



La Chimica della Sicurezza e dello Sviluppo Sostenibile

# IL CONTROLLO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE IN CALABRIA: ATTIVITÀ, PROSPETTIVE ED EVOLUZIONE DEI LABORATORI FISICI DI ARPA

Aula magna *Beniamino Andreatta* Unical  
Arcavacata di Rende (Cs)  
22 – 23 giugno 2015  
[s.procopio@arpacal.it](mailto:s.procopio@arpacal.it)

Matrice Ambientale

Raffaella Trozzo;  
Durante Giacomina;  
Francesco Fullone

Cs

Cz

Salvatore  
Procopio

Rc

Alberto Belvedere  
Santina Marguccio  
Francesco Caridi  
Maurizio d'Agostino

# L'ORIGINE RADIOATTIVITÀ



**1898 Marie e Pierre  
Curie**

studiano il fenomeno della  
**radioattività** e scoprono i raggi X,

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

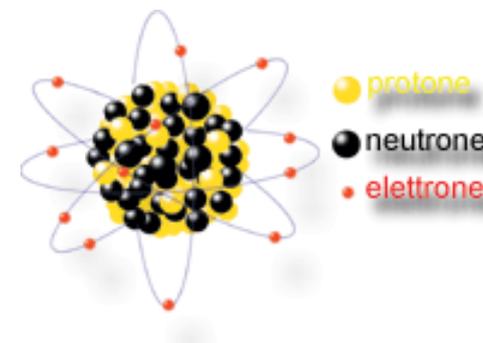
Po

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 produzione di un altro atomo, che può essere ancora radioattivo oppure stabile.

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



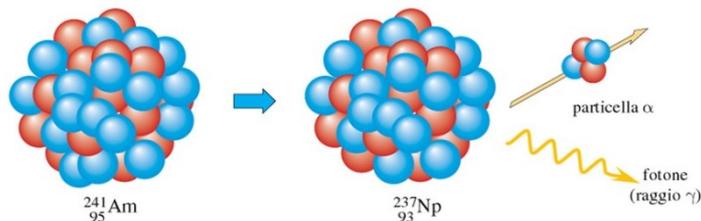
## Radiazioni “ionizzanti”

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.

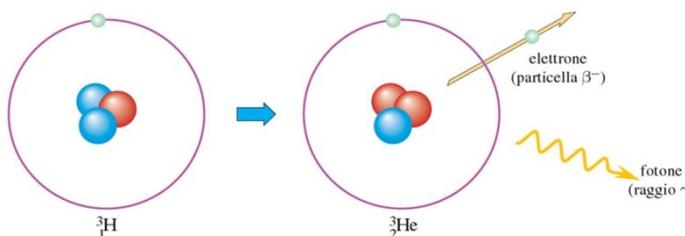
Per tale motivo i prodotti emessi dai nuclei soggetti a decadimenti radioattivi sono individuati col termine generale di “**radiazioni ionizzanti**”.

## Esistono **tre diversi tipi di decadimenti radioattivi**

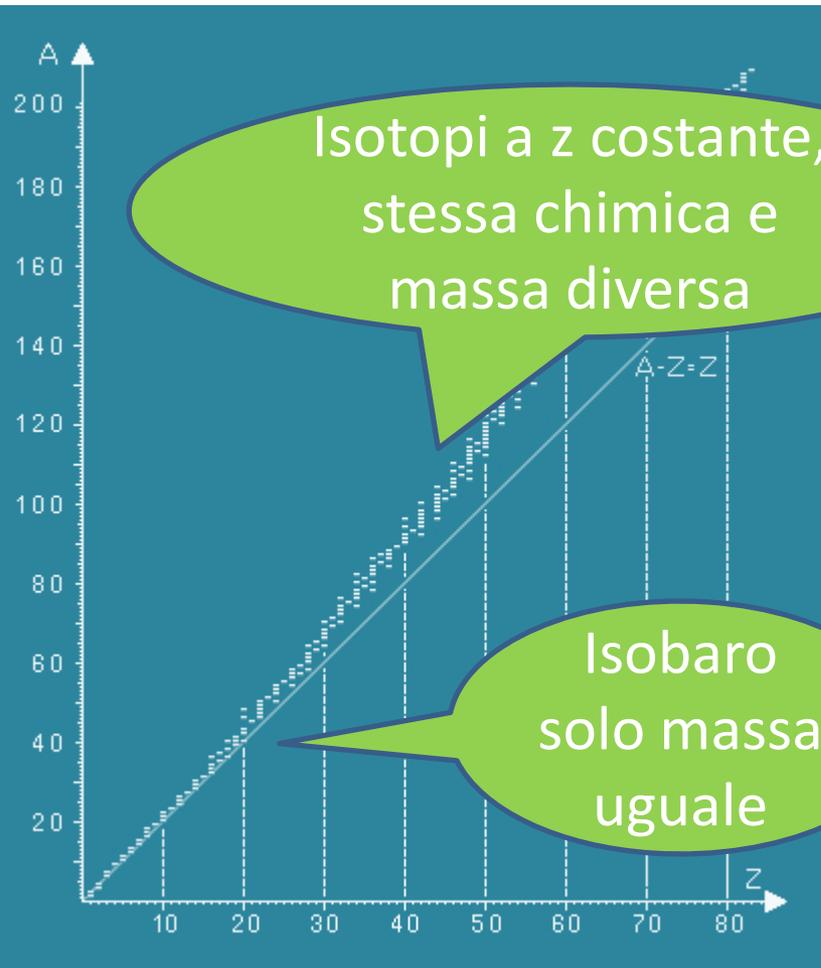
- Decadimento Alfa ( $\alpha$ ): esempio è il decadimento dell'Americio-241 in nettunio-2



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

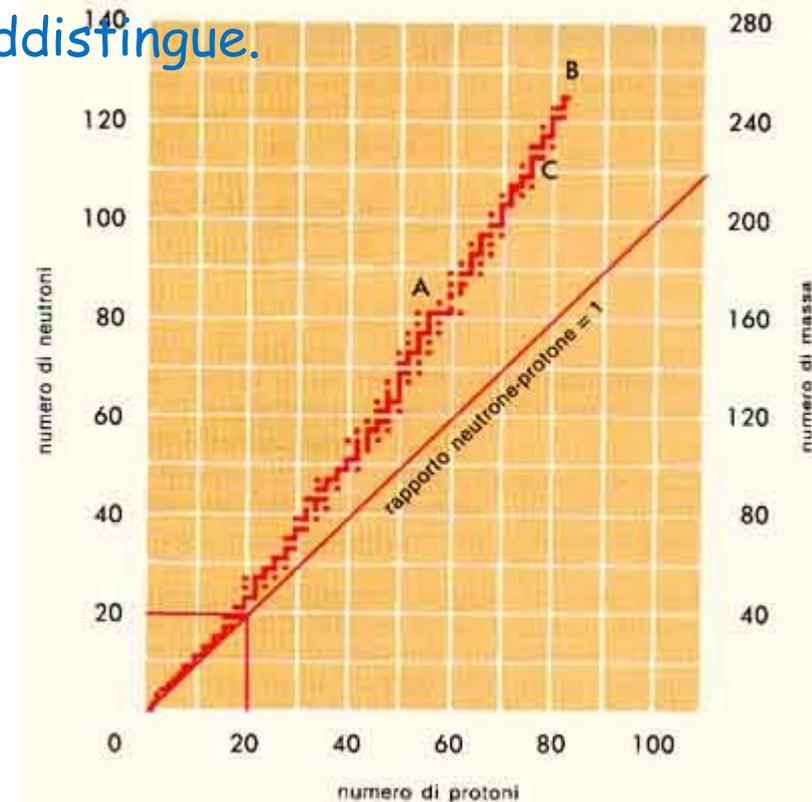


- Decadimento Gamma ( $\gamma$ ): onda elettromagnetica indirettamente ionizzante



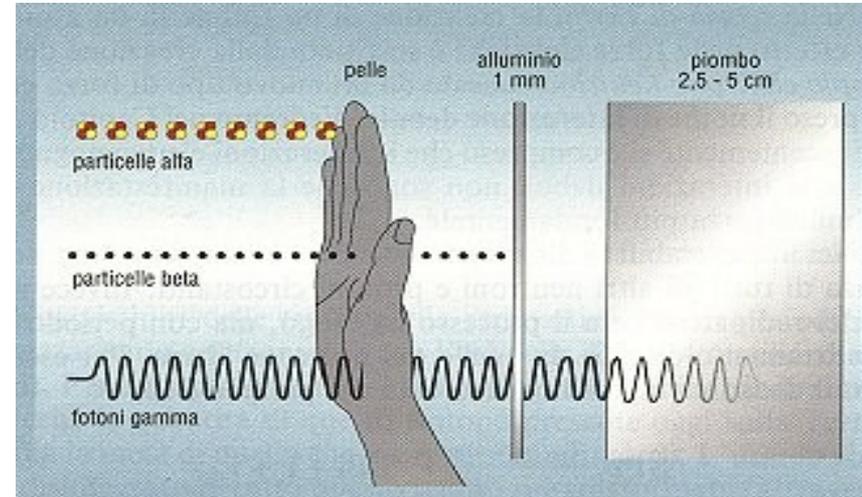
## CURVA DI STABILITÀ E INSTABILITÀ NUCLEARE

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)

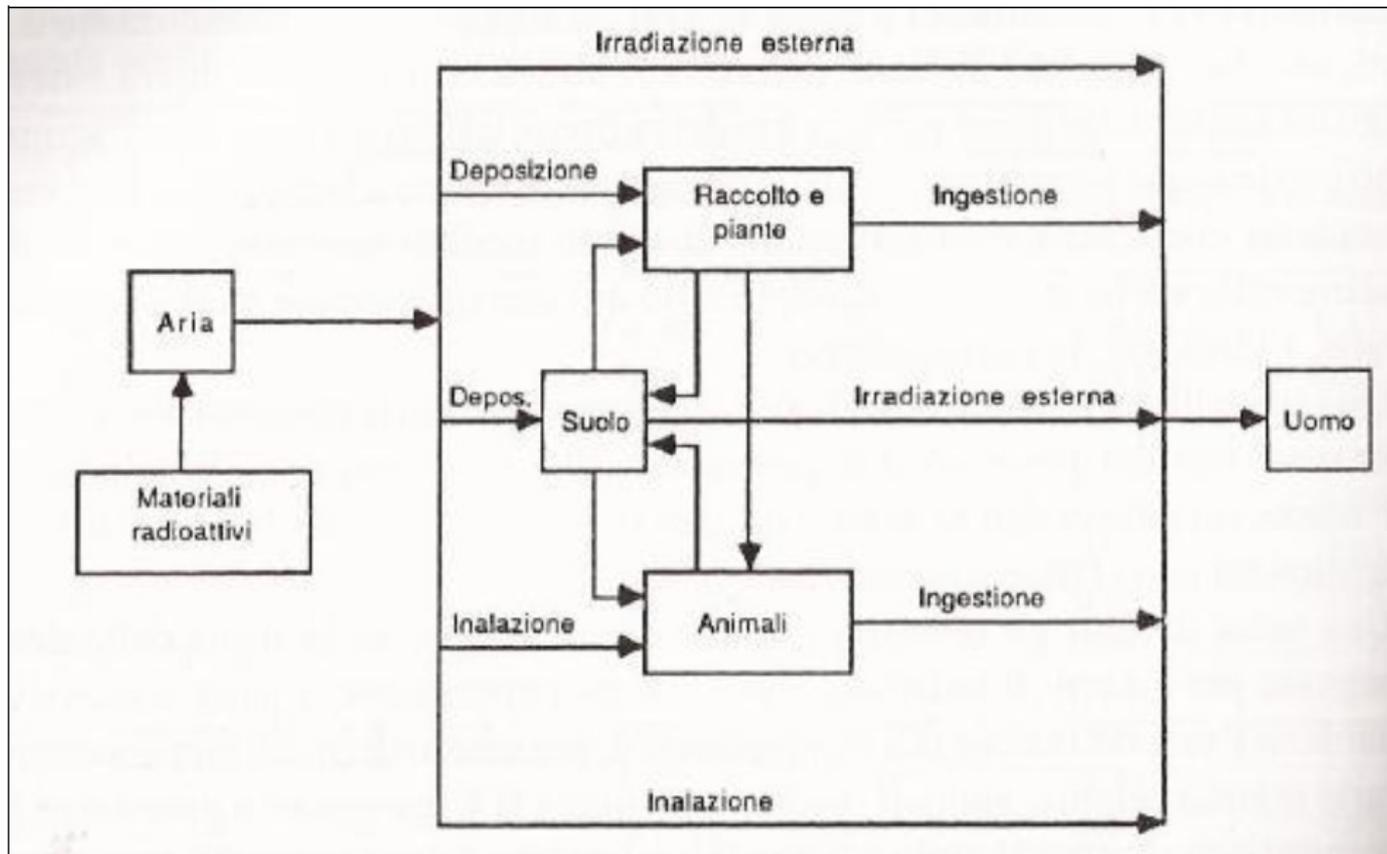
## Gli effetti

**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

# Caso di materiale radioattivo disperso



**Pellicioni:**  
radioattività rilasciata in atmosfera

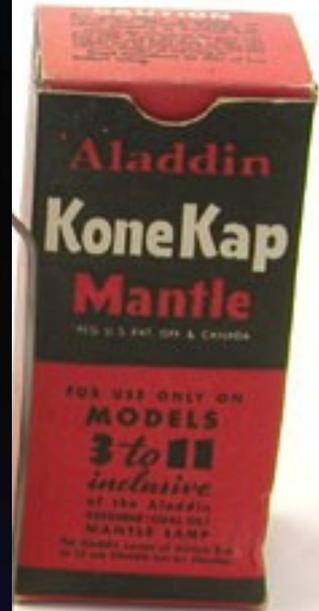
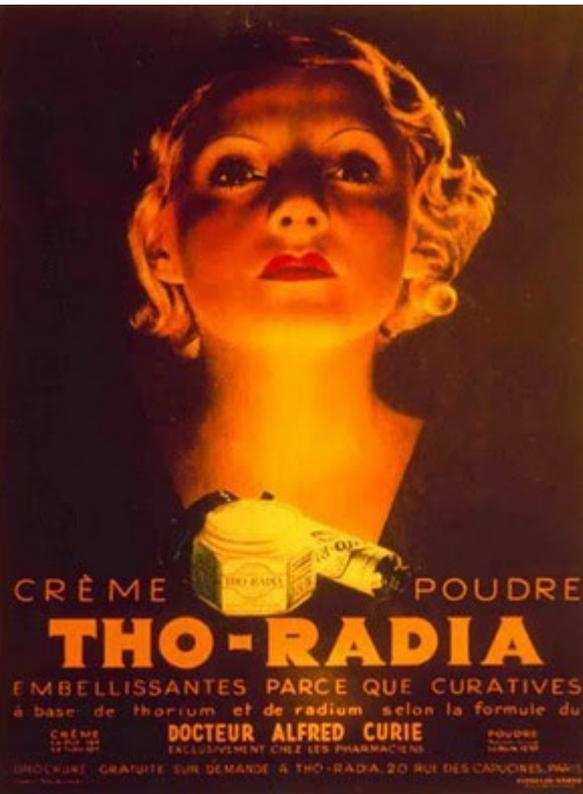


Regione Calabria  
**A.R.P.A.Cal.**

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria



## In principio era diversa la considerazione sulla radioattività





# Fisico Cosenza

- ❑ **Controllo radioattività ambientale RESORAD (latte, matrici ambientali da punti sentinella, ecc.)**
  - ❑ **Collaborazione con ASP CS - Distretto di Castrovillari per controlli sulle attività con sorgenti radiogene (dentisti, veterinari, detentori di apparecchiature radiogene in genere).**
  - ❑ **Partner istituzionale nella redazione/realizzazione/attuazione di piani di emergenza per il trasporto di materiale radioattivo (Prefettura di CS)**
  - ❑ **Affiancamento attività di indagine con NAS/Procura/ecc.**
  - ❑ **Attività di Formazione Ambientale in Istituti Superiori e nell'ambito del Gruppo ArpaCal di Educazione Ambientale.**
- detenzione, all'uso, alla dismissione ed al trasporto di sorgenti radiogene (sorgenti orfane – rifiuti radioattivi);**

## Monitoraggio Coste joniche anno 2014



Regione Calabria  
**ARPACAL**

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria

**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI COSENZA**  
Servizio Laboratorio Fisico

M) MAPPA

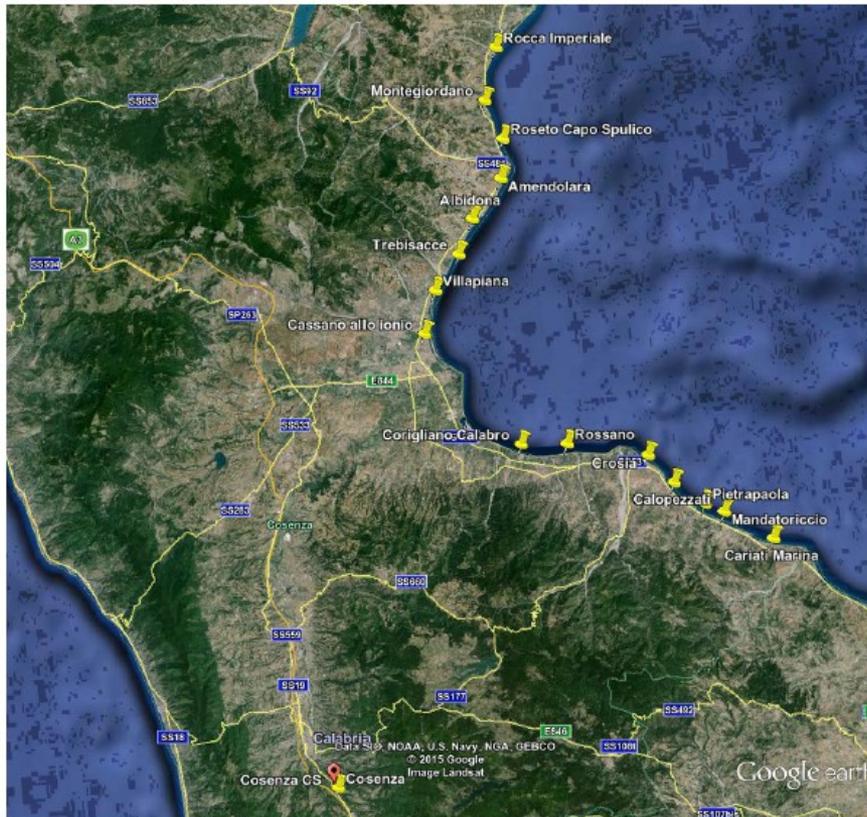


Illustrazione 9: Mappa località monitorate

RIA GAMMA

Radiazioni Ionizzanti

# Interventi [intesi a ridurre le esposizioni] controlli campali

## Controllo fiumi e foci (acque denurate)

Radiazioni Ionizzanti




**WORKSHOP DI PROGETTO**

*Presso Sala Nova – Provincia di Cosenza  
Piazza XV Marzo, 195  
Sabato, 9 maggio 2015, ore 10,00*

**Il cinghiale come indicatore per il monitoraggio e la mappatura dell'ecosistema: attività di progetto e risultati preliminari.**

Protocollo d'intesa tra l'Anziana Sanitaria Provinciale di Cosenza, Servizio Veterinario Area Igiene degli Alimenti di Origine Animale (ASP CS) e l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria (A.R.P.A.CAL) Dipartimento Provinciale di Cosenza, Servizio Laboratorio Fisico

Attivazione Rete Regionale di Sorveglianza della Radioattività Ambientale (RESORAD)

**INTERVENGONO**

- Dott. G.Filippelli, Commissario Straordinario ASP CS
- Dott.ssa S.Santagati, Direttore Generale Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Regione Calabria
- Dott. B.Petrinella, Direttore UOC Area funzionale Igiene degli Alimenti di Origine Animale ASP CS
- Ing. E.Rocigianolo, Direttore Dipartimento Provinciale di Cosenza
- P.A. M.Cannonaco, Presidente Ambito Territoriale di caccia CSI - CS
- Dott.ssa R. Trozzo Dirigente Servizio Lab Fisico Dip Arpacal CS - referente tecnico di progetto per ArpaCal
- Ing. G.Durante, Servizio Lab Fisico, Dip. Arpacal CS

**CONCLUDONO**

- M. D'Acri, Consigliere Regione Calabria
- G. Giudiceandrea, Consigliere Regione Calabria
- M. Occhiuto, Presidente Provincia di Cosenza
- G.Melfi, Comandante Provinciale Corpo Forestale dello Stato Provincia CS

**MODERA**

- Dott. S. Stancati, Veterinario dirigente ASP CS, Area Igiene degli Alimenti di Origine Animale - referente tecnico di progetto per ASP

**SEGUE DIBATTITO**

I lavori si concluderanno con una degustazione di prodotti locali gratuitamente offerti da:



- Delibera n° 49 del 24.02.2014 “APPROVAZIONE **PROTOCOLLO D'INTESA ARPACAL - ASP DI REGGIO CALABRIA**”: *Sviluppo delle attività istituzionali obbligatorie relative al monitoraggio per la ricerca di radionuclidi in matrici alimentari di origine animale , vegetale e nel pasto completo;*
- Ente Parco Nazionale d'Aspromonte - Nulla Osta prot. n. 5407 del 17/12/2014 per l'annualità 2015: *Attività congiunte di prelievo di Funghi, Muschi e Licheni in Area Parco (avviate con verbale congiunto del 10/06/2015);*
- Protocollo d'Intesa tra l'Autorità Portuale di Gioia Tauro e l'ARPACAL: *“Controllo radioattività merci in entrata”;*
- Accordo di collaborazione prot. n. 6797 del 25.02.2015 per l'annualità 2015 - Centro ARSAC Sperimentale Dimostrativo “Area dello Stretto” di Reggio Calabria: *Analisi di spettrometria gamma su campioni di Miele da apicoltori Hobbysti;*
- Accordi di collaborazione prot. nr. 10144 – 10146 – 10156 del 23/03/2015, con i Servizi Tematici Acque, Suolo e Rifiuti ed Alimenti e Bevande del Dipartimento di Reggio Calabria per le Matrici Acque reflue, Fanghi da Depurazione, Sedimenti fluviali, Sedimenti marini, Acque sotterranee;
- Autorizzazione Direzione Scientifica prot. n. 7961 del 05/03/2015 all'utilizzo dei filtri campionati nell'ambito della Rete Regionale della Qualità dell'Aria per le attività di Monitoraggio della Rete RE.SO.RAD;



## Laboratorio Fisico Dipartimento di Reggio Calabria Attività di Ricerca Scientifica



*Protocollo di intesa con il Dipartimento di Fisica e scienze della Terra dell'Università di Messina - Delibera numero 159 del 10/03/2015.*



*Attività di Ricerca in ambienti terrestri per la caratterizzazione chimico – fisica con tecniche SEM-EDS, XRPD, AAS, XRF, LA-ICP-MS, Spettrometria Gamma.*



# Pianificazione attività 2015

## Centro di Riferimento Regionale Radioattività Ambientale

MATRICE	FREQUENZA	RADIONUCLIDI RICERCATI
ACQUE REFLUE	Semestrale	Cs-137, Tc-99m, I-131, Ga-67, In-111
ACQUE DI LAGO	Annuale	Cs-137
SEDIMENTO MARINO COSTIERO	Annuale	Cs-137
SEDIMENTI FLUVIALI	Semestrale	Cs-137
FANGHI DA DEPURAZIONE	Semestrale	Cs-137
ACQUA POTABILE SOTTERRANEA	Semestrale	Cs-137, Alfa Tot
SABBIA DI MARE	Semestrale	Cs-137
POLVERI TOTALI SOSPESE Centralina DIP RC	72 ore	Cs-137, Be-7, Alfa Tot., Beta Tot
PARTICOLATO ATMOSFERICO Rete Regionale	Giornaliero*	Cs-137, Be-7, Alfa Tot., Beta Tot
CARNE DI: BOVINO, SUINO, CAPRINO, OVINO, POLLAME, PRODOTTI ITTICI	Trimestrale	Cs-137
ALIMENTI DI ORIGINE VEGETALE	Trimestrale, Annuale	Cs-137
LATTE E DERIVATI , FORAGGI E MANGIMI	Mensile, Trimestrale, Annuale	Cs-137
PASTO COMPLETO	Trimestrale	Cs-137
MUSCHI, FUNGHI, LICHENI	Annuale	Cs-137

# Preparazione campioni





## Nuova tecnica avviata

Misure di attività Alfa totale su Acque potabili  
con preparazione Radiochimica del Campione  
*(Metodo della sorgente spessa ISO 9696)*

- Pretrattamento del Campione
- Concentrazione del campione

- Solfatazione
- Incenerimento

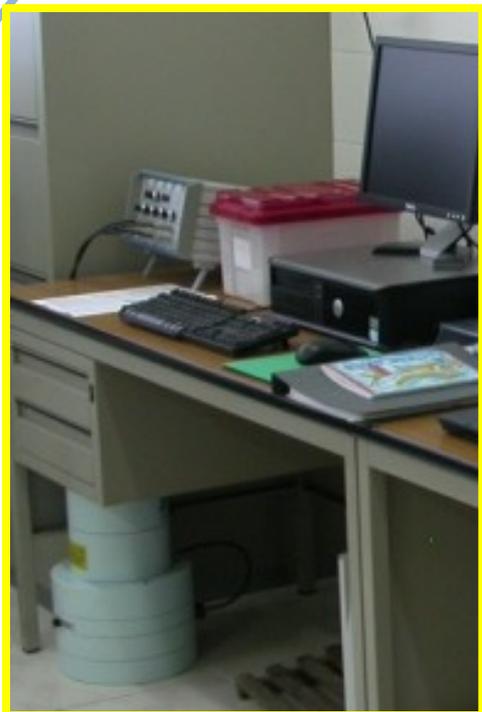
- Preparazione della sorgente
- Conteggio Alfa



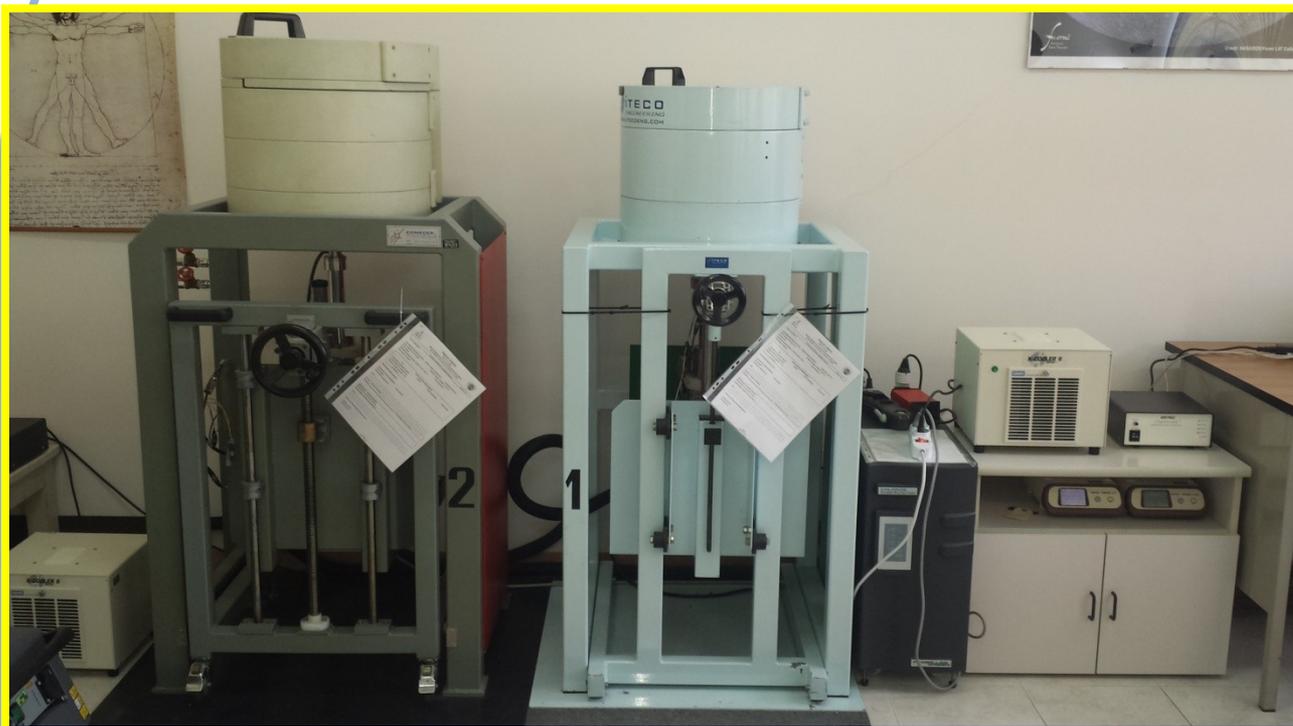
*Am 241  
Standard utilizzato per  
la determinazione  
dell'efficienza di  
conteggio.*



# Conteggio Alfa e Beta Totale



# Spettrometria gamma



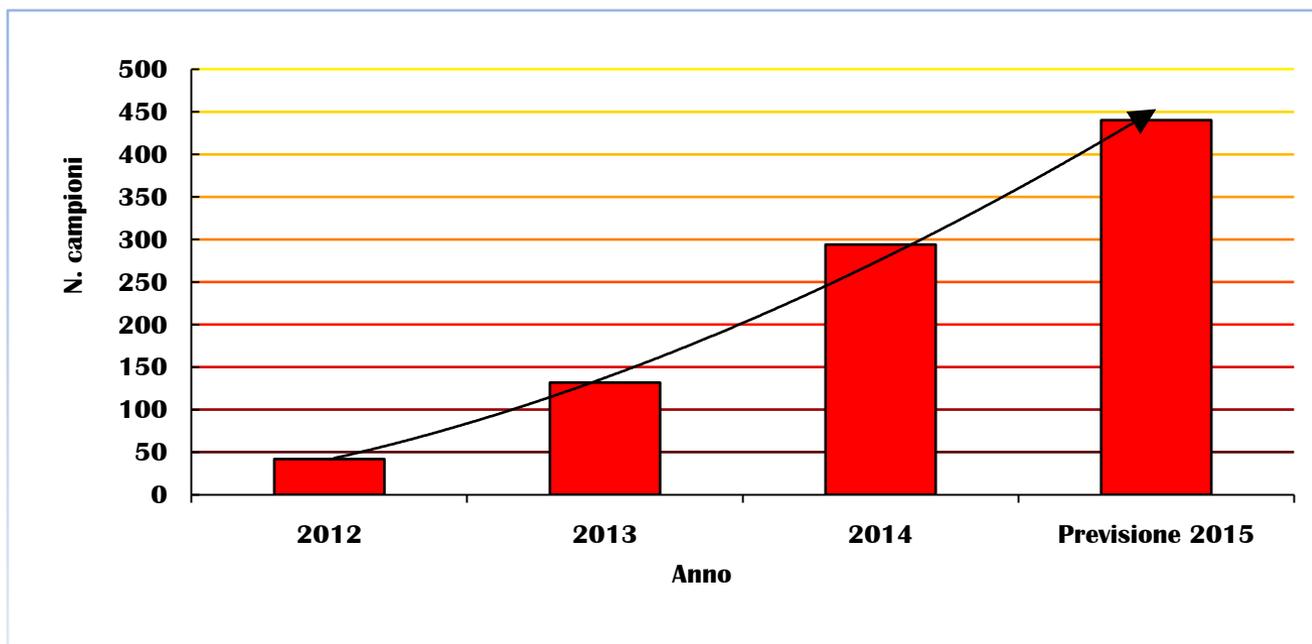
# Spettrometria Alfa\*



*\* Linea analitica in fase di avvio.*

## Rete RE.SO.RAD\*

# Attività Laboratorio Fisico Reggio Calabria Dati RADIA/ISPRA 2012-2015



\* *La Rete, degli istituti, enti e organismi idoneamente attrezzati, analizza l'andamento spazio-temporale delle concentrazioni dei radioelementi nelle matrici dei diversi comparti ambientali ed alimentari interessati dalla diffusione della radioattività e dal suo trasferimento all'uomo.*



# Prospettive future

Nei prossimi mesi, grazie alle procedure di acquisto in via di definizione sarà possibile:

1. Completamento nuove tecniche analitiche: spettrometria Alfa su matrici ambientali (Uranio, Torio, Polonio 210 ed isotopi del Plutonio);
2. Avvio di nuove tecniche analitiche: Scintillazione liquida su matrice acquosa;
3. L'integrazione delle matrici per le metodiche utilizzate: acque di mare, acque potabili (*ai sensi del Decreto 31/01*);
4. L'integrazione delle linee analitiche già avviate: conteggio beta totale in matrice acquosa

## Dipartimento di Catanzaro

### Laboratorio fisico

#### *Ettore Majorana*

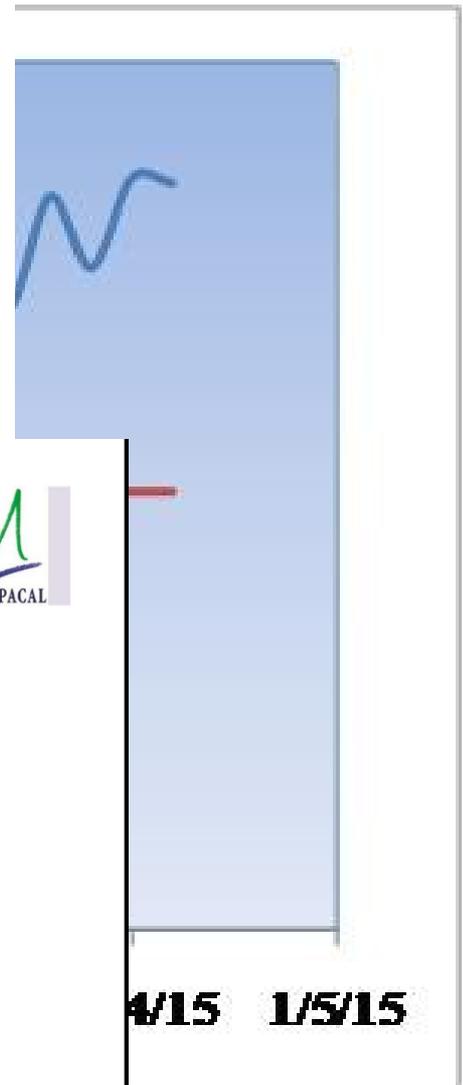
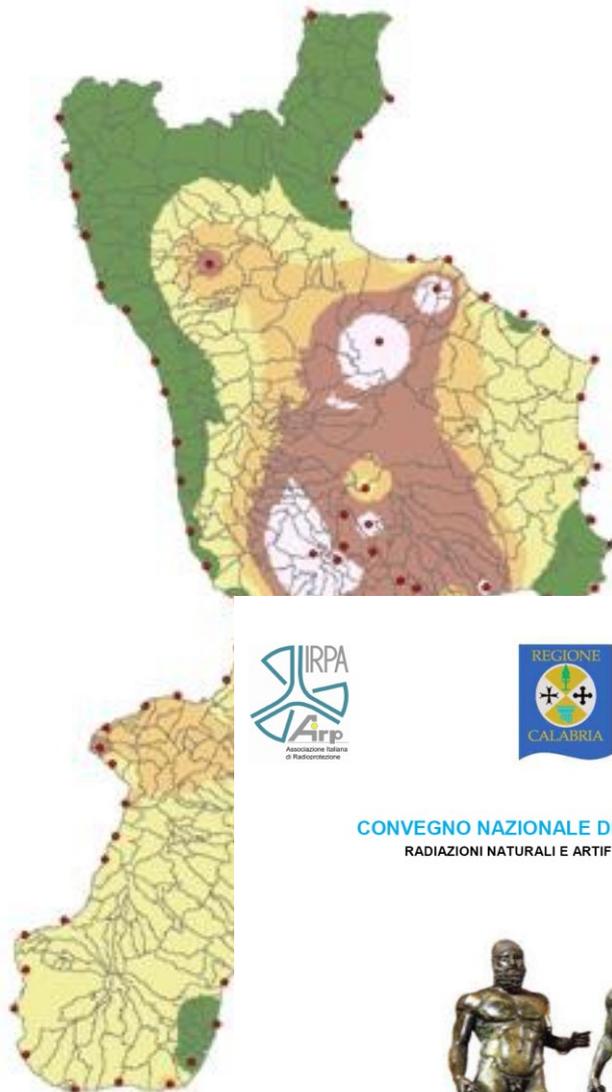
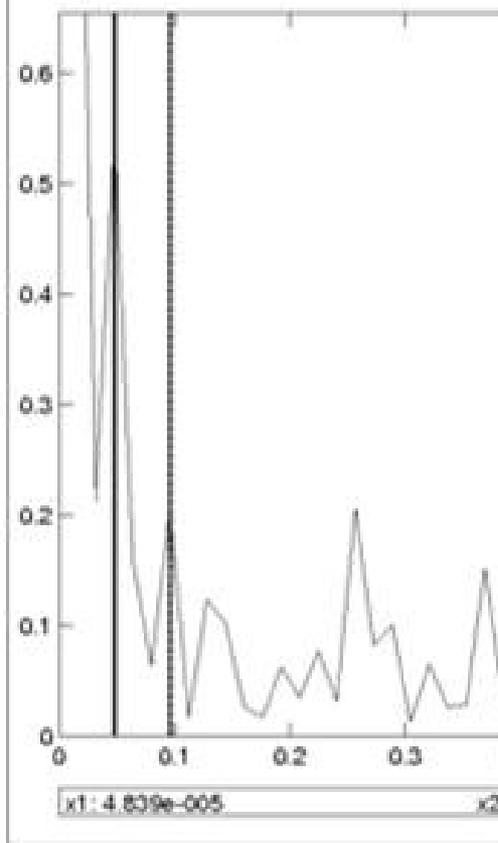
- ❑ *la misura della radioattività;*
- ❑ *gas radon: aria, acqua, suolo;*
- ❑ *campi elettromagnetici a bassa e alta frequenza;*
- ❑ *agenti fisici nei luoghi di lavoro: microclima, illuminamento  
irradianza*



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

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





100  
 99  
 27/3/15 L



**CONVEGNO NAZIONALE DI RADIOPROTEZIONE**  
 RADIAZIONI NATURALI E ARTIFICIALI NELL'AMBIENTE



4/15 1/5/15

12 – 14 OTTOBRE 2011

AUDITORIUM NICOLA CALIPARI  
 PALAZZO TOMMASO CAMPANELLA

REGGIO CALABRIA



# SORGENTI ORFANE

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



Matrice Ambientale

**PARAFULMINE, <sup>241</sup>Am**



**REFRATTARI**



**I NORM DI VIA FERMI**

CARTAGGI PER SCAVO  
SIEMENS.  
Crotone 01-03-12  
... LOTTO 1°  
Sondaggio n° 6  
h = 1.60





**Crotone**



## Altro esempio di riduzione del rischio



L'obiettivo era stimare il livello di contaminazione della città di Crotona dove è presente un impianto di rifiuti chimici, in presenza di residui dell'industria chimica con tracce degli agenti atmosferici.

La contaminazione è stata valutata attraverso la radiometria dell'area.

Sulla base di questi dati sono state effettuate:

- stime 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 una radioattività naturale elevata rispetto a quella abitualmente registrata**

Matrice Ambientale





# SORGENTI ORFANE



## ALLEGATO I BIS

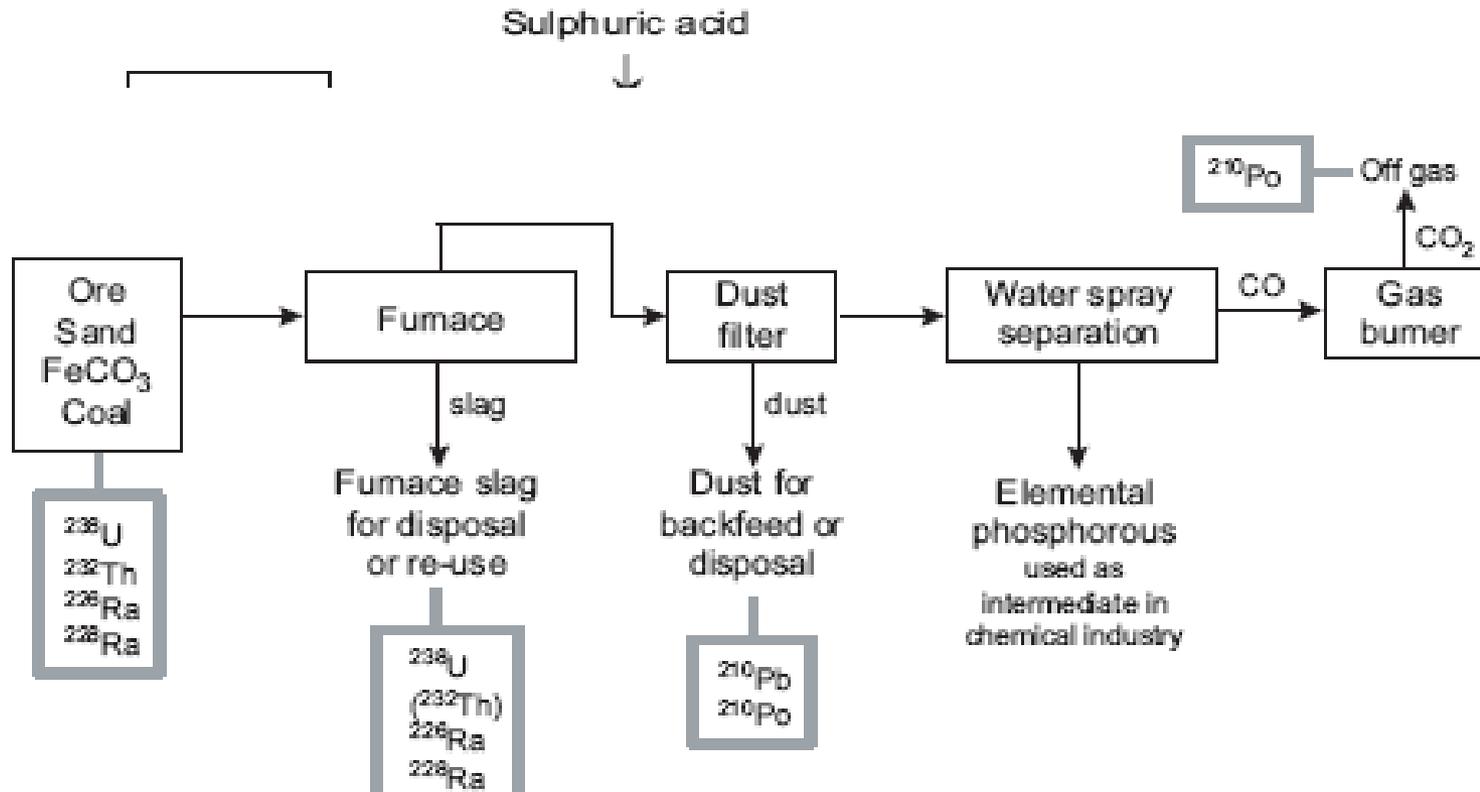
### ALLEGATO I bis

#### 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.

contaminazioni chimiche e radiologiche: es. **CROTONE**, polo dell'industria chimica italiana dal 1928 – 1990, in cui sono dispersi residui/rifiuti NORM della produzione di acido fosforico.

Per le buone proprietà meccaniche, grandi quantità di questi materiali sono state utilizzate come materiale di riempimento per strade, piazzali e cortili scolastici.



UNSCAR 2000

FIG. 2a. *Environmental impact of thermal production of elemental phosphorus.*



# SORGENTI NATURALI



## IL CONTESTO

Sin dal 1928 Crotone ospita le più importanti industrie della chimica italiana per la produzione di:

- ❑ acido solforico per ossidazione del solfuro di ferro (piriti);
- ❑ **acido fosforico per via umida con produzione di fosfogessi;**
- ❑ **fosforo elementare per via termica;**
- ❑ perfosfato di calcio a basso tenore di anidride fosforica con attacco delle fosforiti (*fosfati di calcio*) dall'Algeria;
- ❑ fertilizzanti fosfatici, detersivi e mangimi



# DESTINI DEI RESIDUI DI LAVORAZIONE



5 x10<sup>3</sup> tonnellate di fosfogessi

< 5x10<sup>3</sup> silicati di color grigio azzurro



- Scuole edifici pubblici
- Le barriere frangiflullo;
- via Fermi (zona industriale);
- **banchina del molo**



## LE PECULIARITÀ DELL'AREA IN ESAME

### MOLO DEL PORTO INDUSTRIALE CON BANCHINA FRANATA

- 1574 m<sup>2</sup>, ~ 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<sup>-1</sup>;
- sito recintato: valore medio del rateo di dose di **266±12** nGyh<sup>-1</sup> da confrontare con il fondo medio della zona **95±15** nGyh<sup>-1</sup>

#### 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.





# SORGENTI NATURALI



Matrice Ambientale

# RIFIUTI OSPEDALIERI IN DISCARICA PER NON PERICOLOSI





# SORGENTI ORFANE



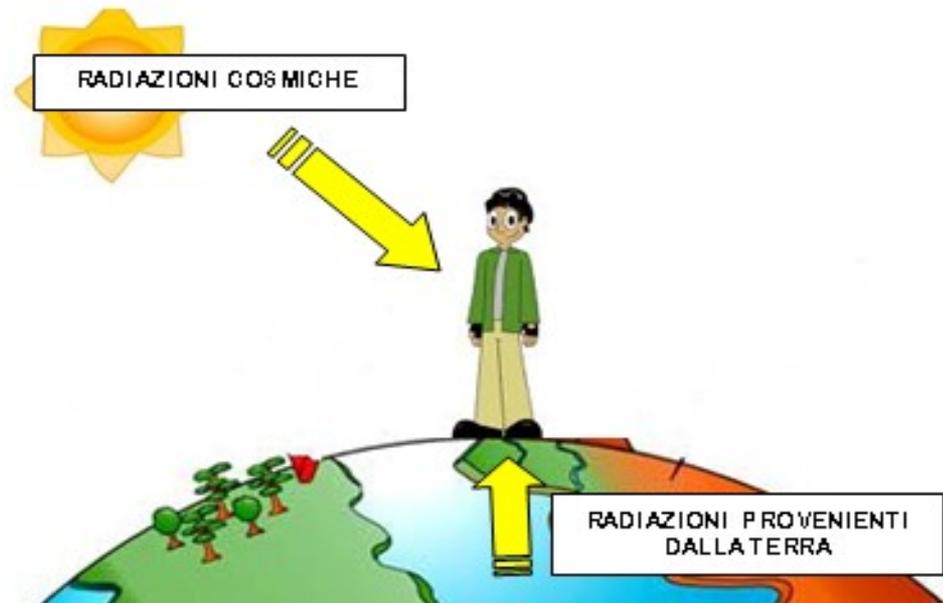
Generalmente suggeriamo di accogliere delle unità operative minime:

- ❑ 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. Addetto presa responsabile allarme ecc.:

- In certi casi la radioattività (es. medicali) è un indicatore per il ritrovamento del mix di rifiuti con codice CER diverso;
- Il destino dei rifiuti con codice CER diverso ( infetti)

## 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.

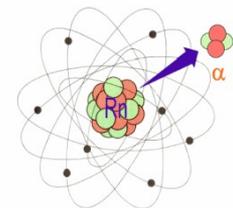


## Il radon

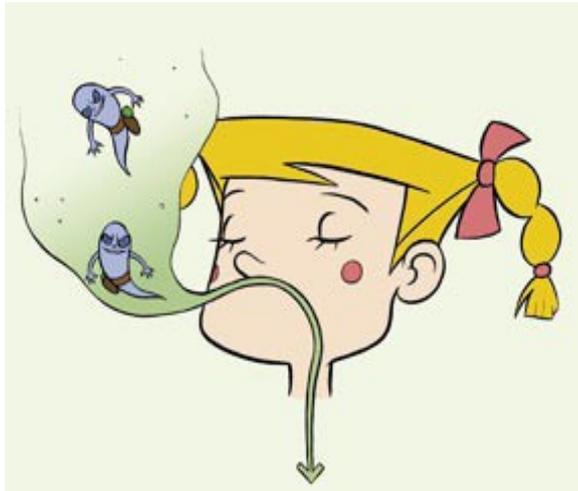
Il radon (**Rn**), è un radionuclide della famiglia del radio.

Da solo è circa il 40% della radioattività naturale.

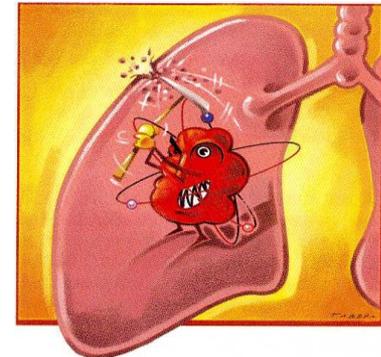
È un **gas radioattivo** che da altri elementi radioattivi come **Polonio**, **Piombo** e **Bismuto** che, per le loro caratteristiche chimico-fisiche, sono responsabili degli effetti dannosi sull'organismo umano.



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  $\alpha$  (alfa) dei figli a vita breve.*



L'apparato respiratorio si può ammalare:

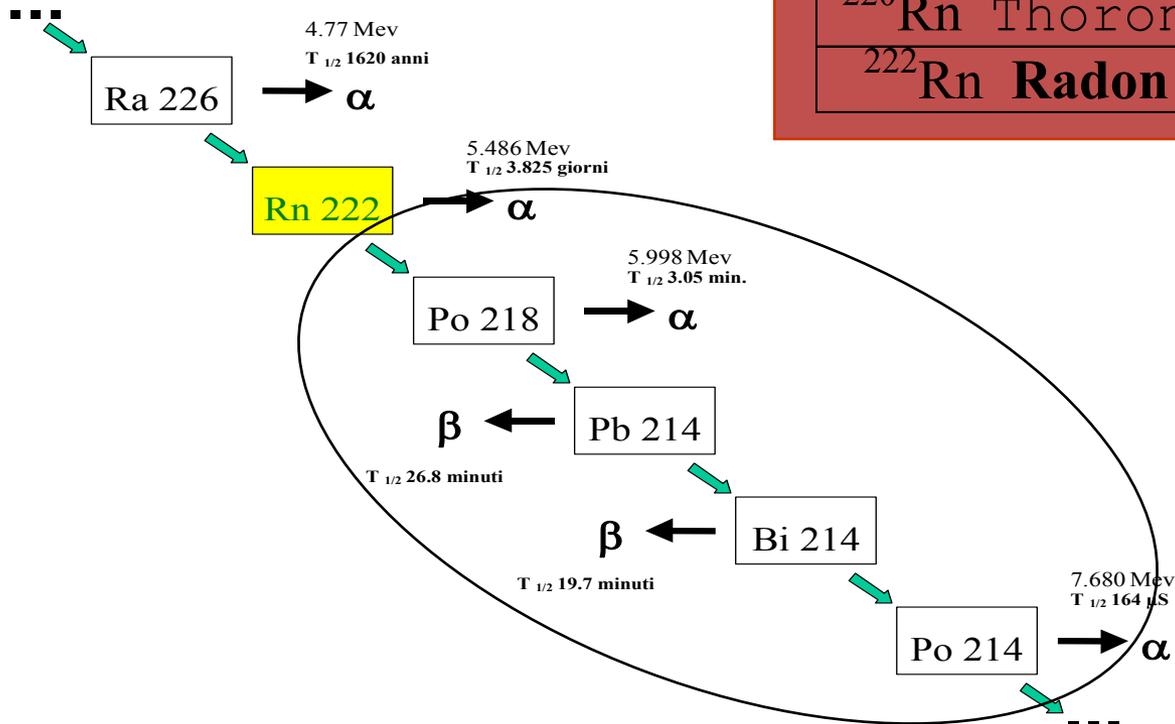
- I. naso-faringe;
- II. tratto bronchiale;
- III. tratto polmonare.

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

L'Organizzazione Mondiale della Sanità:  
come cancerogeno di gruppo 1  
collocandolo al secondo posto, dopo il  
fumo come responsabile di tumore ai

*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*

# GAS NOBILE RADIOATTIVO, EMETTITORE $\alpha$ , CHIMICAMENTE INERTE



ISOTOPO	FAMIGLIA	$T_{1/2}$
$^{219}\text{Rn}$ Actinon	$^{235}\text{U}$	3,96 s
$^{220}\text{Rn}$ Thoron	$^{232}\text{Th}$	55,6 s
$^{222}\text{Rn}$ <b>Radon</b>	$^{238}\text{U}$	3,82 g

**S.Darby et al., Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies; BMJ, 21, December 2004**

**3** **Milioni di**  
**anni fa**

PLACCA EUROPEA

Alpi liguri

Appennini

Bacino  
Alearico

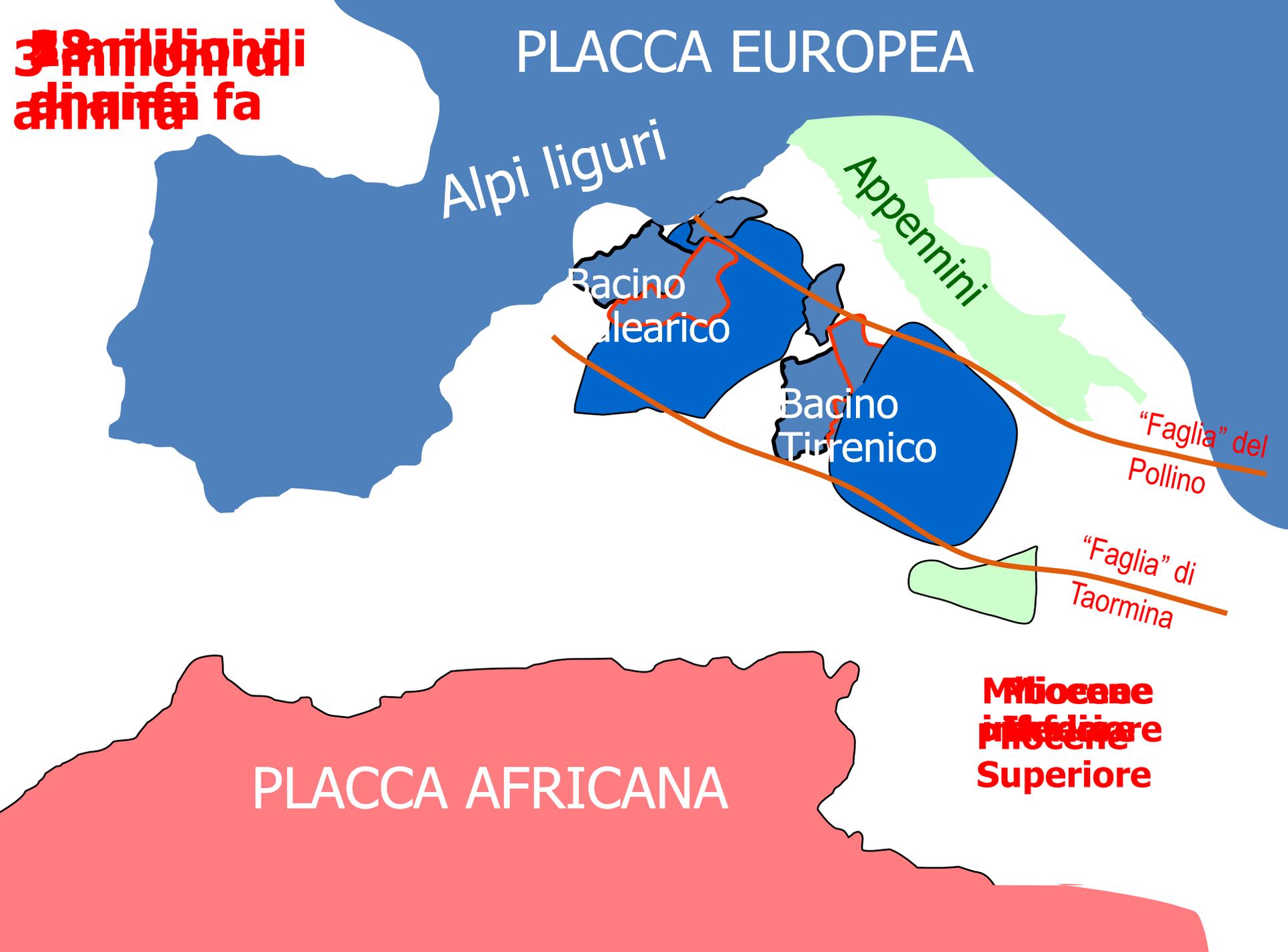
Bacino  
Tirrenico

"Faglia" del  
Pollino

"Faglia" di  
Taormina

PLACCA AFRICANA

**Miocene**  
**inferiore**  
**Superiore**



# Anomalia geologica della Calabria



□ Graniti;

□ Sistema di faglie

*Tansi, Folino Gallo, CNR – UNICAL, 2000*

**rocce calcaree per la penisola; graniti per la Calabria**



Le faglie superficiali della Calabria ed i principali terremoti che hanno originato



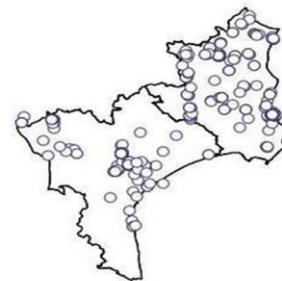
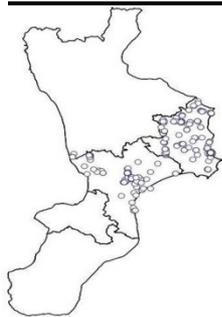
# IL GAS RADON LA CARTA DEL RISCHIO RADON DI CATANZARO E CROTONE

V. Fuoco, M. Fòlino Gallo, S. Procopio, C. Migliorino<sup>[1]</sup>  
<sup>[1]</sup>ArpaCal (CZ), [fisico.cz@arpacal.it](mailto: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.	<3000 ab.
Abitazioni private	66	5
Concentrazione Max (Bq m <sup>-3</sup> )	441	441
Media Aritmetica	114±13	87±12
Media Geometrica	76±3	56±3

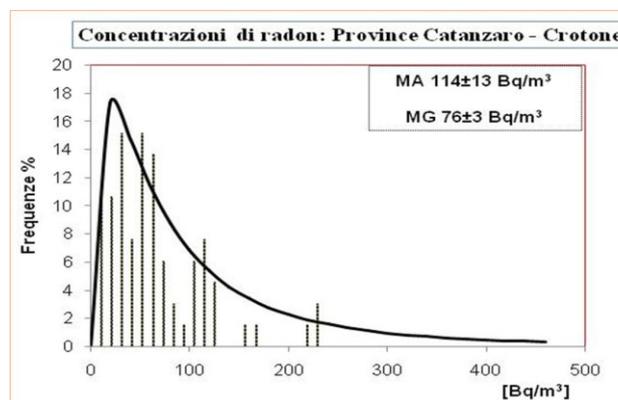
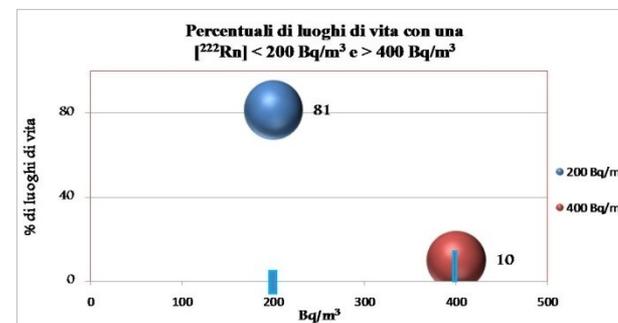


Fig. 1: distribuzione della concentrazione di radon nell'area di studio

Fig. 2: % luoghi di vita a diverse concentrazioni di attività di radon





## Ambienti di vita

- $77 \pm 5$  Bq/m<sup>3</sup> Campagna Nazionale ISS 1994;
- $76 \pm 7$  Bq/m<sup>3</sup> ARPA Cal [Cz- Kr];
- $66 \pm 10$  Bq/m<sup>3</sup> ARPA Cal [Cz- Kr- Cs];
- $67 \pm 10$  Bq/m<sup>3</sup> ARPA Cal Luoghi di lavoro  
Piano terra ;
- $120 \pm 14$  Bq/m<sup>3</sup> ambienti scolastici



# **LA TETTONICA DELLA CALABRIA E LE CONCENTRAZIONI DI RADON NEL SUOLO: TIRIOLO (CZ), PALLAGORIO (KR), CARAFFA(CZ), ROGGIANO GRAVINA (CS) E CATANZARO**

**M. Fòlino Gallo, S. Procopio\***

*\*ArpaCal – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Calabria - Laboratorio  
Fisico Ettore Majorana - via Lungomare – Catanzaro*



## SCOPO DELLO STUDIO

confronto tra gli elementi tettonici, i dati della sismicità e le misure di radon: buon accordo tra le strutture tettoniche e la distribuzione delle concentrazioni di radon.

L'indagine ha proposto un approccio metodologico già sperimentato per lo studio della radioattività naturale in diversi territori della Calabria:

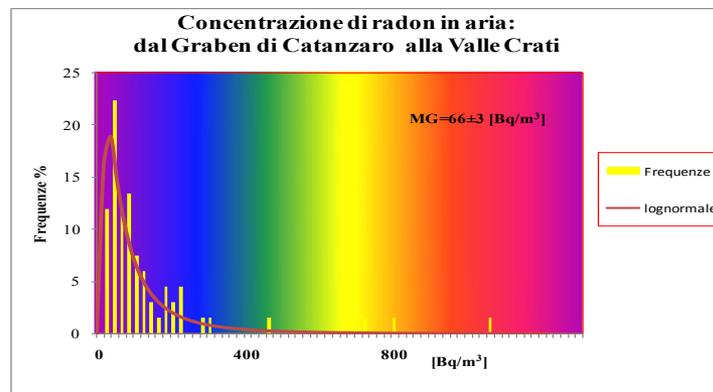
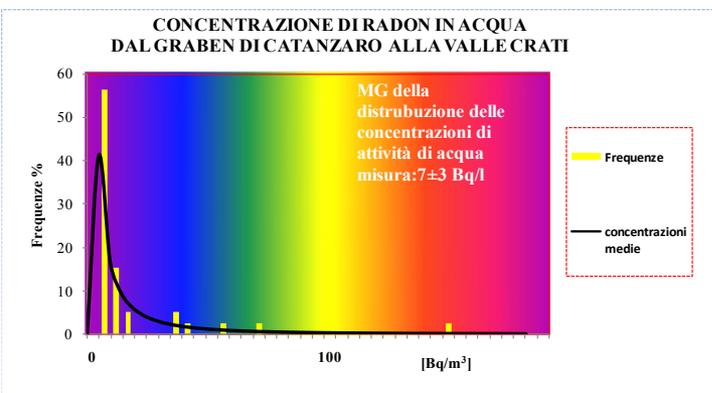
**Roggiano Gravina (Cs); Caraffa (Cz), Pallagorio (Kr), Tiriolo (Cz) e Catanzaro.**

Questi territori presentano fattori geologici predisponenti: caratteri litologici e presenza di sistemi di faglia attivi.

- misure di concentrazioni di radon nel suolo;
- misure di concentrazioni di radon nelle utenze abitative;

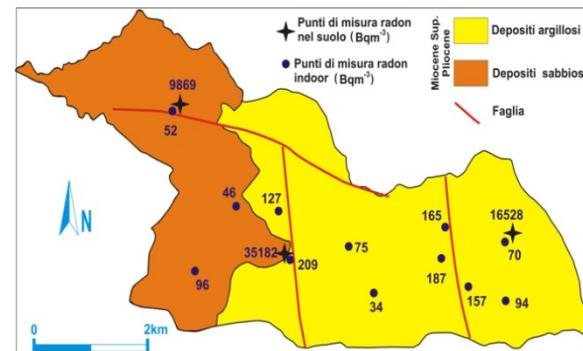


## RISULTATI E CONCLUSIONI



La concentrazione media di radon negli ambienti confinati è di  **$66 \pm 3$  Bq/m<sup>3</sup>** più alto rispetto al riferimento 1990 (20-40 Bq/m<sup>3</sup>).

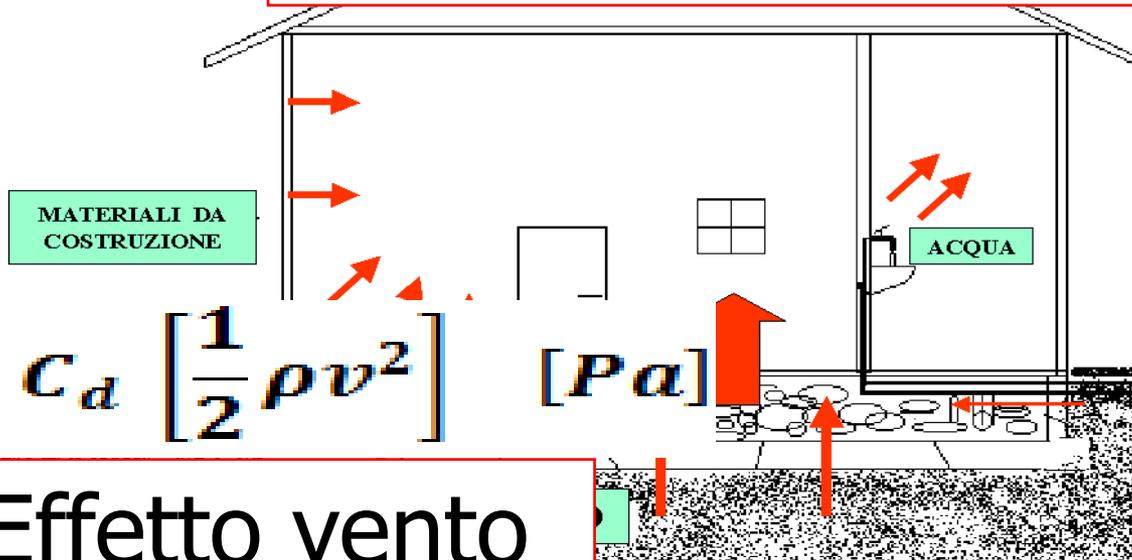
Su un'area molto vasta non è dimostrabile la correlazione tra l'andamento delle concentrazioni di radon e l'assetto neotettonico. Solo su aree più contenute.



# Come entra nei luoghi di vita

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

## Effetto camino

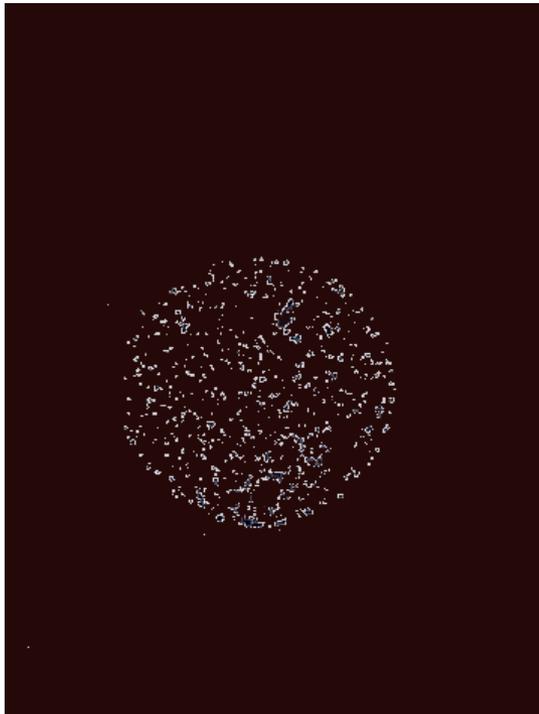


$$\Delta_p = C_d \left[ \frac{1}{2} \rho v^2 \right] \text{ [Pa]}$$

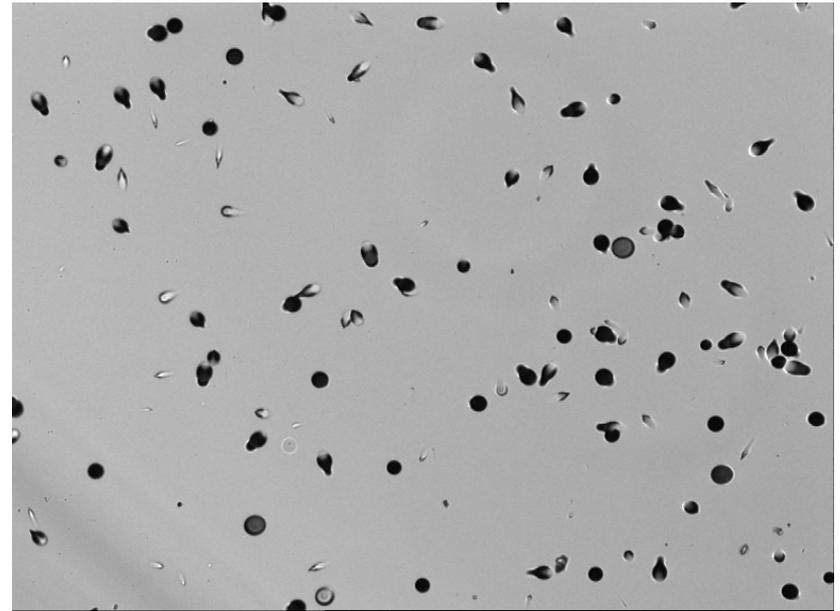
## Effetto vento

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

# I rivelatori a traccia per la misura del radon



LR-115



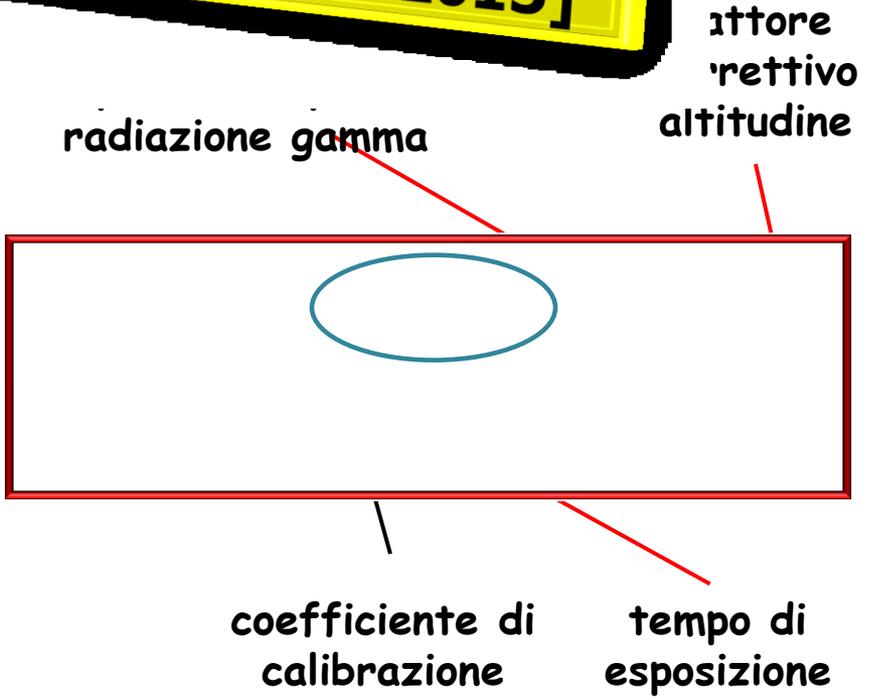
CR-39

# Esposimetri passivi

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



dosimetri ad elettrete per lunga durata (long term)



## 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.





# I Laboratori cominciano a parlarsi

Nella pubblica amministrazione ogni tanto si trova qualche dirigente illuminato

**DIREZIONE SCIENTIFICA ARPACaL  
AREA COORDINAMENTO SERVIZI  
TECNICI E LABORATORISTICI**

**Direttori**

**Dott. ssa Sabina Santagati**

**Dott. Oscar Ielacqua**

**Coordinatrice**

**Dott. Rosaria Chiappetta**

**LINEA GUIDA PER LE ATTIVITA' DEI  
SERVIZI LABORATORI FISICI DI ARPACaL  
2014-2015**



# POR 2007-2014

## Il futuro:

PROGRAMMA OPERATIVO REGIONE CALABRIA

FESR 2007-2013  
CCI N° 2007 IT 161 PO 008

Decisione della Commissione Europea C (2007) 6322 del 7 dicembre 2007

### Tabella riassuntiva degli interventi trattati

Codice	Titolo	Azione di Sistema	Impegno Previsto
3.5.2.1.5	Osservatorio ambientale SIN – eco-tossicologia marina ... (risorse già impegnate sulla linea oltre ai 5 M€)	C	286.210,56
3.5.2.1.6	Potenziamento laboratori e monitoraggio della radioattività ambientale Osservatorio ambientale SIN (risorse già impegnate sulla linea oltre ai 5 M€)	C	425.715,69
TOTALE			711.926,25

proposta progettuale degli interventi a valere sulla L.I. 3.5.2.1

Rif. nota prot. SIAR 82745 del 10/03/2014 e nota Arpacal n. 17271 del 29/04/2014

3.5.2.1.5 Osservatorio ambientale SIN – eco-tossicologia marina

3.5.2.1.6 Potenziamento laboratori e monitoraggio della radioattività ambientale

Osservatorio ambientale SIN



# POR 2007-2014 Di rilievo

Il laboratorio fisico dell'Arpacal di Catanzaro - Crotona – Osservatorio per il monitoraggio per dei NORM:

uno Spettrometro di massa dedicato per campioni di terreni e materiali da costruzione soluzione migliore per il sito di Crotona.

Uno spettrometro a fluorescenza di raggi X polarizzati per analisi in laboratorio multi elementi. Il range di elementi rivelabili deve comprendere dal sodio all'uranio. Il porta

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



# POR 2007-2014

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

Campion  
Campion  
valore med

Tabella 3. Valori di attività calcolate dalle concentrazioni

	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> 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

Camminando si apre il cammino

GRAZIE