole, luoghi di lavoro sotterranei o ubicati in zone che necessitano misurazioni della concentrazione di radon sulla base di una valutazione del rischio, tenendo conto ad esempio delle ore di occupazione (Allegato XVIII punto3)).

Nelle zone all'interno dei luoghi di lavoro in cui la concentrazione di radon (come media annua) continua a superare il livello di riferimento nazionale nonostante le azioni intraprese conformemente al principio di ottimizzazione, gli Stati membri dispongono che tale situazione sia notificata imponendo l'obbligo di tenere sotto controllo le esposizioni,

Allegato XVIII

Piano d'azione radon

1. Strategia per l'esecuzione di indagini su:

- concentrazioni di radon in ambienti chiusi,
- concentrazioni di gas nel suolo,

al fine di stimare la distribuzione delle concentrazioni di radon in ambienti chiusi, per la gestione dei dati di misurazione e per la determinazione di altri parametri pertinenti (quali suolo e tipi di roccia, permeabilità e contenuto di radio-226 della roccia o del suolo);

2. Assegnazione di responsabilità (governative e non governative), meccanismi di coordinamento e risorse disponibili per la messa in atto del piano d'azione;

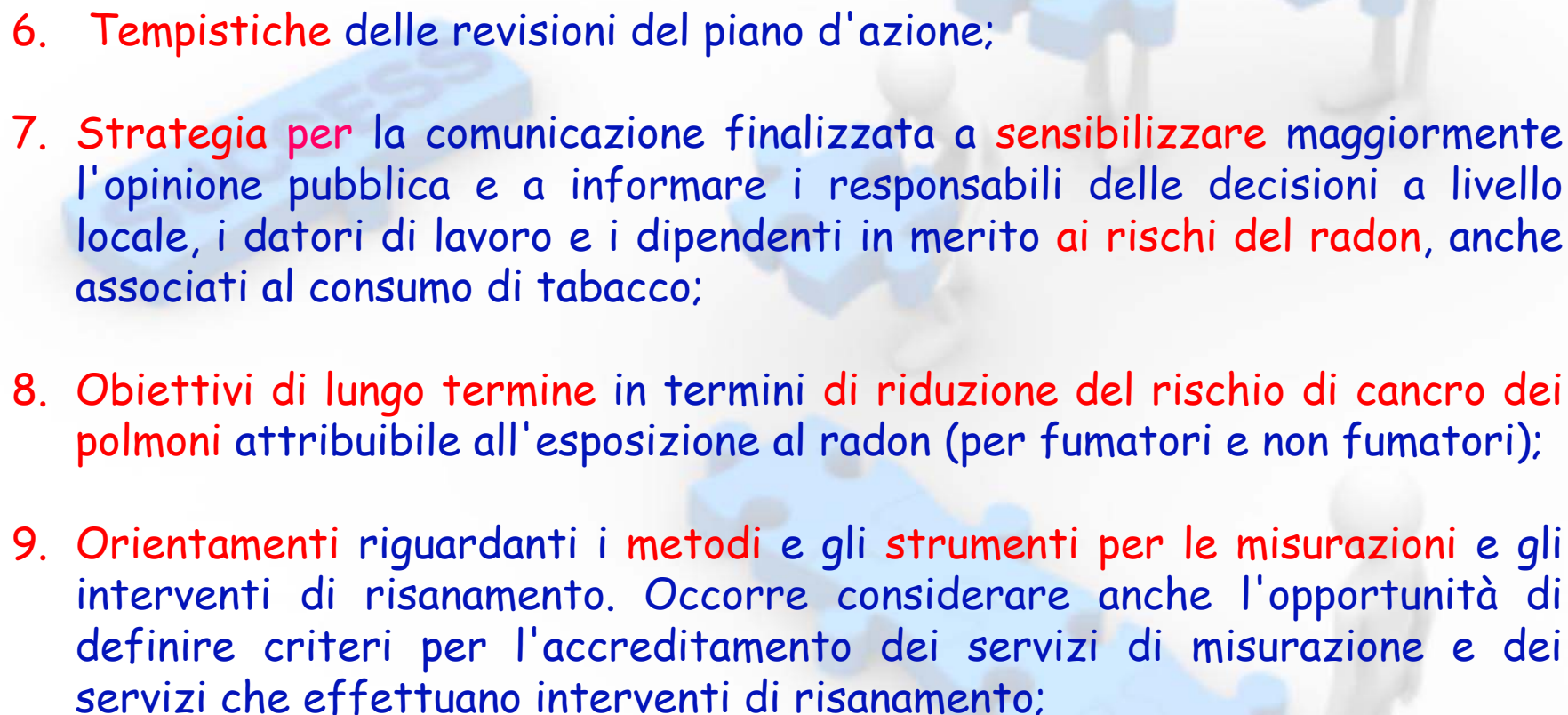
3. Strategie per la riduzione dell'esposizione al radon nelle abitazioni;

4. Strategie volte a facilitare interventi di risanamento dopo la costruzione;

5. Strategia, compresi i metodi e gli strumenti, per prevenire l'ingresso del radon nei nuovi edifici, inclusa l'identificazione di materiali da costruzione con esalazione di radon significativa;

Allegato XVIII

Piano d'azione radon

- 
- The background features a light blue and white illustration of several stylized human figures holding large puzzle pieces. The puzzle pieces are arranged in a way that suggests a collective effort or a complex task being solved. The figures are positioned around the puzzle pieces, with some holding them up and others looking at them. The overall scene is bright and clean, with a soft, ethereal glow.
6. **Tempistiche** delle revisioni del piano d'azione;
 7. **Strategia per** la comunicazione finalizzata a **sensibilizzare** maggiormente l'opinione pubblica e a informare i responsabili delle decisioni a livello locale, i datori di lavoro e i dipendenti in merito **ai rischi del radon**, anche associati al consumo di tabacco;
 8. **Obiettivi di lungo termine** in termini di **riduzione del rischio di cancro dei polmoni** attribuibile all'esposizione al radon (per fumatori e non fumatori);
 9. **Orientamenti** riguardanti i **metodi** e gli **strumenti per le misurazioni** e gli interventi di risanamento. Occorre considerare anche l'opportunità di definire criteri per l'accreditamento dei servizi di misurazione e dei servizi che effettuano interventi di risanamento;

.....

DIRETTIVA 2013/51/EURATOM

22 ottobre 2013

"Requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano"

già in vigore dal gennaio 2015



Dott.ssa Valentina Fuoco

Art.4

Obblighi generali:

Programma di controllo delle acque:
in caso di non conformità dei valori di
parametro



1. Valutazione del rischio per la salute umana;
2. Provvedimenti correttivi, ove necessari, per migliorare la qualità dell'acqua fino ad un livello conforme ai requisiti per la tutela della salute umana sotto il profilo della radioprotezione;
3. Informare la popolazione interessata del rischio e dei provvedimenti correttivi adottati.



Allegato I

Valori di parametro per radon, trizio e DI delle acque destinate al consumo umano

*Il livello fissato da uno Stato membro può essere superiore a 100 Bq/l ma comunque inferiore a 1.000 Bq/l

** Livelli elevati di trizio possono indicare la presenza di altri radionuclidi artificiali

38 milioni di anni fa

PLACCA EUROPEA

Alpi liguri

Appennini

Bacino Balearico

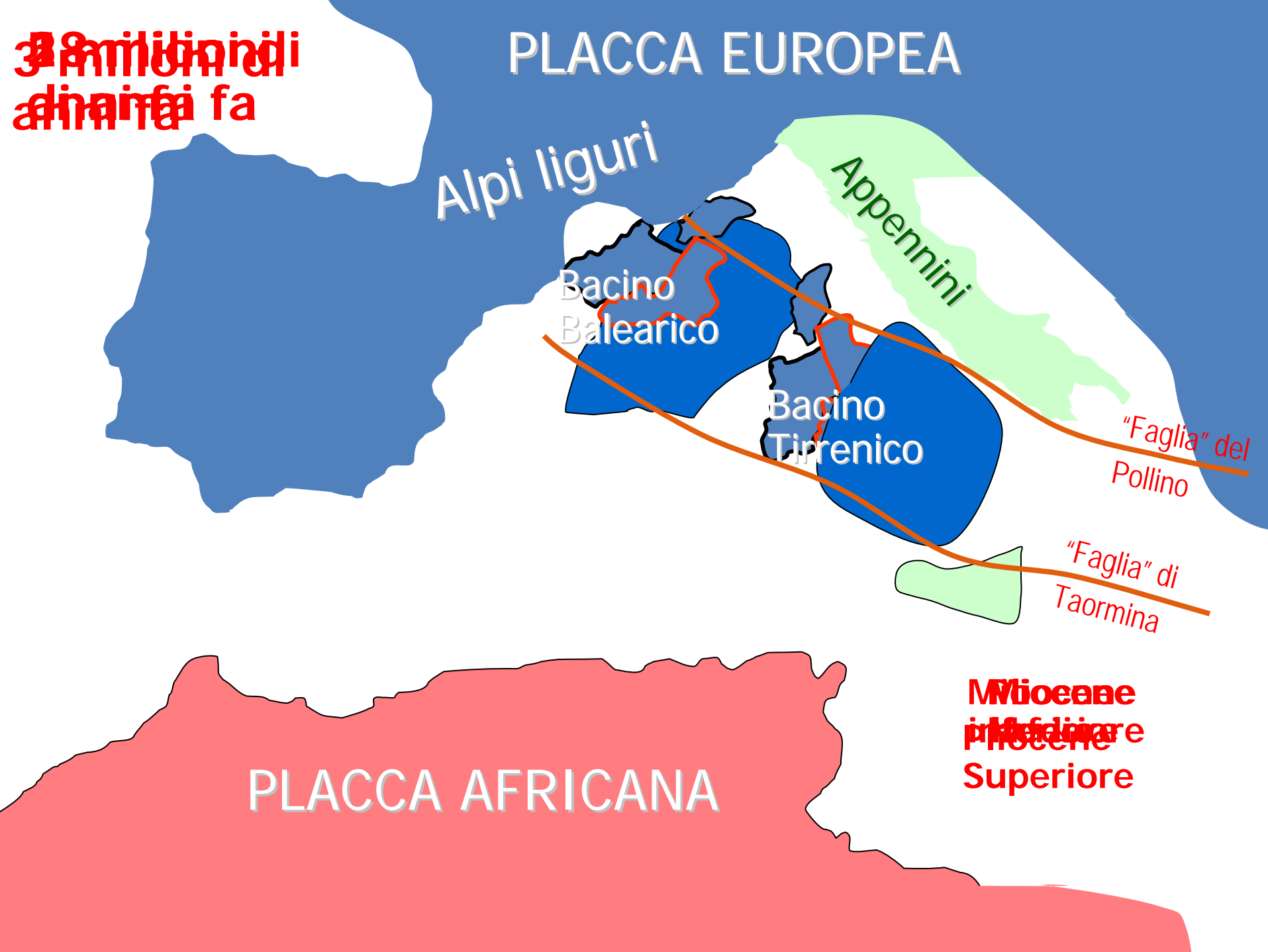
Bacino Tirrenico

"Faglia" del Pollino

"Faglia" di Taormina

PLACCA AFRICANA

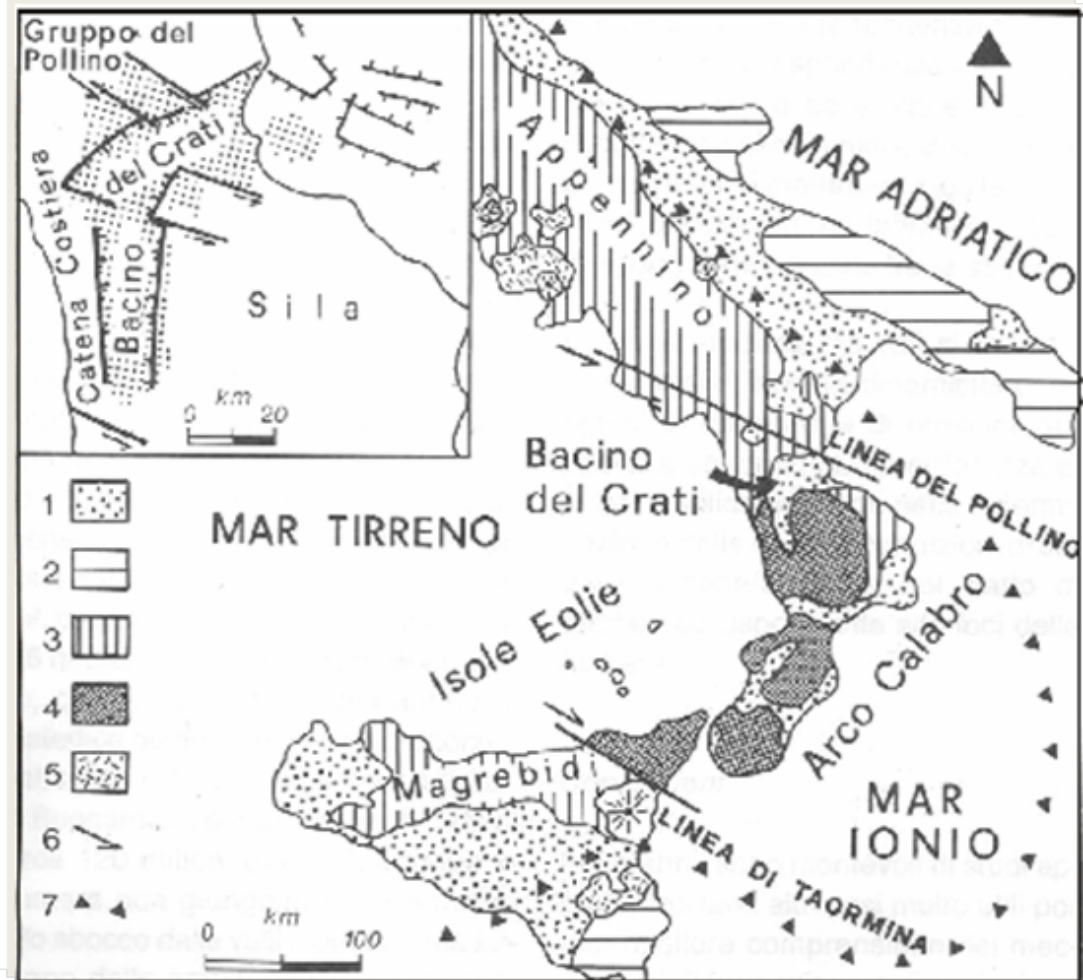
**Miocene
inferiore
Pliocene
Superiore**



Anomalia geologica della Calabria



Tansi, Folino Gallo, CNR – UNICAL, 2000



IL CONTROLLO DELLA CONCENTRAZIONE DI RADON IN ACQUA DESTINATA AL CONSUMO UMANO NEL TERRITORIO CALABRESE

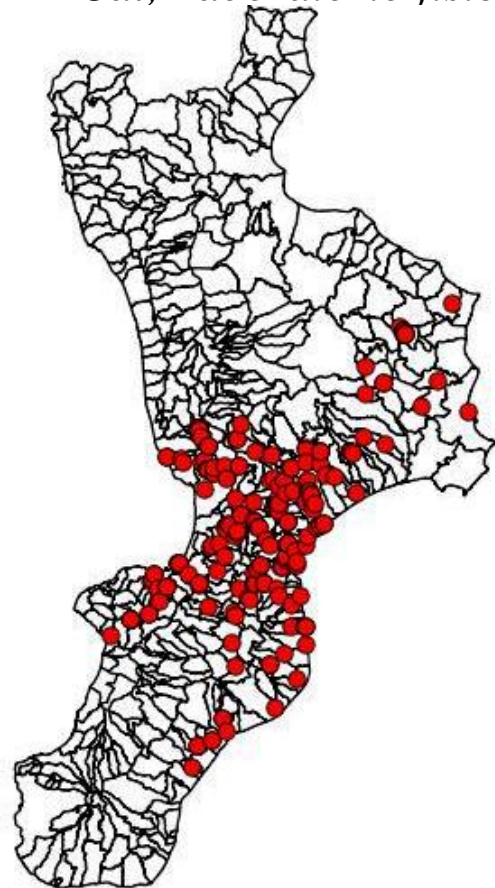
A.Diano*, S. Procopio*, P.C.

T.

*ARPACal, Laboratorio fisico E

di

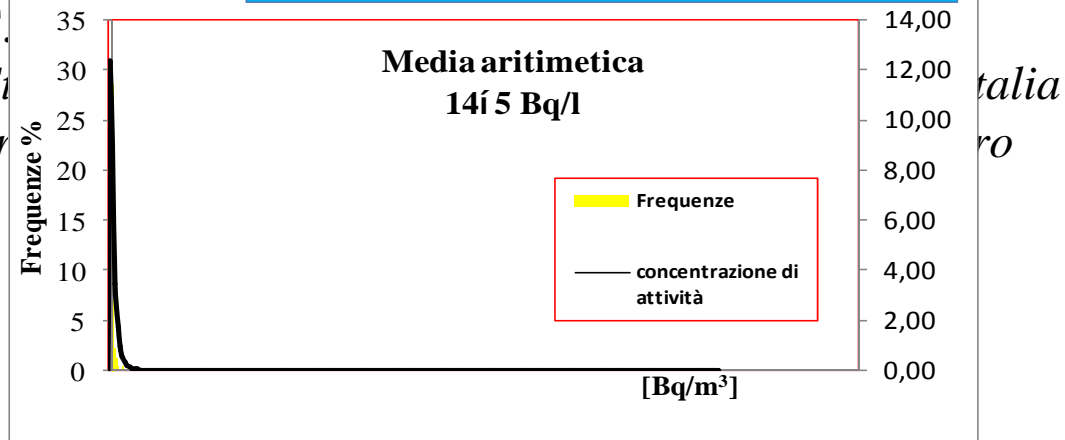
per



Ag

ambiente della Calabria

Concentrazioni di attività di radon nelle acque regionali



PUNTI DI PRELIEVO	Concentrazione di attività di radon [Bq/l]
Curinga (Cz) - Samboni	1213±82
Pallagorio (Kr) - Cascate Lauro	237±35
Castiglione cosentino (Cs) - Pristini	145±22
Castiglione cosentino (Cs) - Orbo	52±7



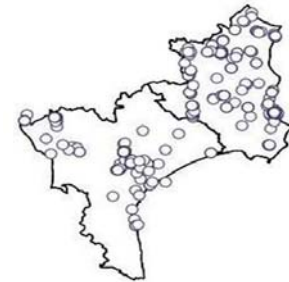
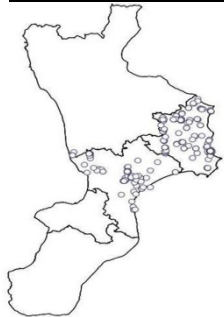
IL GAS RADON LA CARTA DEL RISCHIO RADON DI CATANZARO E CROTONE

V. Fuoco, M. Fòlino Gallo, S. Procopio, C. Migliorino^[1]
^[1]ArpaCal (CZ), fisico.cz@arpacal.it



SCOPO DELLO STUDIO

La complessità geologico - strutturale e litologica del territorio in esame impone un aggiornamento continuo dei dati acquisiti al fine di affinare l'individuazione delle zone più esposte e rappresentare nel contempo un valido strumento per la pianificazione urbanistica e per il contenimento del rischio sanitario sia per la popolazione i lavoratori esposti.



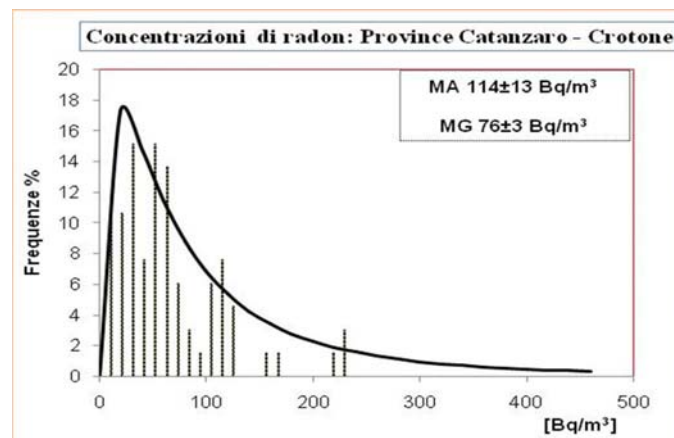
area indagata



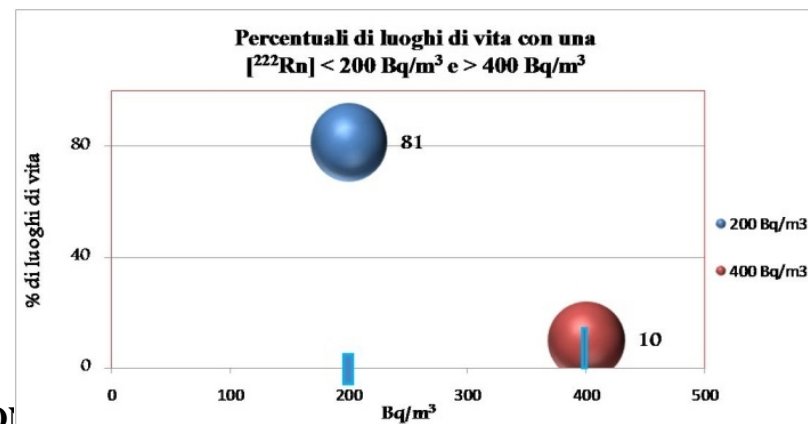
RISULTATI E CONCLUSIONI

Tab.1: Arpacal, Laboratorio Fisico, campagna 2012 - 2014

		Comuni >3000 ab.	Comuni <3000 ab.
Abitazioni private	66	6	5
Concentrazione Max [Bq m ⁻³]	441	399	441
Media Aritmetica	114±13	143±28	87±12
Media Geometrica	76±3	102±2	56±3



distribuzione della concentrazione di radon nell'area di studio



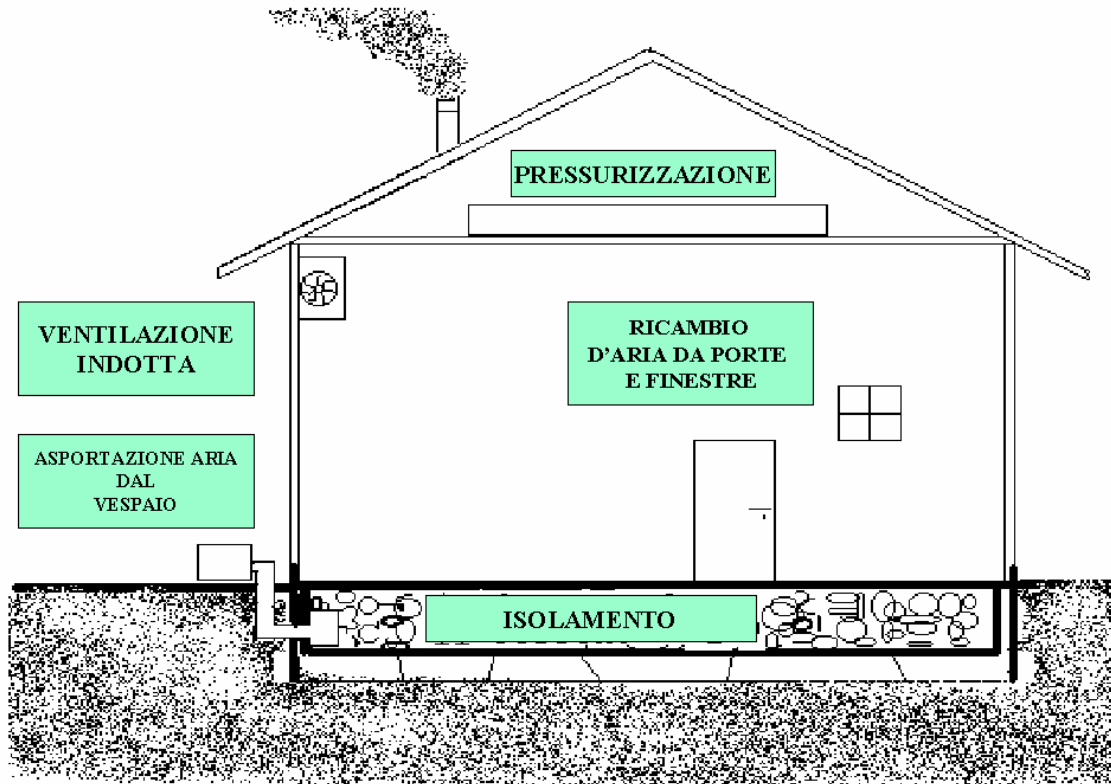
% luoghi di vita a diverse concentrazioni di attività di radon



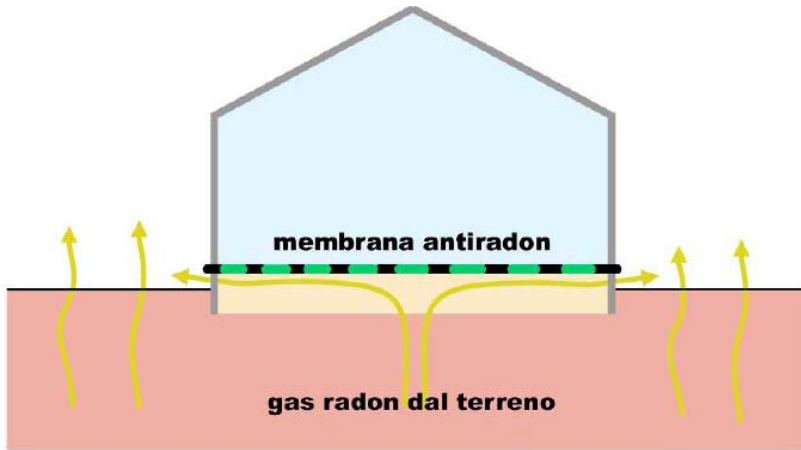
Ambienti di vita

- ❑ 77 ± 5 Bq/m³ Campagna Nazionale ISS 1990/4 [media nazionale]; la Calabria tra 20 – 40 Bq/m³;
- ❑ 67 ± 10 Bq/m³ ARPA Cal Luoghi di lavoro Piano terra ;
- ❑ 120 ± 14 Bq/m³ ambienti scolastici

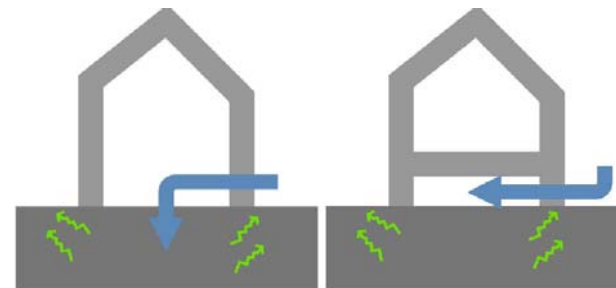
Le azioni di rimedio



Prevenzione pura abbattere il rischio



Tubi drenanti



Pressurizzazione



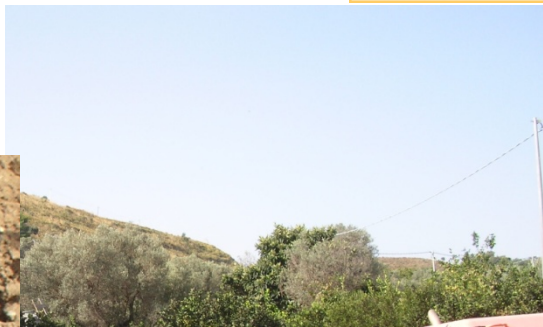
Regione Calabria ARPACAL

Agenzia Regionale per l'Ambiente della Calabria



Sant'Ilario

SS 106 jonica



Concentrazione radon nel suolo [Bq/m ³]	incertezza [Bq/m ³]
7895	163
21668	687
13282	806
18037	807
12323	883
15221	616

Prevenzione vera: riduzione del rischio a monte

- ❑gettata platea con rete elettrosaldata sull'area totale di fondazione;
- ❑armatura telaio di base con introduzione di tubi in polietilene del diametro di 110 mm nelle travi: piatta e rovescia; su tutto il perimetro della fondazione ad una distanza di 250/300 cm e diverse altezze $h = 30 - 100$ cm;
- ❑i tubi sono stati connessi col vespaio fatto da diversa granulometria;
- ❑sono stati installati ulteriori tubi (quota terreno) per favorire la fuoriuscita del gas radon e per il ricircolo dell'aria tramite griglie metalliche per tutto il perimetro della costruzione e la eventuale aspirazione.



Società Estuario S.r.l. - Costruzioni
Generali - Sant'Ilario dello Jonio (RC)
Sede Operativa 0964365341 -
3480324605 - 3489139312





Altro esempio di riduzione del rischio

L'obiettivo: ridurre il livello di contaminazione della città di Crotona dove è presente l'industria chimica contenente agenti atmosferici.

La contaminazione è stata valutata in termini di radiometrica dell'area.

Sulla base di questi dati sono state svolte:

- misurazioni dosimetriche per la popolazione di interesse;
- valutazioni radioprotezionistiche sulla fattibilità ed efficacia di eventuali azioni di rimedio.

I NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials non sono rifiuti radioattivi ma materiali che contengono un'attività radioattiva naturale elevata rispetto a quella abitualmente registrata)





NORM di Kr

In tabella 1 sono riportati i dati ottenuti con la tecnica EDXRF relativi alla quantificazione totale di Uranio e Torio.

Tabella 1. Valori ottenuti con screening EDXRF.

	U	Th
Campione ARPACAL replica 1	83.6 ± 3.7	10.1 ± 0.4
Campione ARPACAL replica 2	83.1 ± 3.7	9.6 ± 0.4
Campione ARPACAL replica 3	83.7 ± 3.7	10.4 ± 0.4
valore medio Campione ARPACAL	83.5	10.0
CV%	0.4	4.0
RM IAEA-312 replica 1	14.6 ± 0.6	97.7 ± 3.7
RM IAEA-312 replica 2	14.6 ± 0.6	98.7 ± 3.8
valore medio RM IAEA-312	14.6	98.2
CV%	0.0	0.7
RM IAEA-314 replica 1	55.4 ± 2.4	21.9 ± 0.8
RM IAEA-314 replica 2	54.1 ± 2.4	22.6 ± 0.9
valore medio RM IAEA-314	54.8	22.3
CV%	1.7	2.2

valori espressi in mg/kg s.s. tranne per CV% espresso in percentuale

NORM di Kr

Tabella 2. Valori di concentrazione ottenuti con ICP-MS.

Campion
Campion
valore med

Tabella 3. Valori di attività calcolate dalle concentrazioni

	²³⁸ U	²³² Th
Campione ARPACAL replica 1	1305 ± 190	30.5 ± 4.4
Campione ARPACAL replica 2	1202 ± 175	28.9 ± 4.2
valore medio Campione ARPACAL	1253	29.7
CV%	5.8	3.8
RM IAEA-312	216.4 ± 31.6	410.8 ± 59.6
RM IAEA-314	670.5 ± 97.8	71.6 ± 10.4
PB	NR	NR

valori espressi in Bq/kg s.s. tranne per CV% espresso in percentuale

Concentrazioni di attività di uranio e torio in alcuni tipi di roccia [Unsear, 1977]

Tipo di roccia	^{238}U [Bqkg⁻¹]	^{232}Th [Bqkg⁻¹]	^{40}K [Bqkg⁻¹]
Rocce ignee acide	59,2	81,4	999
Rocce ignee intermedie	22,9	32,6	703
Rocce ignee mafiche	11,5	11,1	240,5
Rocce ignee ultrabasiche	0,4	24,4	148
Calcari	27,7	6,7	88,8
Rocce carbonatiche	26,6	7,8	-
Arenarie	18,5	11,1	370
Argillite	44,4	44,4	703

Dose efficace annua a cui può essere sottoposto un individuo [mSv]; [Unsear, 2000]

	Sorgente	Dose (mSv)	%		
Esposizione esterna	Raggi gamma terrestri	0,5	17,80	85,5% (2,4 mSv)	Naturali
	Raggi cosmici	0,4	14,24		
Esposizione interna	Inalazione (radon)	1,2	42,74		
	Ingestione	0,3	10,68		
	Diagnostica medica	0,4	14,24	14,5% (0,41 mSv)	Artificiali
	Test nucleari	0,005	0,18		
	Chernobyl	0,002	0,07		
	Produzione energia nucleare	0,002	0,07		
	Dose totale /anno	2,81	100		



IL DESTINO DEI RESIDUI DI LAVORAZIONE



5 x10³ tonnellate di fosfogessi

< 5x10³ silicati di color grigio azzurro



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente d



- Scuole, edifici pubblici, abitazioni private
- Le barriere frangiflutti; (zona industriale);
- Le banchine del porto;

Matrice Ambientale



RADIOATTIVITÀ NATURALE IMPOSTA



ALLEGATO I BIS

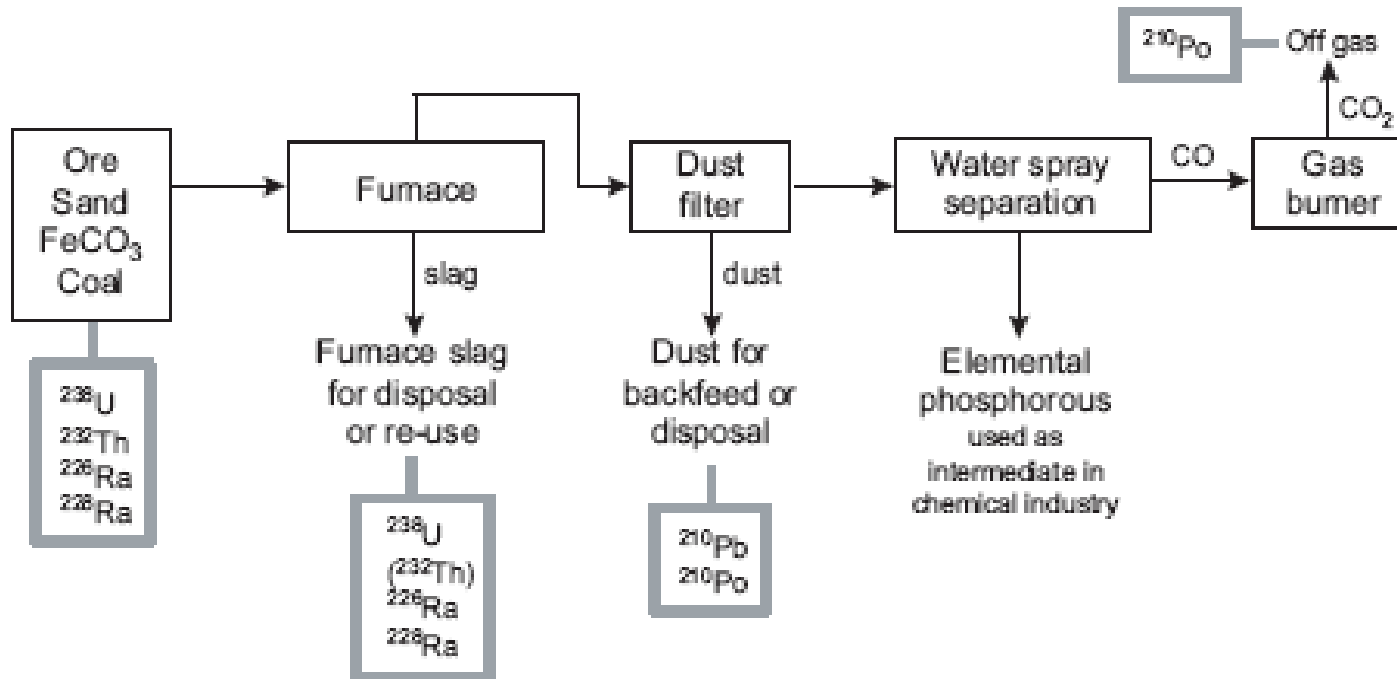
ALLEGATO I bis

1. Elenco delle attività lavorative di cui all'articolo 10 bis, comma 1, lettere c) e d):

- a) industria che utilizza minerali fosfatici e depositi per il commercio all'ingrosso di fertilizzanti;
- b) lavorazione di minerali nella estrazione di stagno, ferro-niobio da pirocloro e alluminio da bauxite;
- c) lavorazione di sabbie zirconifere e produzione di materiali refrattari;
- d) lavorazione di terre rare;
- e) lavorazione ed impiego di composti del torio, per quanto concerne elettrodi per saldatura con torio, produzione di lenti o vetri ottici e reticelle per lampade a gas;
- f) produzione di pigmento al biossido di titanio;
- g) estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, per quanto concerne presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori.

perfosfato di calcio a basso tenore di anidride fosforica con attacco delle fosforiti (*fosfati di calcio*) dall'Algeria;

fertilizzanti fosfatici, detersivi e mangimi



UNSCEAR 2000

Flow diagram of thermal production of elemental phosphorus.

LE PECULIARITÀ DELL'AREA IN ESAME

MOLO DEL PORTO INDUSTRIALE CON BANCHINA FRANATA

- 1574 m², ~ 1/3 franato e soggetto all'azione erosiva degli agenti atmosferici (mare e vento);
- area franata: rateo di dose in aria a 1 m dal suolo **590±39** nGyh⁻¹;
- sito recintato: valore medio del rateo di dose di **266±12** nGyh⁻¹ da confrontare con il fondo medio della zona **95±15** nGyh⁻¹

Le misure a contatto con i silicati:

- ✓ dose gamma 5 volte il fondo;
- ✓ misure con sonda beta gamma > 2 volte il fondo (19 cps).

Nell'area di accesso al molo recintato i livelli di radioattività sono superiori con il fondo.





RADIOATTIVITÀ NATURALE



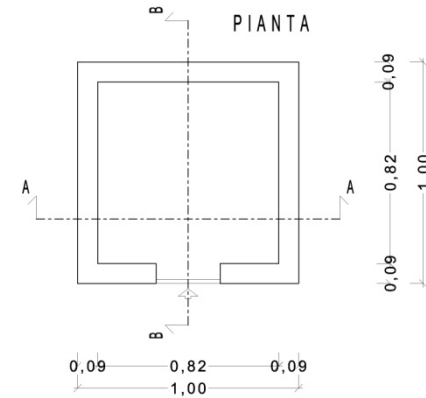
Matrice Ambientale



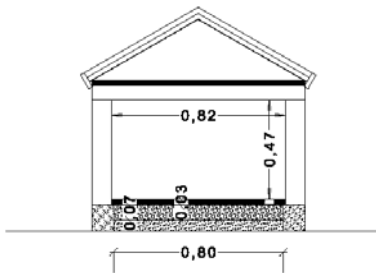
SORGENTI NATURALI MARY'S HOUSE



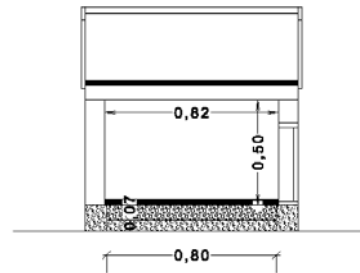
$$V_f = 0,32 \text{ m}^3$$



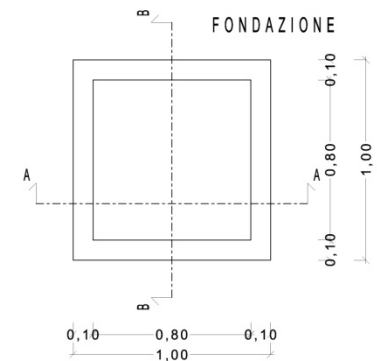
- CONGLOMERATO CEMENTIZIO
- MASSETTO PAVIMENTAZIONE
- FOSFORITI



SEZIONE A-A



SEZIONE B-B





RADIOATTIVITA' NATURALE



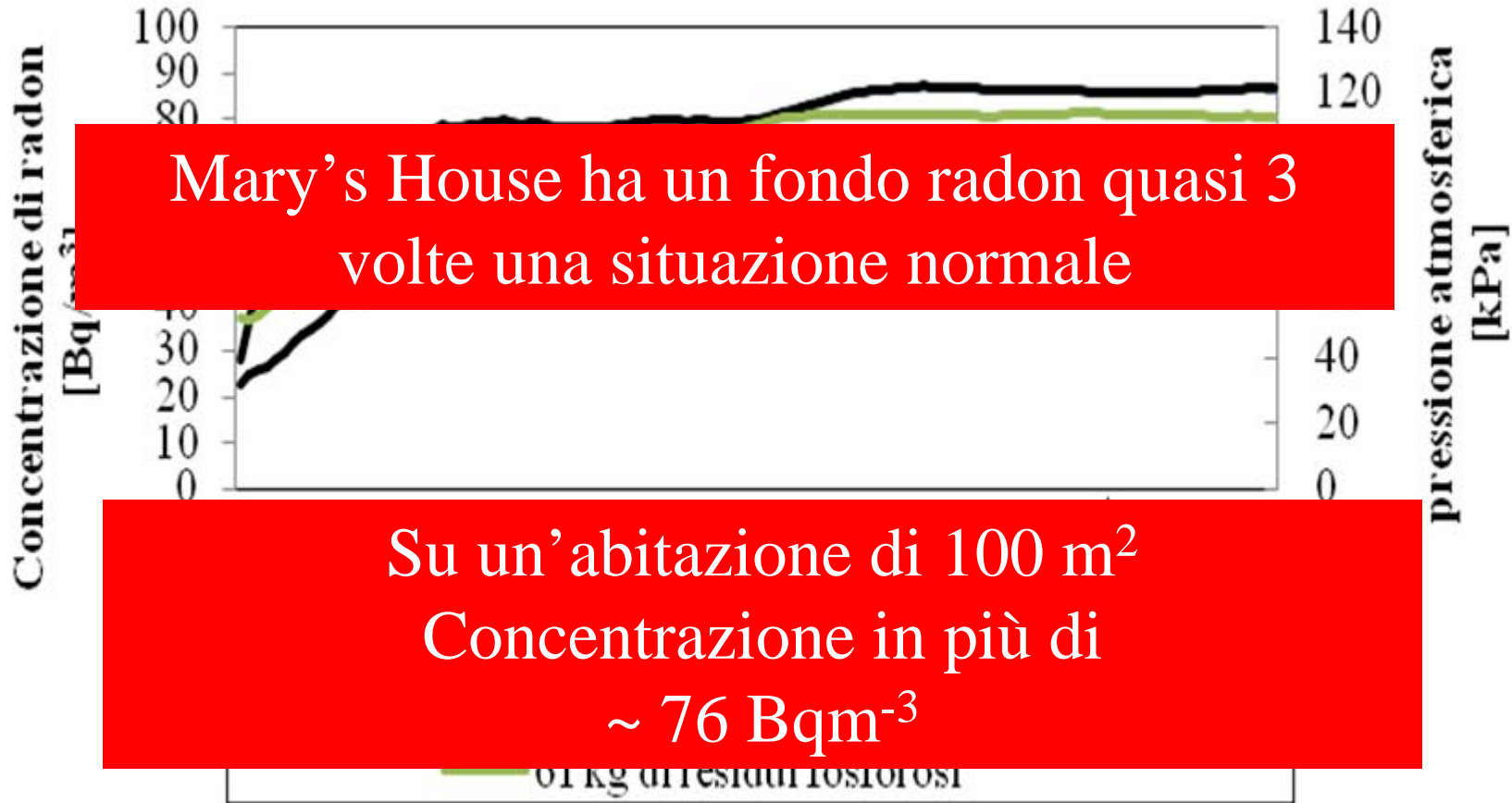


MARY'S HOUSE



NORM

RADIOATTIVITÀ NATURALE

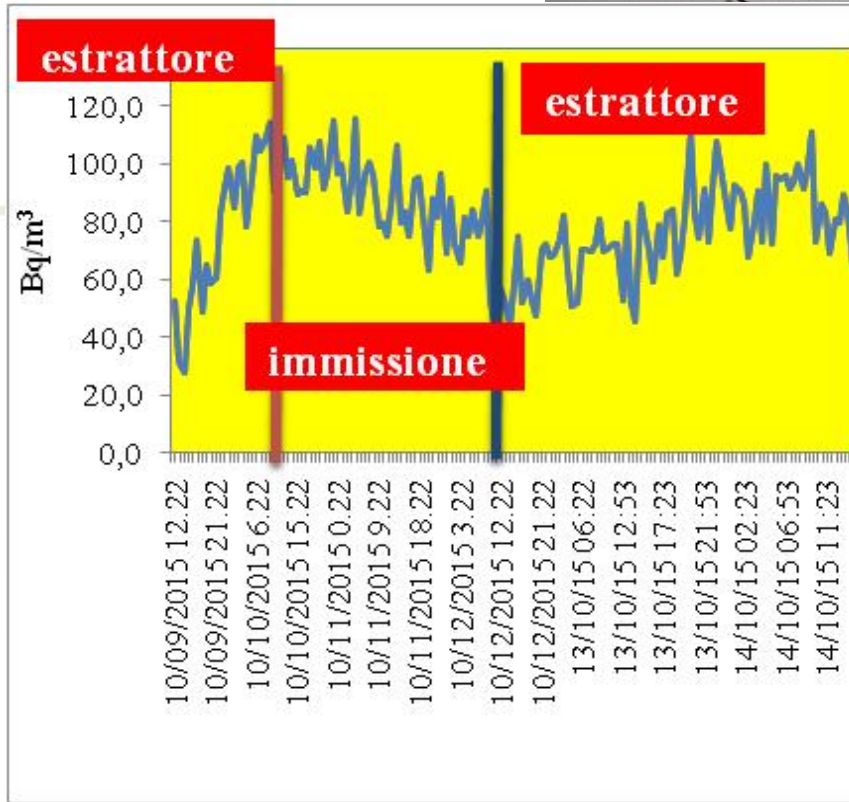


NORM



RADIOATTIVITA' NATURALE

Potenza: 2,2 W
Tensione V_{dc} : 12 V
Portata: 24 m³h



Azione di
rimedio
Mary's House

NORM



MISURE DI RADON INDOOR: AZIONE DI RIMEDIO IN UN'ABITAZIONE DI LAMEZIA TERME (CZ)

S. Procopio*, M. Fòlino Gallo*, D. Iannetti, G. Racioppi, ****

** ARPACal, Laboratorio fisico Ettore Majorana Dipartimento di Catanzaro (CZ), Italia*

*** Studio Tecnico ArchIn-ES, San Casciano V.d.P. (Fi), Italia*



SCOPO DELLO STUDIO

In un quadro geologico territoriale complesso è stata realizzata un'azione di rimedio finalizzata alla riduzione del rischio radon in un'abitazione privata in cui i valori di concentrazione di attività di radon sono stati definiti non accettabili, a partire da una valutazione del rischio.

Lo studio presenta:

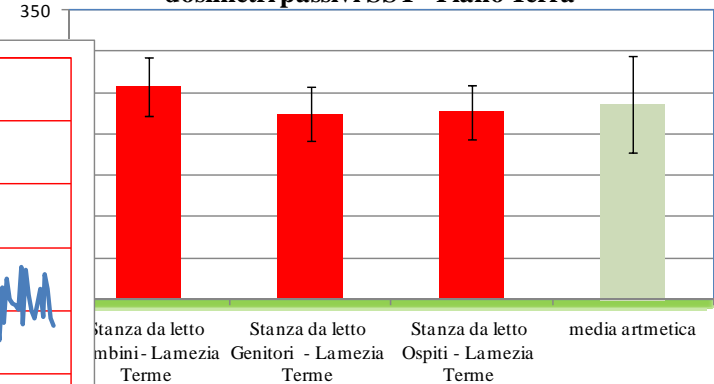
- il metodo e la valutazione del rischio;
- le tecniche d'intervento e le componentistiche strutturali.

L'analisi strutturale dell'edificio e la tipologia di costruzione, parimenti alle valutazioni geologiche e di analisi delle misure hanno animato il progetto. Il monitoraggio della radioattività è stato realizzato con dosimetria passiva (*Short e Long Term*) e con misure in continuo.



RISULTATI E CON

Concentrazione di attività [Bq/m³]
dosimetri passivi SST - Piano Terra



La media iniziale di radon
misurati è di 236 ± 58 Bq/m³.

La concentrazione media dopo
l'azione di rimedio è 47 ± 22 Bq/m³.





Campagna RADON 2015

promossa dall'Arpacal per la riduzione del rischio polmonare, hanno già aderito **50** comuni in tutta la Regione.

- Luoghi pubblici;**
- Scuole;**
- Abitazioni private;**



Istituto Scolastico; abitazione privata, luogo di lavoro					
Indirizzo:				n°	
C.A.P.		Comune di:		Provincia:	

Fas

gas

1 : 1 1 :

<p>Tipologia dell'area:</p> <p>† Urbana † Piccolo agglomerato</p> <p>† Isolata † Altro.....</p> <p>L'edificio è posto in:</p> <p>† Montagna † Collina</p> <p>† Pianura † Altro.....</p> <p>Tipo di edificio:</p> <p>† Casa / villa † A schiera</p> <p>† condominio (a torre) † edificio scolastico</p> <p>† Altro:.....</p> <p>Impianto di condizionamento:</p>	<p>Anno di costruzione del fabbricato:</p> <p>† < 1800</p> <p>† tra il 1800 e il 1900</p> <p>† tra il 1900 e il 1930</p> <p>† tra il 1930 e il 1960</p> <p>† tra il 1960 e il 1990</p> <p>† dopo il 1990</p> <p>Impianto idrico da :</p> <p>† Acquedotto † Pozzo</p> <p>† Altro:</p> <p>Impianto di riscaldamento:</p> <p>† gasolio † legna † gas</p> <p>† Assente † Altro.....</p>
--	--

6);



Regione Calabria
A.R.P.A.Cal.

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria



Materiali informativi

**WHO HANDBOOK ON
INDOOR RADON
A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE**



Manuale per il rischio radon: progetto di riduzione del rischio (Prot.Intesa Asp di Catanzaro e Arpacal)



... ..
nminando si apre il cammino

GRAZIE

