



Le opportunita' non hanno confini



RADICAL

RADon: Integrating Capabilities of Associated Labs
un progetto INTERREG IT-CH

Piedicavallo, 30 Aprile 2014

Massimo Caccia

Universita' dell'Insubria



Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI

il RADON

Rn

86 (222)

Density
9.73 g/L

Boiling point
-62°C

Melting point
-71°C

F.E. Dorn, 1900

California Geological Survey
Mineral Resources and Mineral Hazards
Mapping Program

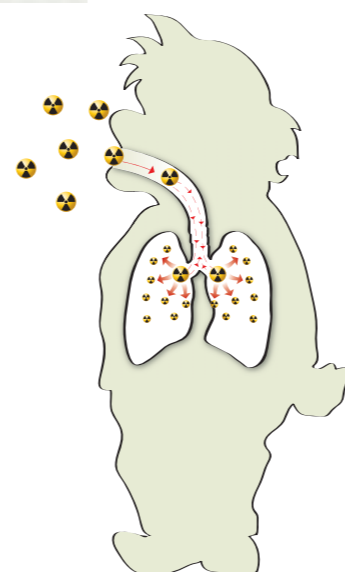
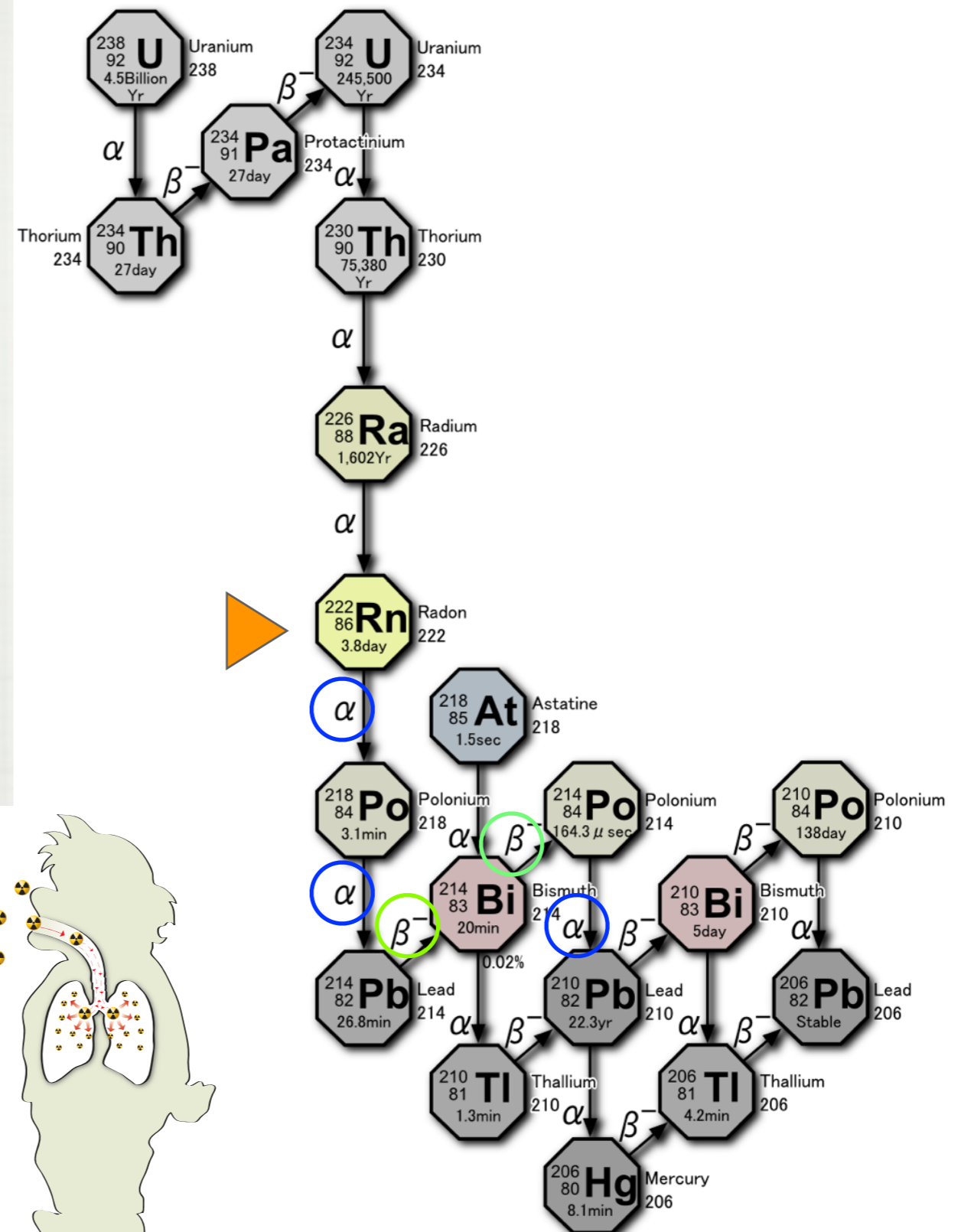
(Xe) 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p⁶

Radon

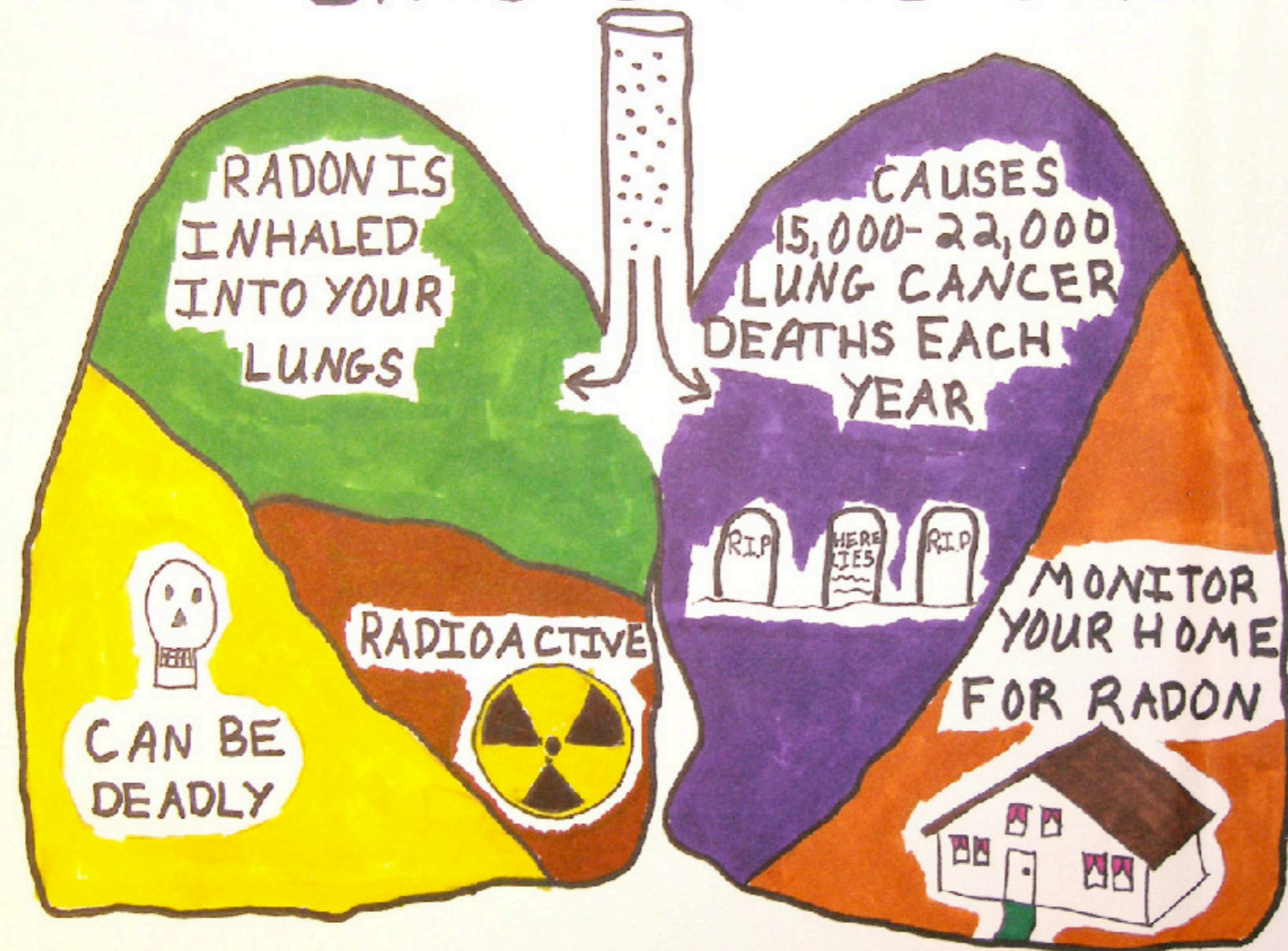
LY

Un gas nobile, radioattivo, della catena dell'Uranio.

Inodore, Incolore, non banale da percepire, e pericoloso...



RADON CAUSES LUNG CANCER



KEEP YOUR RADAR OUT FOR RADON!

“RADON RAP SONG” Lyrics

You know, radiation is around us
But there is a type we can act on
That's Radon, yeah, yeah that's Radon

Detect to Protect to save your lungs
Just test for Radon and you can see
If air you breathe is Radon Clean

Can't smell it, can't taste it, can't see it no
A silent killer this noble gas
Stays in your lungs for years

But Radon can be anywhere
Through cracks it seeps,
Through pipes, it leaks

Detect to Protect to save your lungs
Just test for Radon and you can see
If air you breathe is Radon Clean

Get your test kit ASAP
If your levels are high, don't panic yet
'Cause folks can help you fix it
A fan and a pipe, may do the trick

Detect to Protect to save your lungs
Just test for Radon and you can see
If air you breathe is Radon Clean

Detect to Protect to save your lungs
Just test for Radon and you can see
If air you breathe is Radon Clean

Un'analisi comparativa del livello di pericolosità del Radon

Radon Risk If You Smoke

Radon Level	If 1,000 people who smoked were exposed to this level over a lifetime*...	The risk of cancer from radon exposure compares to**...	WHAT TO DO: Stop smoking and...
20 pCi/L	About 260 people could get lung cancer	250 times the risk of drowning	Fix your home
10 pCi/L	About 150 people could get lung cancer	200 times the risk of dying in a home fire	Fix your home
8 pCi/L	About 120 people could get lung cancer	30 times the risk of dying in a fall	Fix your home
4 pCi/L	About 62 people could get lung cancer	5 times the risk of dying in a car crash	Fix your home
2 pCi/L	About 32 people could get lung cancer	6 times the risk of dying from poison	Consider fixing between 2 and 4 pCi/L
1.3 pCi/L	About 20 people could get lung cancer	(Average indoor radon level)	(Reducing radon levels below 2 pCi/L is difficult.)
0.4 pCi/L	About 3 people could get lung cancer	(Average outdoor radon level)	

Note: If you are a former smoker, your risk may be lower.

pCi/L (pico Curies per Liter)

* Lifetime risk of lung cancer deaths from EPA Assessment of Risks from Radon in Homes (EPA 402-R-03-003).

** Comparison data calculated using the Centers for Disease Control and Prevention's 1999-2001 National Center for Injury Prevention and Control Reports.

74 Bq/m³

Radon Risk If You've Never Smoked

Radon Level	If 1,000 people who never smoked were exposed to this level over a lifetime*...	The risk of cancer from radon exposure compares to**...	WHAT TO DO:
20 pCi/L	About 36 people could get lung cancer	35 times the risk of drowning	Fix your home
10 pCi/L	About 18 people could get lung cancer	20 times the risk of dying in a home fire	Fix your home
8 pCi/L	About 15 people could get lung cancer	4 times the risk of dying in a fall	Fix your home
4 pCi/L	About 7 people could get lung cancer	The risk of dying in a car crash	Fix your home
2 pCi/L	About 4 people could get lung cancer	The risk of dying from poison	Consider fixing between 2 and 4 pCi/L
1.3 pCi/L	About 2 people could get lung cancer	(Average indoor radon level)	(Reducing radon levels below 2 pCi/L is difficult.)
0.4 pCi/L		(Average outdoor radon level)	

Note: If you are a former smoker, your risk may be higher.

pCi/L (pico Curies per Liter)

* Lifetime risk of lung cancer deaths from EPA Assessment of Risks from Radon in Homes (EPA 402-R-03-003).

** Comparison data calculated using the Centers for Disease Control and Prevention's 1999-2001 National Center for Injury Prevention and Control Reports.

74 Bq/m³

^Top of page

A cura dell'EPA, Environmental Protection Agency [U.S.]

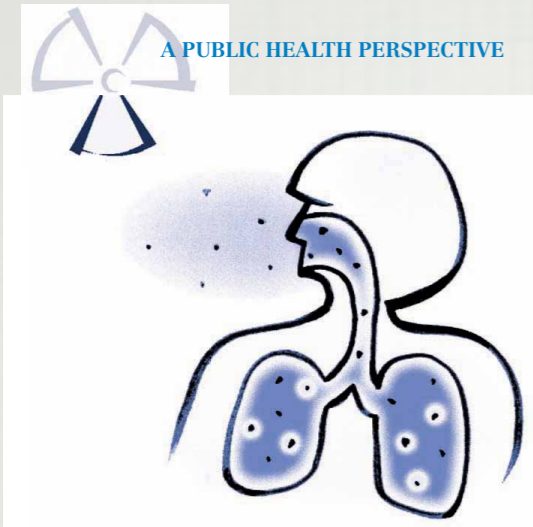
In termini quantitativi, su alcuni paesi campione:

Table 5. Estimates of the proportion of lung cancer attributable to radon in selected countries

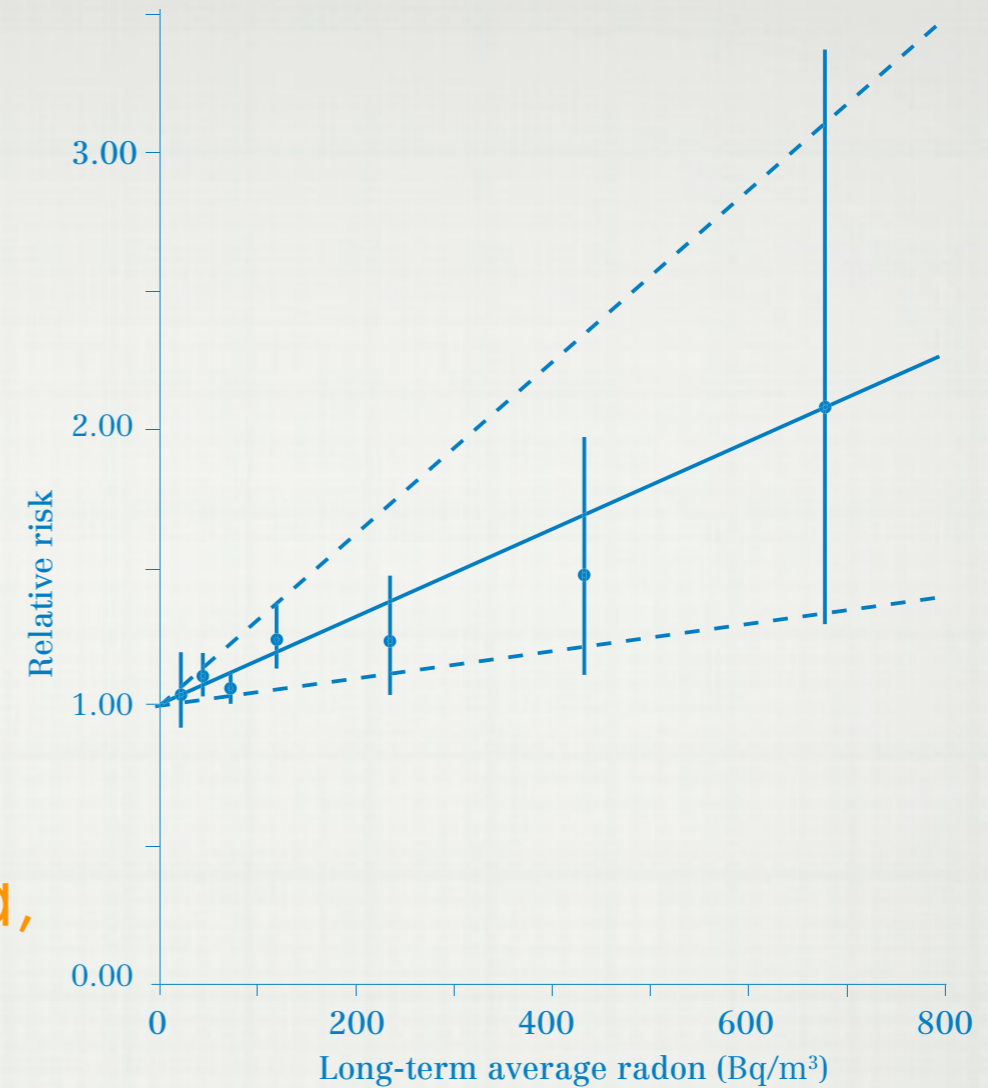
Country	Mean indoor radon [Bq/m ³]	Risk estimate used in calculation	Percentage of lung cancer attributed to radon [%]	Estimated no. of deaths due to radon-induced lung cancer each year
Canada (Brand et al. 2005)	28	BEIR VI	7.8	1 400
Germany (Menzler et al. 2008)	49	European pooling study ^a	5	1 896
Switzerland (Menzler et al. 2008)	78	European pooling study ^a	8.3	231
United Kingdom (AGIR 2009)	21	European pooling study ^a BEIR VI	3.3 6	1 089 2 005
France (Catelinois et al. 2006)	89	European pooling study BEIR VI	5 12	1 234 2 913
United States (BEIR VI, 1999)	46	BEIR VI	10-14	15 400 - 21 800

^a with adjustment for year-to-year variation in indoor radon concentrations.

analisi riportata in [WHO handbook on indoor Radon - a public health perspective \(Settembre 2009\)](#)



Esiste una concentrazione minima,
al di sotto della quale il rischio da
Radon e' nullo?



Source: Darby et al. 2005

Relative risks and 95% confidence intervals are shown for categorical analyses and also best fitting straight line. Risks are relative to that at 0 Bq/m³.

Figure 1. Relative risk of lung cancer versus long-term average residential radon concentration in the European pooling study

- There is no known threshold concentration below which radon exposure presents no risk. Even low concentrations of radon can result in a small increase in the risk of lung cancer.
- The majority of radon-induced lung cancers are caused by low and moderate radon concentrations rather than by high radon concentrations, because in general less people are exposed to high indoor radon concentrations.

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** 1

(9) Il calcolo delle dosi derivate da quantità misurabili dovrebbe basarsi su valori e rapporti stabiliti scientificamente. Le raccomandazioni relative a tali coefficienti di dose sono state pubblicate e aggiornate dall'ICPR, tenendo conto dei progressi scientifici. Una raccolta dei coefficienti di dose basati sulle precedenti raccomandazioni dell'ICPR figuranti nella pubblicazione n. 60 ⁽³⁾ è contenuta nella pubblicazione n. 119 dell'ICPR ⁽⁴⁾. Tuttavia, nella sua pubblicazione n. 103, l'ICPR ha introdotto una nuova metodologia per calcolare le dosi in base alle più recenti informazioni sui rischi dovuti alle radiazioni, di cui si dovrebbe tener conto, ove possibile, nella presente direttiva.

Alcuni elementi contenuti nella nuova direttiva

- (22) Recenti risultati epidemiologici ottenuti da studi residenziali dimostrano un aumento statisticamente significativo del rischio di carcinoma polmonare correlato all'esposizione prolungata al radon in ambienti chiusi a livelli dell'ordine di 100 Bq m^{-3} . Il nuovo approccio delle situazioni di esposizione permette di inglobare le disposizioni della raccomandazione 90/143/Euratom della Commissione ⁽¹⁾ nelle prescrizioni vincolanti delle norme fondamentali di sicurezza, lasciando un sufficiente margine di flessibilità per l'attuazione.
- (23) Sono necessari piani d'azione nazionali per far fronte ai rischi di lungo termine derivanti dall'esposizione al radon. È riconosciuto che la combinazione di consumo di tabacco ed elevata esposizione al radon comporta un rischio individuale di carcinoma polmonare sostanzialmente più elevato rispetto ai due fattori considerati separatamente e che il consumo di tabacco amplifica il rischio derivante dall'esposizione al radon a livello della popolazione. È importante che gli Stati membri affrontino entrambi questi rischi sanitari.
- (24) Uno Stato membro che, a motivo di circostanze nazionali, stabilisca, per le concentrazioni di radon nei luoghi di lavoro situati in ambienti chiusi, un livello di riferimento superiore a 300 Bq m^{-3} , dovrebbe informare la Commissione al riguardo.

Elenco di elementi da considerare nell'elaborazione del piano d'azione nazionale per affrontare i rischi di lungo termine derivanti dall'esposizione al radon di cui agli articoli 54, 74 e 103

- 1) Strategia per l'esecuzione di indagini sulle concentrazioni di radon in ambienti chiusi o 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) Metodologie, dati e criteri utilizzati per la classificazione delle zone o per la determinazione di altri parametri che possano essere utilizzati come indicatori specifici di situazioni caratterizzate da un'esposizione al radon potenzialmente elevata.
- 3) Identificazione delle tipologie di luoghi di lavoro ed edifici pubblici, ad esempio scuole, luoghi di lavoro sotterranei e luoghi di lavoro o edifici pubblici ubicati in determinate zone in cui sono necessarie misurazioni della concentrazione di radon sulla base di una valutazione del rischio, tenendo conto ad esempio delle ore di occupazione.
- 4) Le basi per la determinazione di livelli di riferimento per le abitazioni e i luoghi di lavoro. Se del caso, le basi per la determinazione di diversi livelli di riferimento per i diversi usi degli edifici (abitazioni, edifici pubblici, luoghi di lavoro) e per gli edifici esistenti e nuovi.
- 5) Assegnazione di responsabilità (governative e non governative), meccanismi di coordinamento e risorse disponibili per la messa in atto del piano d'azione.
- 6) Strategie per la riduzione dell'esposizione al radon nelle abitazioni e per affrontare in via prioritaria le situazioni di cui al punto 2.
- 7) Strategie volte a facilitare interventi di risanamento dopo la costruzione.
- 8) 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.
- 9) Tempistiche delle revisioni del piano d'azione.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) Se del caso, sostegno alle indagini finalizzate al rilevamento del radon e agli interventi di risanamento, soprattutto per quanto concerne le abitazioni private con concentrazioni di radon estremamente elevate.
- 13) Obiettivi di lungo termine in termini di riduzione del rischio di cancro dei polmoni attribuibile all'esposizione al radon (per fumatori e non fumatori).
- 14) Se del caso, presa in considerazione di altre questioni associate e programmi corrispondenti, quali programmi sul risparmio energetico e la qualità dell'aria in ambienti chiusi.

Mappatura della concentrazione del Radon: Svizzera



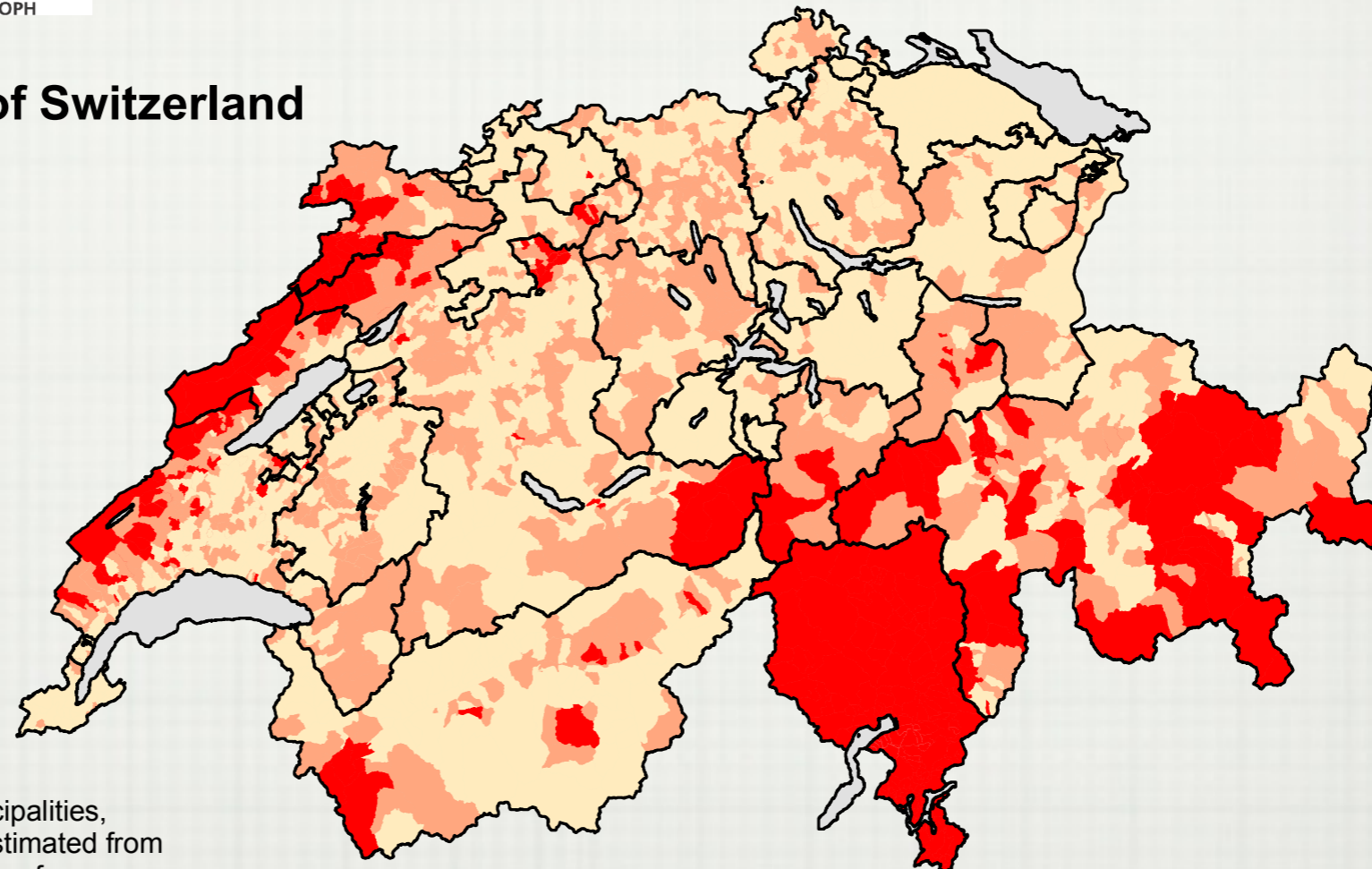
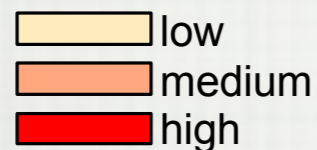
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Home Affairs DHA
Federal Office of Public Health FOPH

Radon map of Switzerland

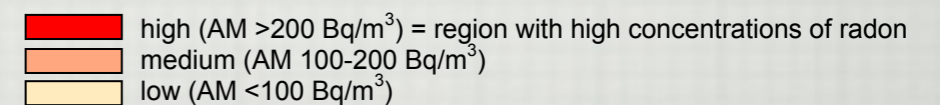
Radon risk*:



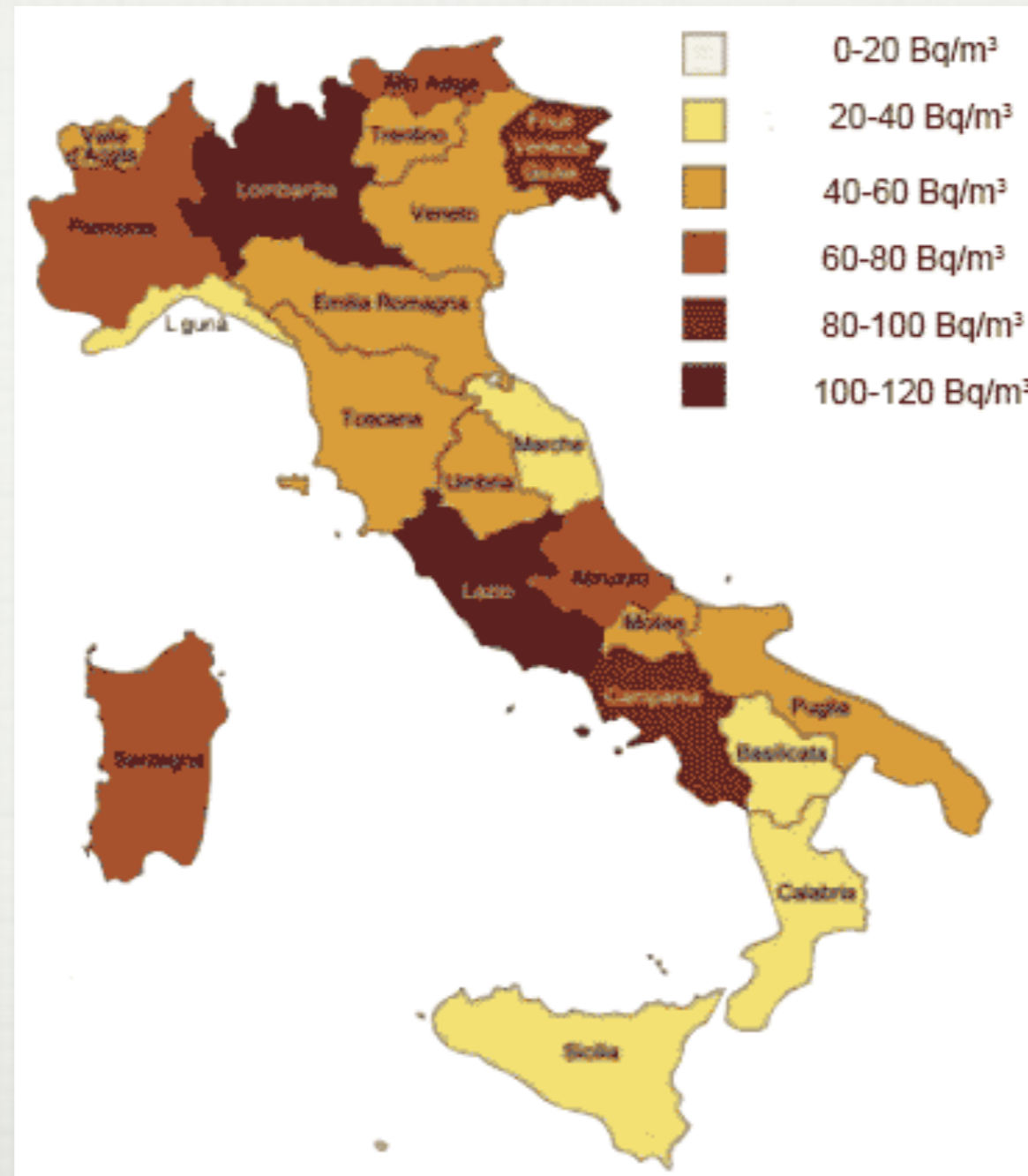
Stand : February 2011

* Note: in certain municipalities, the risk of radon is estimated from an insufficient number of measurements (see in the "search by municipality tool" under www.ch-radon.ch).

Source : GG25 ©Swisstopo



Mappatura della concentrazione del Radon: Italia



La genesi di RADICAL:

misurare meglio per capire di più'

[dal punto di vista **strumentale**, **metodologico** e **dosimetrico**]

Una classificazione degli strumenti in uso:

- a. Long term measurements, currently based on alpha track detectors ⇐ mappature
- b. High sensitivity instruments for the measurements of Radon concentrations in buildings; in general, these instruments are based on either passive ionization chambers (electrets, more info for instance at <http://www.radelec.com/product.html>) or active systems, where the Radon progeny is collected on the surface of a semiconductor detector. In general, as a reference figure of merit, sensitivity to a concentration of 100 Bq/m³ over 1 hour sampling can be retained. ⇐ monitoraggi
- c. High sensitivity instruments with spectrometric capabilities ⇐ per i professionisti
- d. Low cost instruments for the measurements of Radon in soil; the baseline technology can be tracked to the Lucas cell. ⇐ per analisi nel suolo

Dal punto di vista strumentale, il background di RADICAL e' RAPSODI, un progetto europeo (FP6) di ricerca collaborativa, nel cui partenariato figurava JP-SMM, two-men-company produttrice di una serie di strumenti per la misura del Radon:

RADIM5B
Prodotto da
JP-SMM, Praga



- ▶ strumento di elevato livello qualitativo
- ▶ ottimo rapporto qualita' /prezzo
- ▶ JP-SMM e' un'azienda con cui esiste da tempo (2006) un ottimo rapporto di collaborazione [RAPSODI, un progetto FP6]

Measured Quantity:	Radon concentration in air.
Functioning principle:	The radon diffuses into the detection chamber of the instrument, which is covered with felt. The felt absorbs the radon decay products formed in the external air. The radon activity is determined by measuring the alpha-activity of the decay products of radon, RaA and RaC', collected on the surface of the semiconductor detector by a high-intensity electric field.
Instruments response:	(0.3 imp/h)/ (Bq/m ³)
Minimum concentration:	Concentration determined with a statistical error equal to ±20% at 80 Bq/m ³ for 1hour of measurement.
Maximum concentration:	about 150 kBq/ m ³
Sampling time:	1 hour
Effect of humidity:	A change in the relative humidity from 50% to 90% causes a change in the sensitivity of -4%.
Electronics:	Low power, data protection against disconnection of the battery, auto test during measurement
Consumption:	0.24 mA, standby consumption approximately 0,006 mA
Memory:	60000 measurements (7 years) can be stored in memory
Operating time:	Minimum of 360 days using Li-Ion batteries
Power source:	Li-Ion, 2.2Ah
Operation and control:	<ul style="list-style-type: none"> - Operation through one button, with status determined by 3 front-end LED - Full Control via a USB connected PC
Data Reading:	Data are retrieved using a PC connected to the RADIM5B through standard USB
Measuring options:	<ul style="list-style-type: none"> - Measurement of the radon concentration - Electrical functionality Test - Measurement of background pulses (high voltage turned off.
Dimensions and weight:	200 x 150 x 90 mm, approximately 0.5 kg
Climatic condition:	From 3° to 40°C, relative humidity from 5% to 99%.

Dal punto di vista dosimetrico, passare dalla concentrazione alla dose non e' banale:

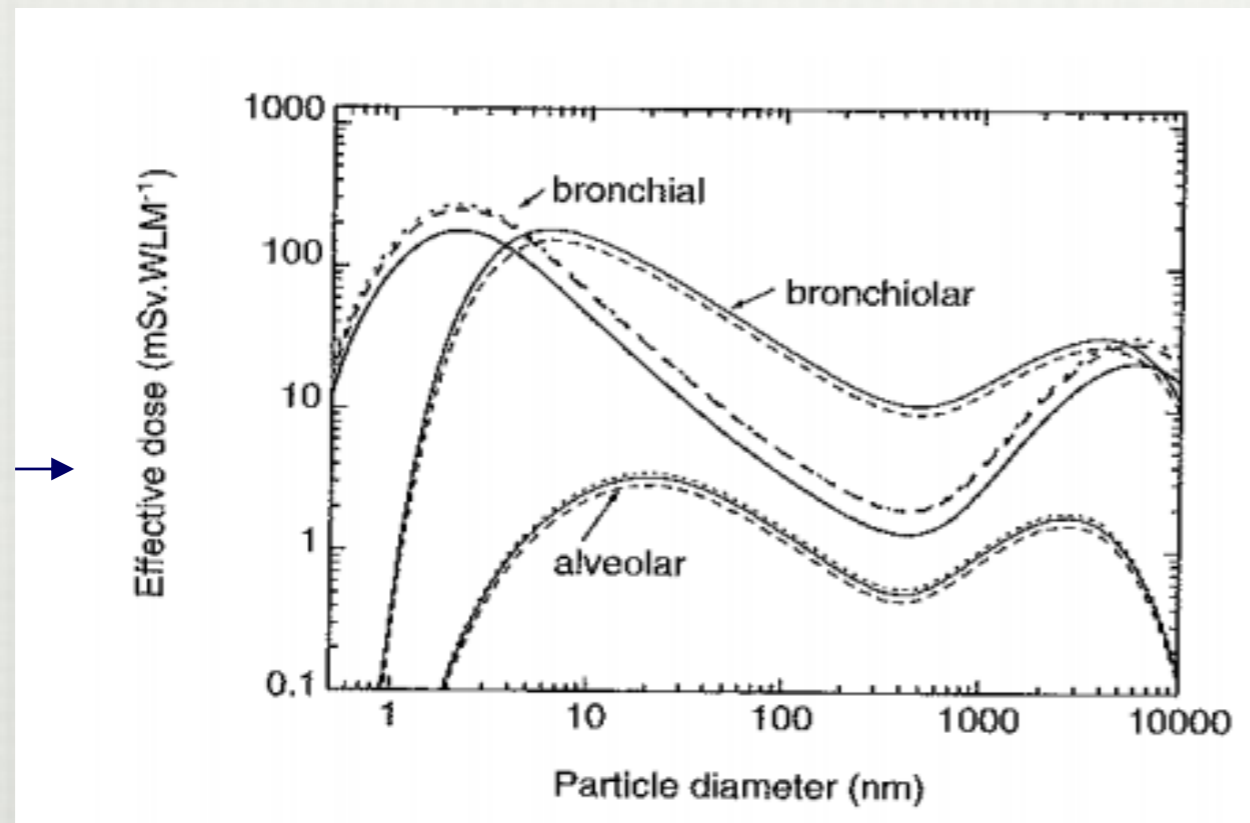
$$Dose = \rho_{Rn} \times T \times F \times DCF$$

dove:

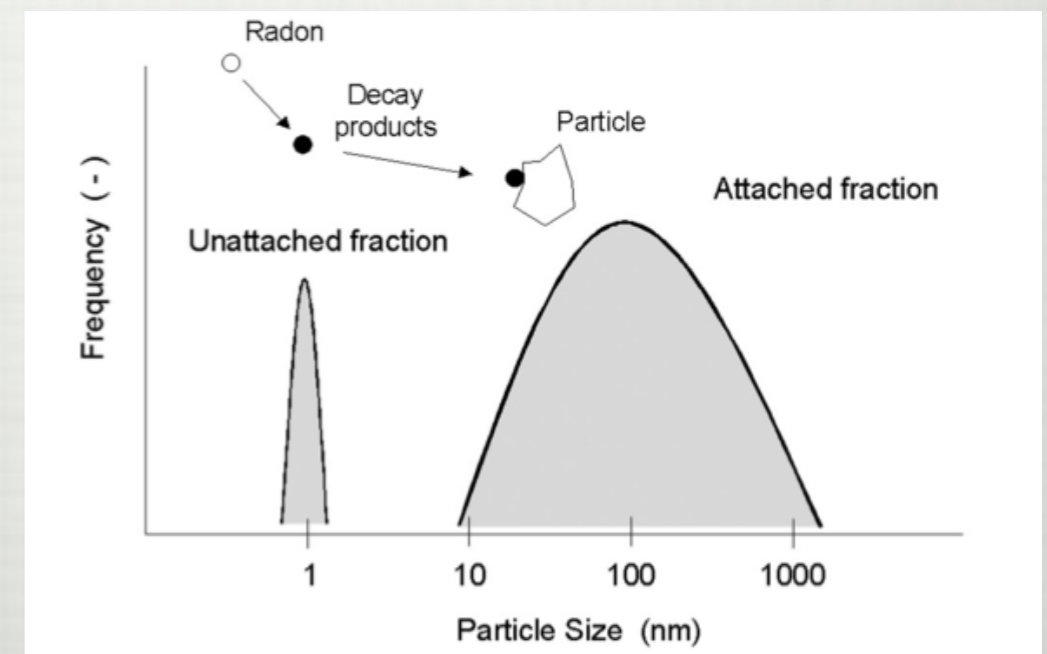
- ρ_{Rn} e' la concentrazione di Radon
- T il tempo di esposizione
- F il **fattore di equilibrio**, ovvero il rapporto figli-padre [convenzionalmente assunto = 0.4]
- DCF e' **Dose Conversion Factor** [valore convenzionale $8 \times 10^{-9} \text{ Sv}/(\text{Bq h m}^{-3})$]

La variabilità di F e di DCF in vase ai valori ambientali e' ad oggi oggetto di Ricerca, in ragione della necessita' di poter qualificare ogni ambiente in termini DOSIMETRICI, ovvero con una *Public Health Perspective*.

e.g.



DCF vs particle diameter



Con l'obiettivo di:

- ▶ migliorare la strumentazione,
- ▶ sviluppare i protocolli di monitoraggio,
- ▶ perseguire l'indagine sulle relazioni tra concentrazione e dose

e' stato proposto

RADICAL

in risposta ad un bando competitivo nell'ambito del programma di cooperazione trans-frontaliera IT-CH.

Il progetto e' stato approvato, finanziato con

▶ 392 kEUR da parte italiana a fronte di 249 kEUR di cofinanziamento

▶ 62 kCHF da parte Svizzera; 146 kCHF di cofin

ed ha avuto inizio il 1 Febbraio 2011, con una durata di 3 anni (+una breve estensione di 3 mesi)

RADICAL

RADon: Integrating Capabilities of Associated Labs



- coordinatore
- 2 unita': prof. Caccia e prof. Cavallo (Medicina del Lavoro)
- competenze
 - strumentali
 - analisi di particolato & parametri ambientali
 - analisi delle variazioni di concentrazione di possibile natura geologica

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI

- capofila di parte Svizzera
- 2 unita': Dip. Elettronica (prof. De Filippis) e Centro Competenza Radon (dr. Valsangiacomo)
- competenze tecnologiche nella trasmissione dati in remoto + monitoraggi in abitazioni ed azioni di bonifica

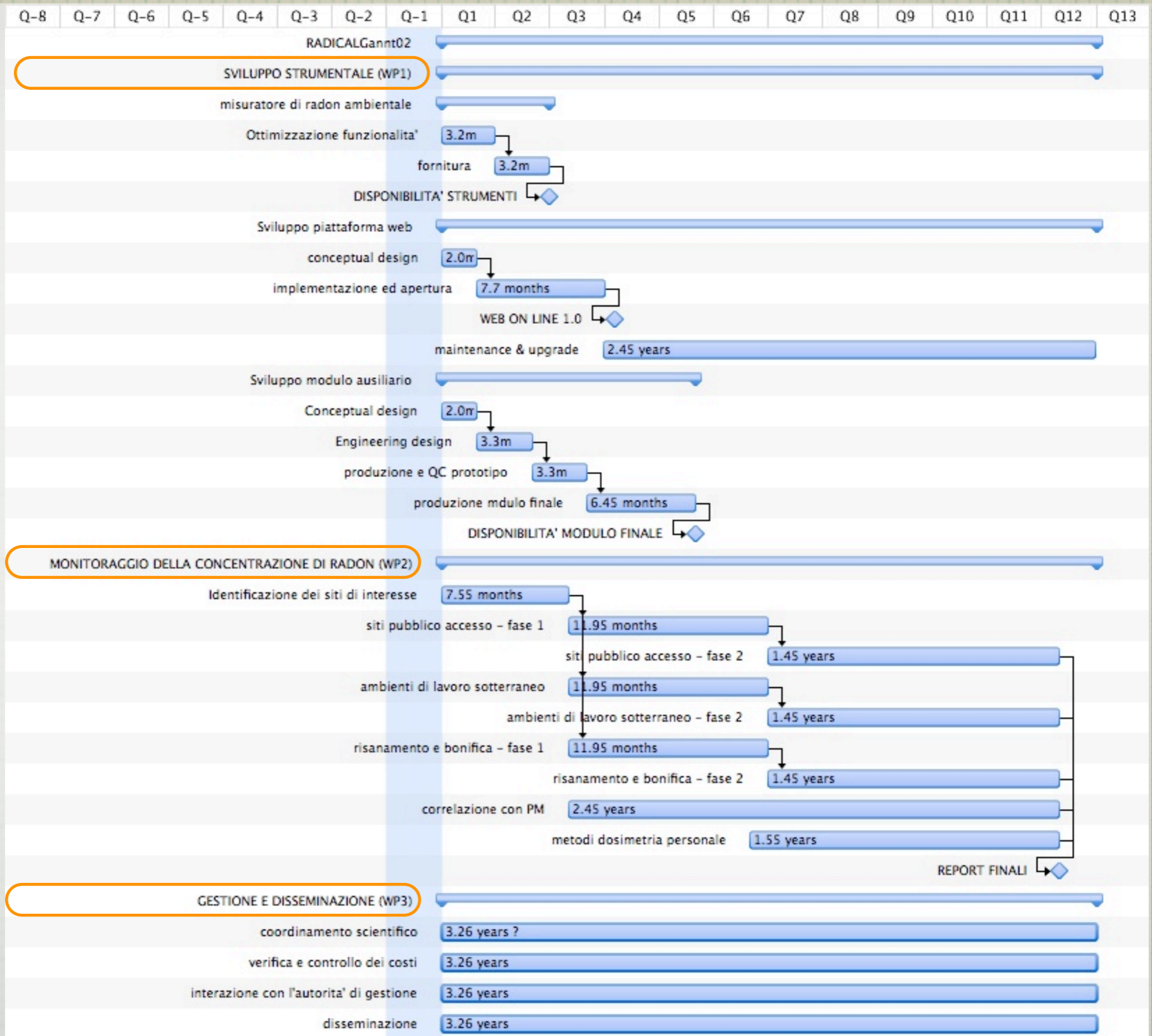


- unita' di radiazioni ionizzanti di Ivrea (dr. Magnoni)
- consolidata esperienza nella mappatura, monitoraggio e dosimetria
- fortissima connessione con le realta' locali



- partecipa con l'unita' coordinata dal dr. Faure-Ragani
- responsabile dello sviluppo della piattaforma web
- solida connessione con il territorio, essenziale per poter condurre mappature e campagne di misura

Piano di Lavoro



Buoni propositi o realta' ?

⑥ il modulo ausiliario di trasmissione dati wireless e' stato progettato, realizzato, qualificato in condizioni di laboratorio e con un test sul campo (estate 2013):

- ▶ la piattaforma commerciale prescelta e' stata una buona palestra...
- ▶ ci ha consentito di arrivare a realizzare dei dimostratori, ma non dei prototipi
- ▶ per arrivare ad un technology readiness level piu' alto, e' necessario uno sviluppo dedicato, oppure una maturazione della tecnologia

⑥ la piattaforma di ricezione dati ed elaborazione e' essenzialmente terminata;

- ▶ ben fatto, ARPA VdA!

⑥ diverse campagne in luoghi ad accesso pubblico e struttura complessa & luoghi di lavoro/residenza sono state condotte:

- ▶ Val Cervo (Campiglia, Rosazza, Quittengo, San Paolo)
- ▶ Santa Maria Maggiore (scuola)
- ▶ Miniera di Talco in Provincia di Torino
- ▶ grotta per la stagionatura della fontina in VdA
- ▶ Tunnel del Monte Bianco
- ▶ agenzie bancarie in Milano/Viterbese/Firenze
- ▶ esame preliminare all'Isola d'Elba
- ▶ numerose abitazioni private



👁 sono state condotte tre campagne di lungo periodo per la misura della correlazione tra variazioni di concentrazione di radon ed eventi geologici:

- ▶ 2011: Tortonese (learn by doing...)
- ▶ 2012: "house of 3" campaign
- ▶ Giugno 2012-Febbraio 2014: campagna estesa, con 4 strumenti nelle zone epicentri dell'Emilia + 2[3] strumenti nella regione del comasco/MXP airport [con piu' di 2 anni di dati su base oraria!]

👁 e' stato sviluppato un metodo per la misura del fattore di equilibrio, che ha avuto un ottimo riscontro nella comunita' scientifica e degli operatori (ed e' stato oggetto di una pubblicazione appena apparsa su Radiation Protection Dosimetry (10 Aprile 2014!)

👁 sono state effettuate una serie di presentazioni ad eventi nazionali ed internazionali:

- ▶ 3 presentazioni all' International Workshop on the geological aspects of radon risk mapping, Praga, 2012 e 2013
- ▶ poster al Workshop "Statistical modelling for biological and environmental systems", 12-16 Settembre 2011, Venezia
- ▶ presentazione al XXXV Congresso Nazionale di Radioprotezione AIRP, 17-19 Ottobre 2012, Venezia.
- ▶ 2 presentazioni al Quinto Convegno Nazionale Agenti Fisici: Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita, 6-8 Giugno 2012, Novara.
- ▶ 1 presentazione al Convegno Nazionale di Radioprotezione dal titolo "Radiazioni naturali e artificiali nell'ambiente", 12-14 Ottobre 2011, Reggio Calabria

- 1 tesi di master in ingegneria elettronica a SUPSI (Stefano Guatieri)
- 1 tesi di Dottorato in Fisica (Linda Panero)

