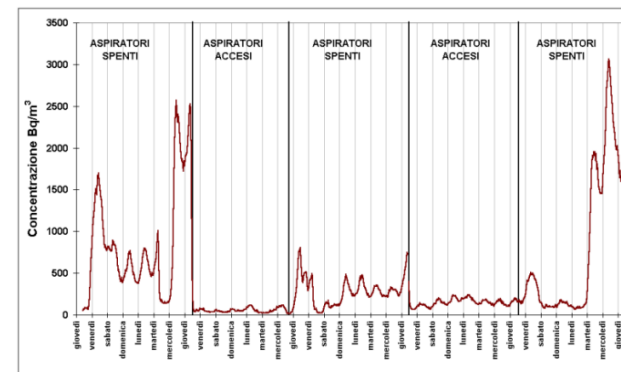
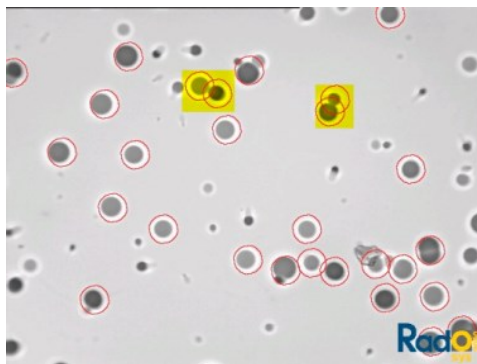
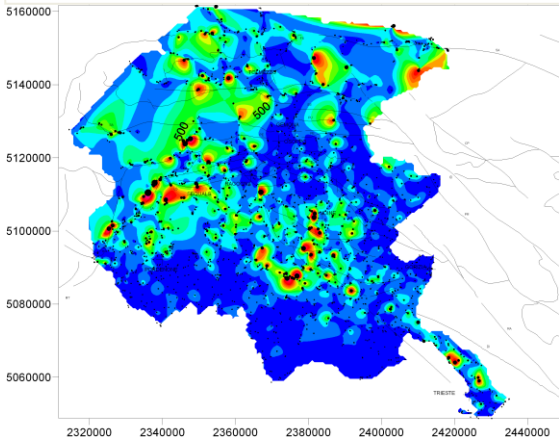
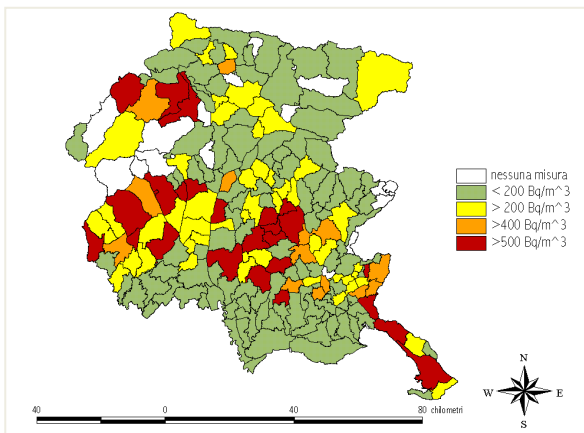


# IL RADON NEL FRIULI VENEZIA GIULIA



Giovani C.

S O S Centro Regionale per la Radioprotezione - ARPA FVG



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# INDICE

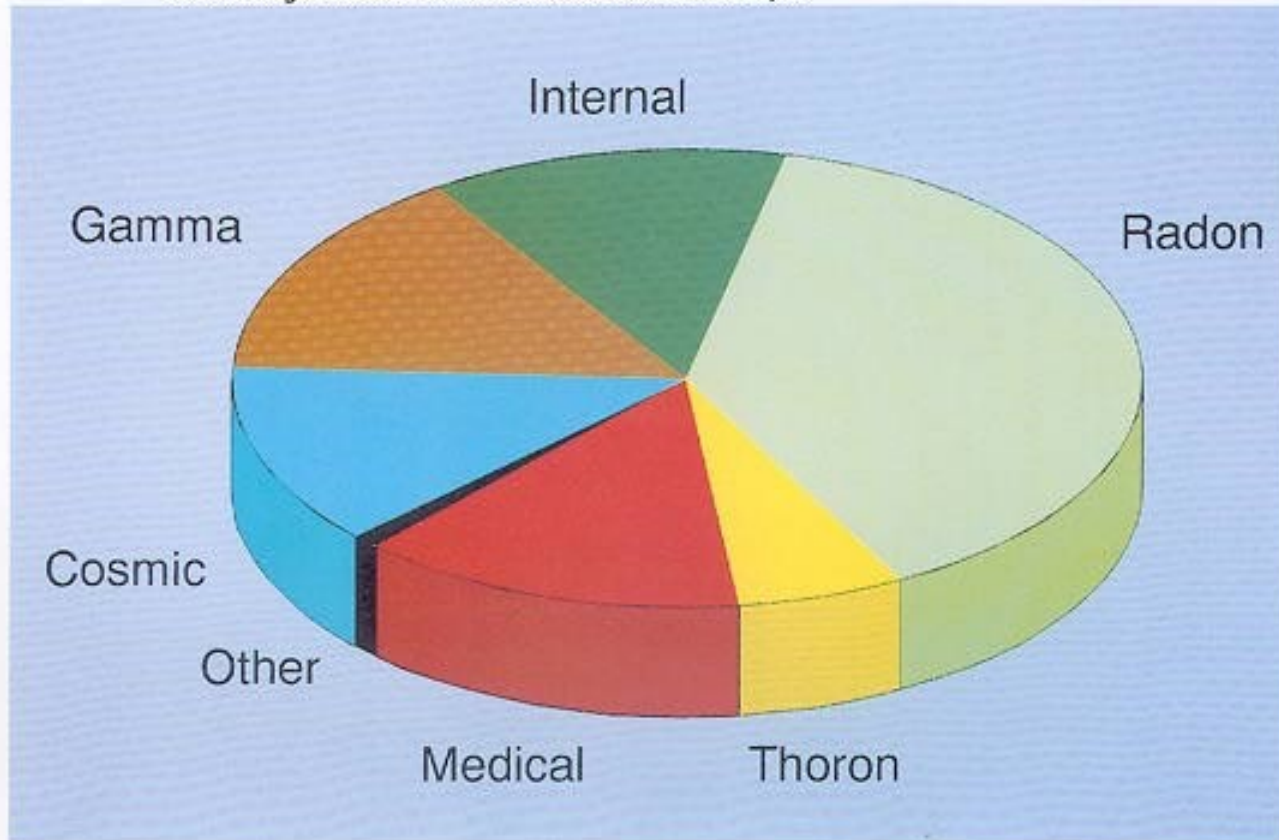
- Che cos'è il radon e come si diffonde negli edifici
- Entità del problema radon in Friuli Venezia Giulia
- Campagne di misura in Friuli Venezia Giulia
- Azioni di rimedio
  - ✓ Strategie di intervento
  - ✓ Criteri
  - ✓ Verifica dell'efficacia
  - ✓ Ottimizzazione
- Esempi e risultati
  - ✓ Esempi risolutivi
  - ✓ Esempi non risolutivi e/o controproducenti
- Considerazioni finali



# LE SORGENTI DI RADIAZIONI IONIZZANTI

- Radioattività naturale
- Radioattività artificiale

World average dose from radiation sources: total 2.8 mSv a year



**Dose media annuale mondiale**



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# LE FAMIGLIE RADIOATTIVE

## URANIO 238 (U238) DECADIMENTO RADIOATTIVO

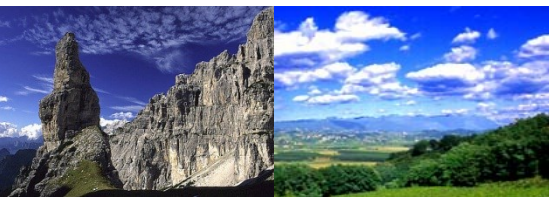
tipo di radiazione	nuclide	tempo di dimezzamento
	uranio-238	4.47 miliardi di anni
$\alpha$	torio-234	24.1 giorni
$\beta$	protattinio-234m	1.17 minuti
$\beta$	uranio-234	245000 anni
$\alpha$	torio-230	<b>75200 anni</b>
$\alpha$	radio-226	1600 anni
$\alpha$	<b>radon-222 (*)</b>	3.823 giorni
$\alpha$	polonio-218	3.05 minuti
$\alpha$	piombo-214	26.8 minuti
$\beta$	bismuto-214	19.7 minuti
$\beta$	polonio-214	0.000164 secondi
$\alpha$	piombo-210	22.3 anni
$\beta$	bismuto-210	5.01 giorni
$\beta$	polonio-210	138.4 giorni
$\alpha$	piombo-206	stabile

## URANIO 235 (U235) DECADIMENTO RADIOATTIVO

tipo di radiazione	nuclide	tempo di dimezzamento
	uranio-235	703.8 milioni di anni
$\alpha$	torio-231	25.52 ore
$\beta$	protoattinio-231	32800 anni
$\alpha$	attinio-227	21.77 anni
$\beta$	torio-227	18.72 giorni
$\alpha$	radio-223	11.43 giorni
$\alpha$	radon-219	3.96 secondi
$\alpha$	polonio-215	0.00178 secondi
$\alpha$	piombo-211	36.1 minuti
$\beta$	bismuto-211	2.14 minuti
$\alpha$	tallio-207	4.77 minuti
$\beta$	piombo-207	stabile

## TORIO 232 (Th232) DECADIMENTO RADIOATTIVO

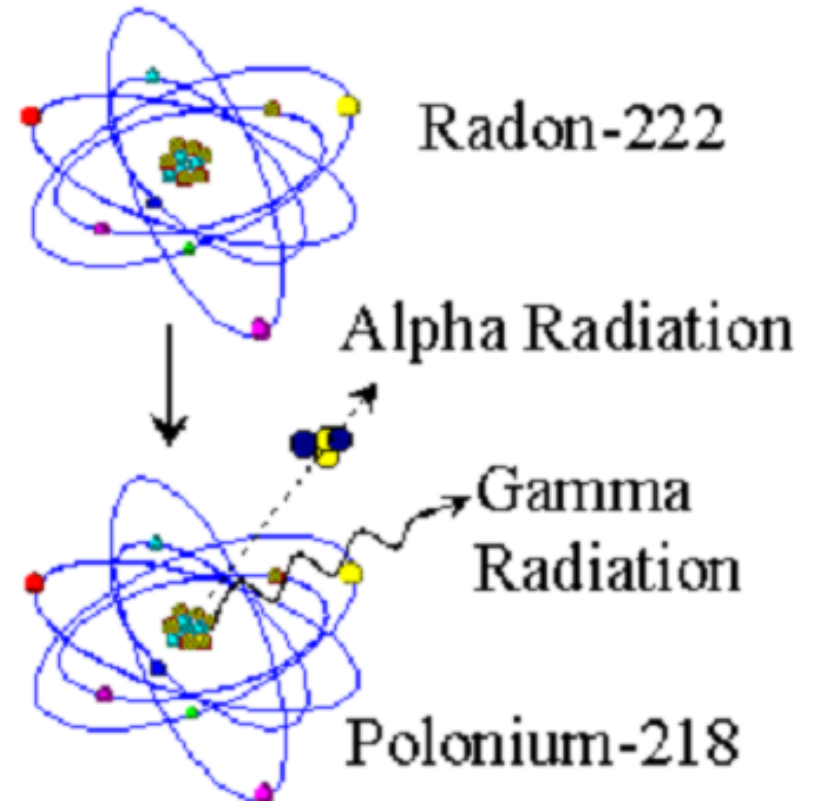
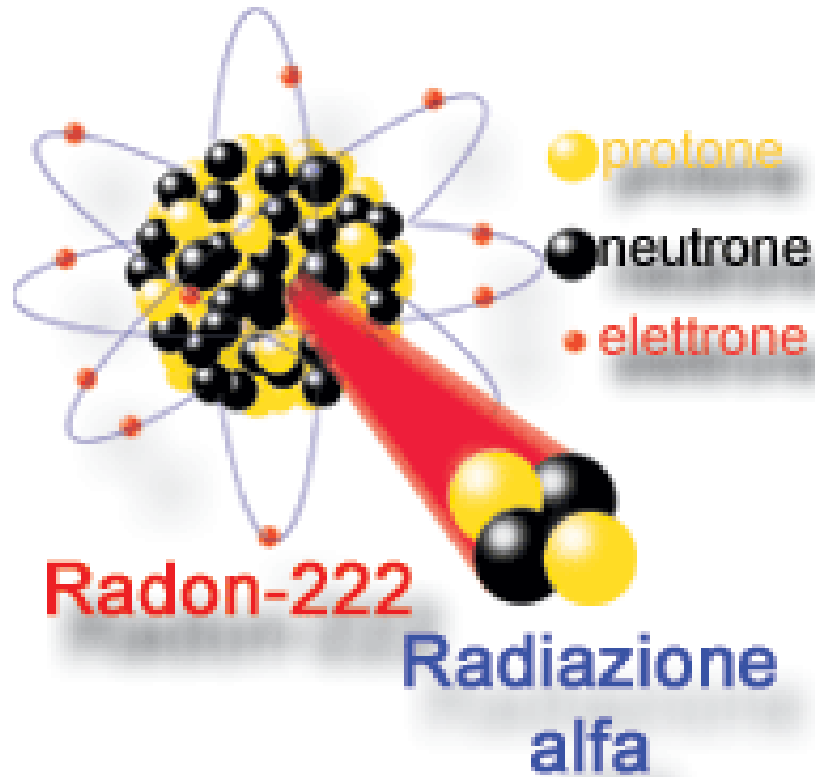
tipo di radiazione	nuclide	tempo di dimezzamento
	torio-232	14.05 miliardi di anni
$\alpha$	radio-228	5.75 anni
$\beta$	attinio-228	6.15 ore
$\beta$	torio-228	1913 anni
$\alpha$	radio-224	3.66 giorni
$\alpha$	radon-220	55.6 secondi
$\alpha$	polonio-216	0.145 secondi
$\alpha$	piombo-212	10.64 ore
$\beta$	bismuto-212	60.6 minuti
$\beta$	polonio-212	0.299 microsecondi
$\alpha$	tallio-208	3.05 minuti
$\beta$	piombo-208	stabile



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# DECADIMENTO DEL RADON



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# INALAZIONE DEL RADON



**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).



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# WHO Handbook of Indoor Radon

## WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON

A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE



## Contents

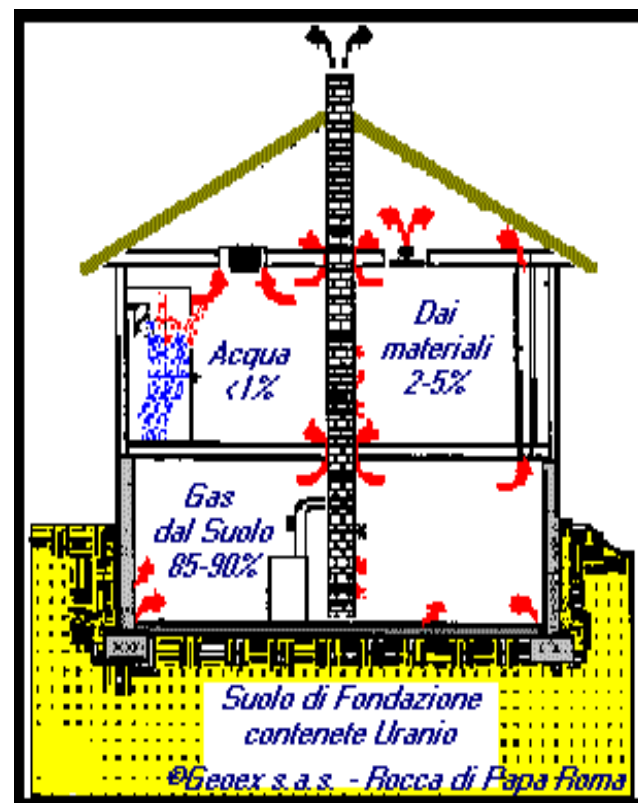
Acknowledgements	v
Contributors / participants	vi
Preface	ix
Executive summary	x
Abbreviations	xii
Glossary	xiii
<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>1. HEALTH EFFECTS OF RADON</b>	<b>3</b>
1.1 Lung cancer risks in radon-exposed miners	4
1.2 Lung cancer risks in the general population from indoor radon	7
1.3 Radon and diseases other than lung cancer	14
1.4 Burden of lung cancer caused by indoor radon	14
<b>2. RADON MEASUREMENTS</b>	<b>21</b>
2.1 Measurement devices	23
2.2 Measurement protocols	28
2.3 Quality assurance for radon measurements	30
<b>3. RADON PREVENTION AND MITIGATION</b>	<b>41</b>
3.1 Organization of radon prevention and mitigation actions	41
3.2 Radon prevention strategies in new constructions	44
3.3 Radon mitigation strategies in existing buildings	49
<b>4. COST-EFFECTIVENESS OF RADON CONTROL</b>	<b>57</b>
4.1 The framework of cost-effectiveness analysis	58
4.2 Previous economic evaluations of radon prevention and mitigation	62
4.3 Example of a cost-effectiveness analysis	63
<b>5. RADON RISK COMMUNICATION</b>	<b>73</b>
5.1 Fundamentals, strategies and channels	74
5.2 Framing radon risk issues for risk communication	75
5.3 Core messages for radon risk communication	78
5.4 Communication campaigns	79
<b>6. NATIONAL RADON PROGRAMMES</b>	<b>83</b>
6.1 Organization of a national radon programme	84
6.2 National radon surveys	86
6.3 National reference levels	89
6.4 Building regulations and building codes	91
6.5 Identification and remediation of homes with high radon concentrations	91



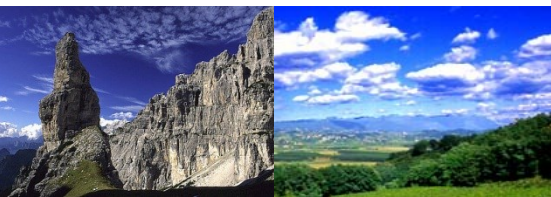
SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# SORGENTI DI RADON



Un'efficiente emanazione di radon avviene solamente se questo si forma in prossimità della superficie del minerale, altrimenti rimane imprigionato all'interno.

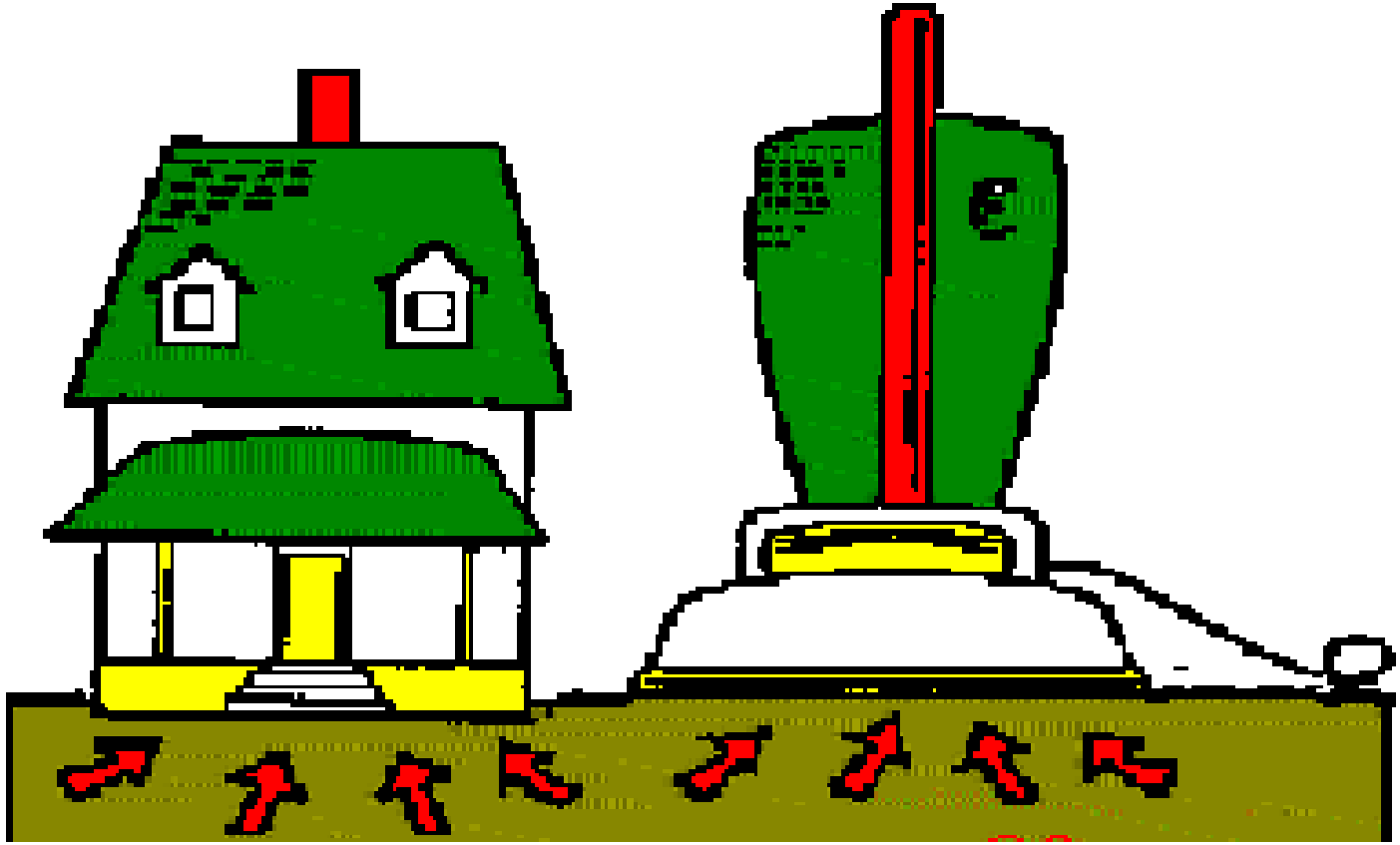


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# La depressione sostiene l'ingresso del gas



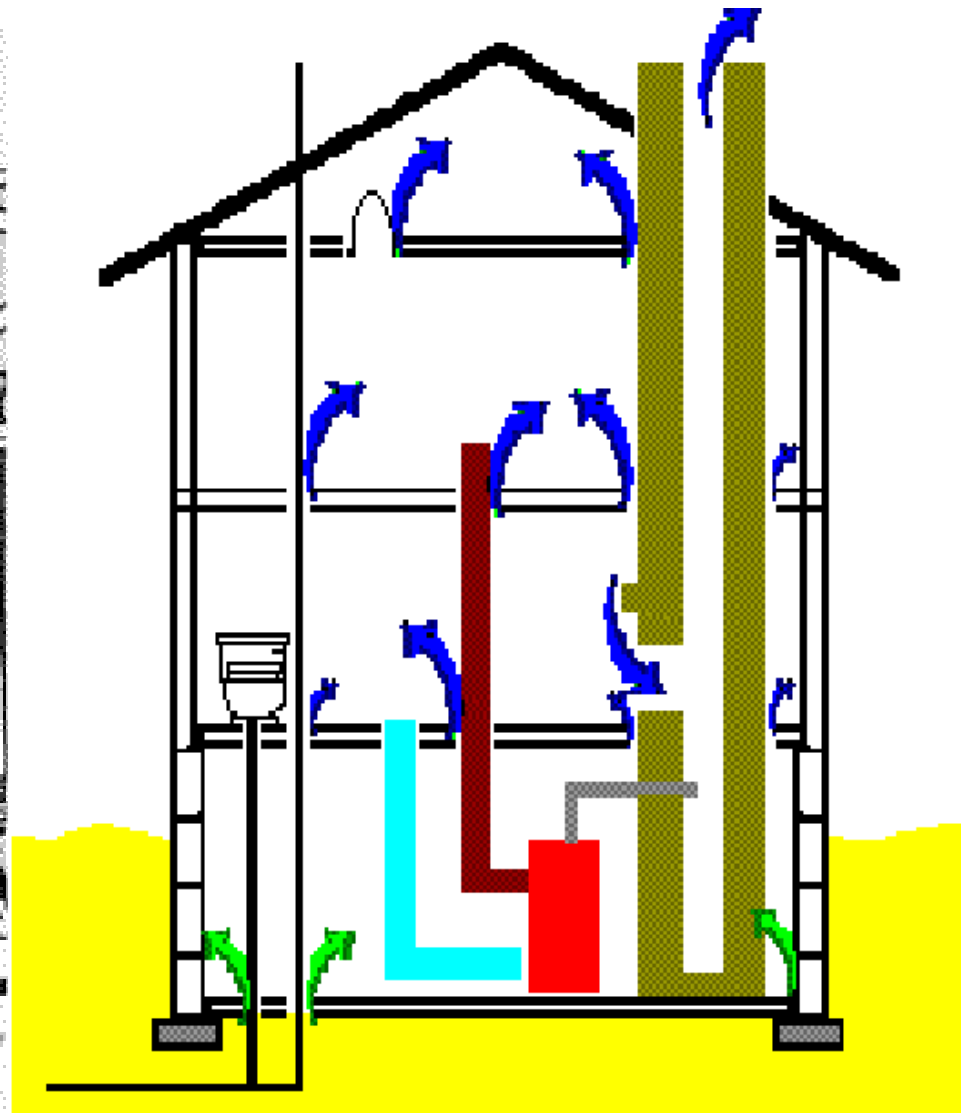
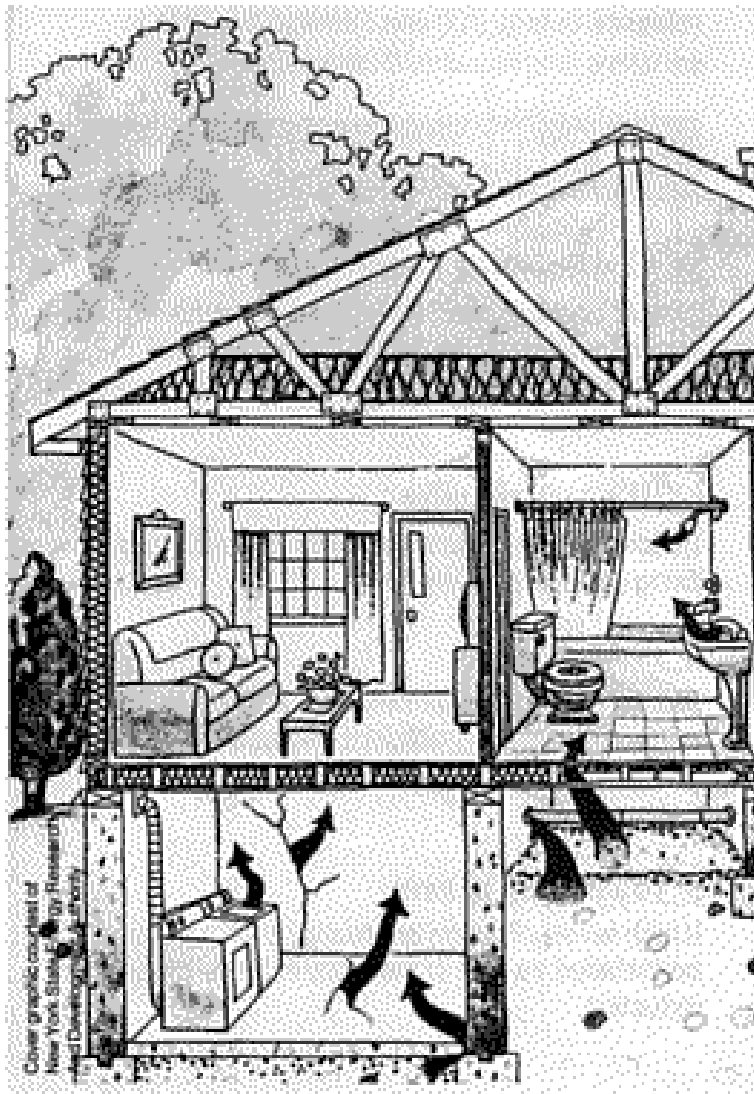
- La costruzione si comporta in modo da creare una depressione che induce l'ingresso del gas all'interno.
- Tale depressione è minima ed è indotta dalla differente pressione esistente dentro e fuori del fabbricato



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# INGRESSO E DIFFUSIONE DEL RADON NEGLI EDIFICI

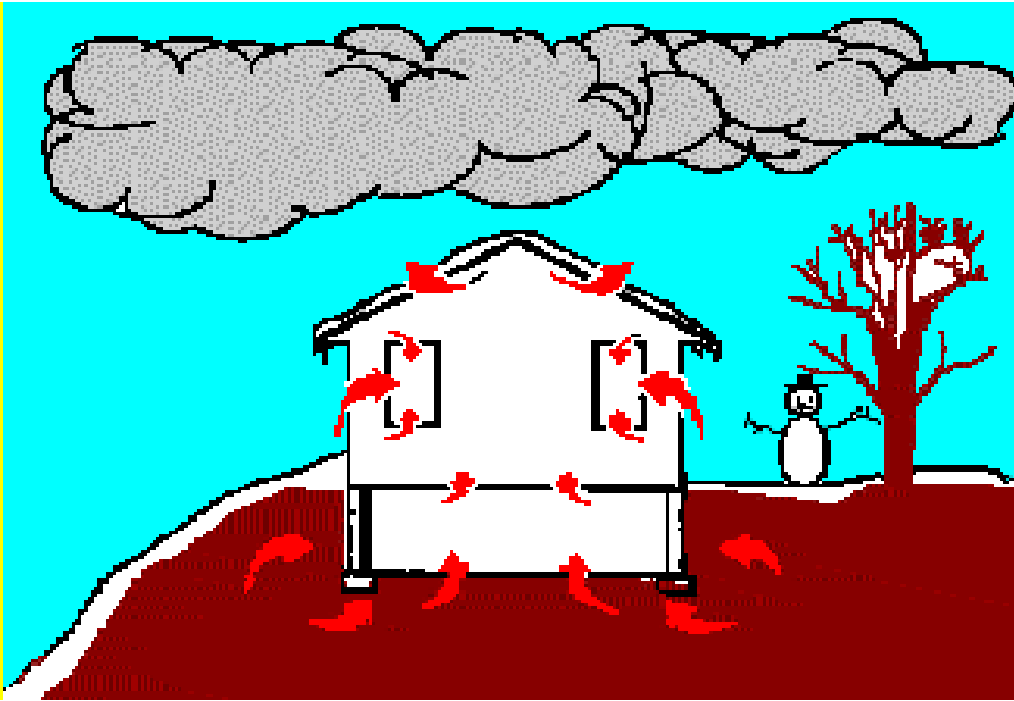


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# Variabilità del radon

*Effetto della copertura nevosa o di asfalto*



- Nella stagione invernale il ghiaccio impedisce la fuoriuscita del gas dal terreno che si indirizza verso l'abitazione per effetto della depressione creata dal fabbricato.
- L'effetto dell'asfalto e/o del cemento e' naturalmente identico.



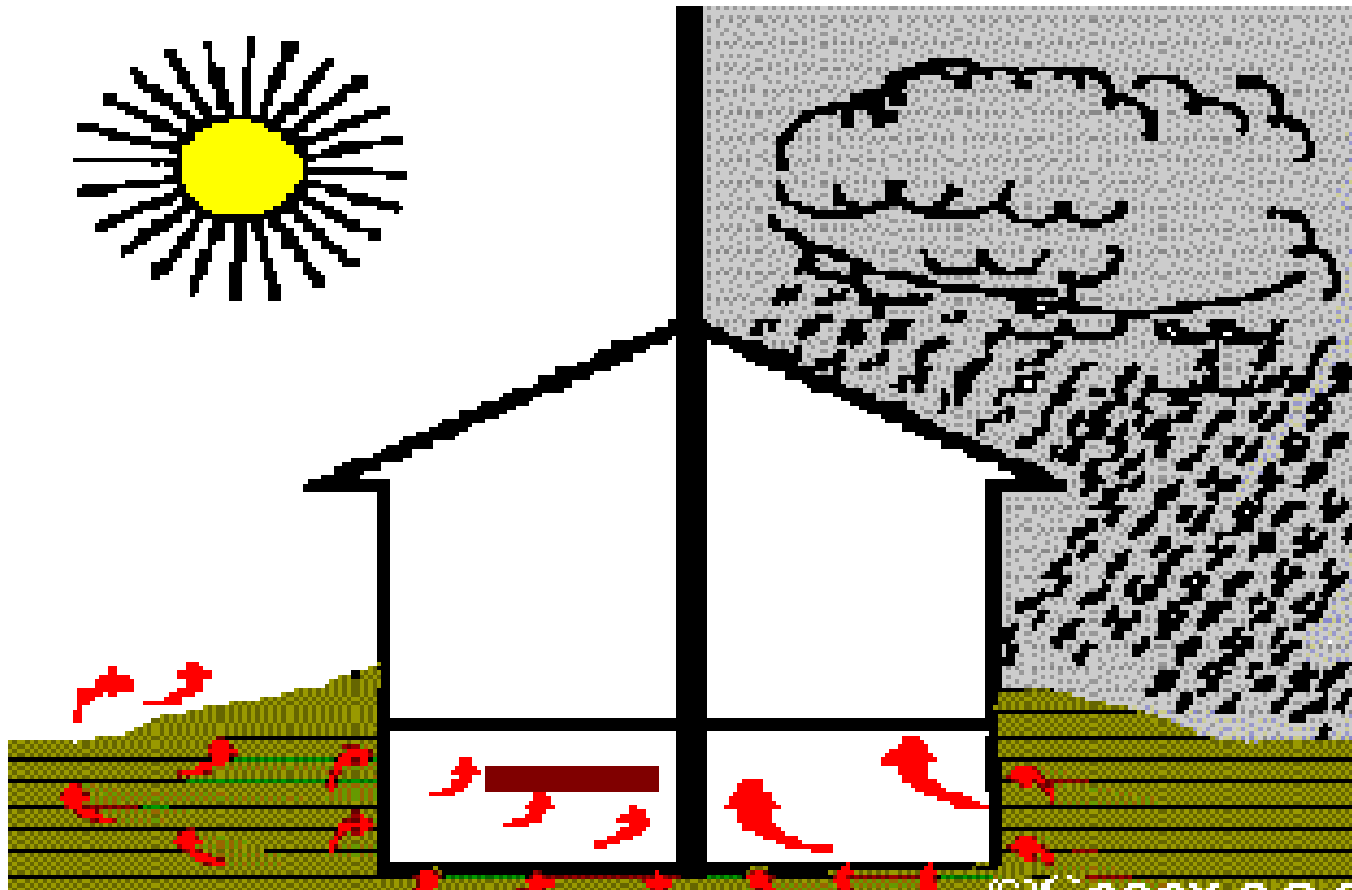
SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# Variabilità del radon

*Effetto della pioggia*



➤ La pioggia occlude il suolo e forza il gas verso l'abitazione.

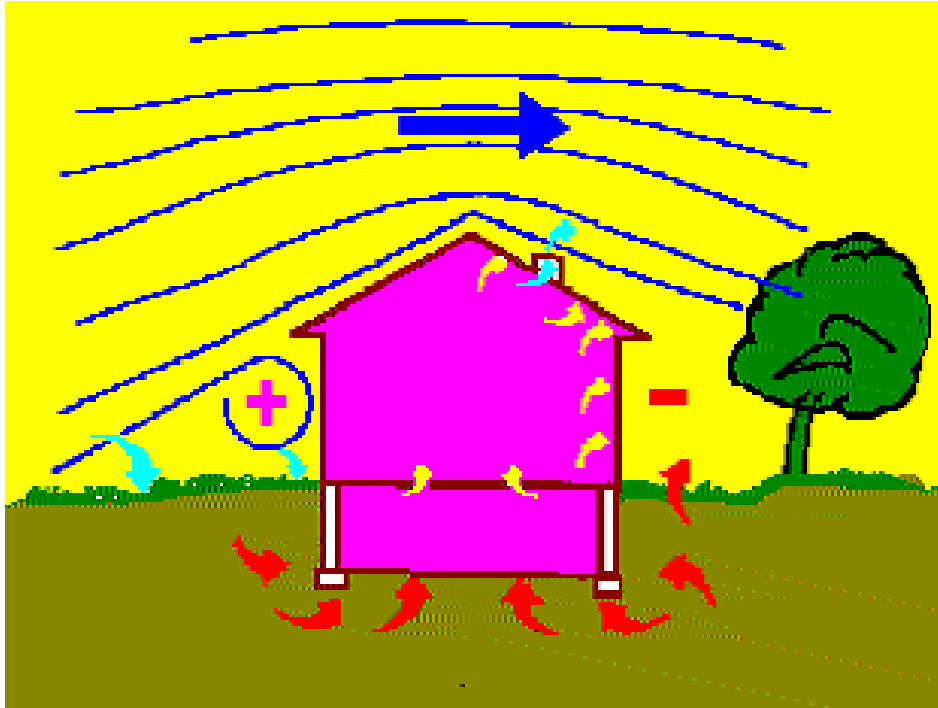


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# Variabilità del radon

## *Effetto del vento*



- Il lato del fabbricato con il segno meno è in depressione.
- Il lato del fabbricato con il segno più è in pressione.
- Gli effetti sono evidenti sia sul fabbricato che sul suolo

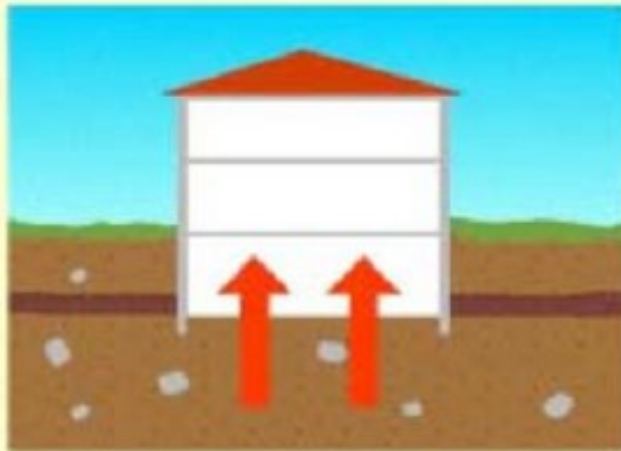
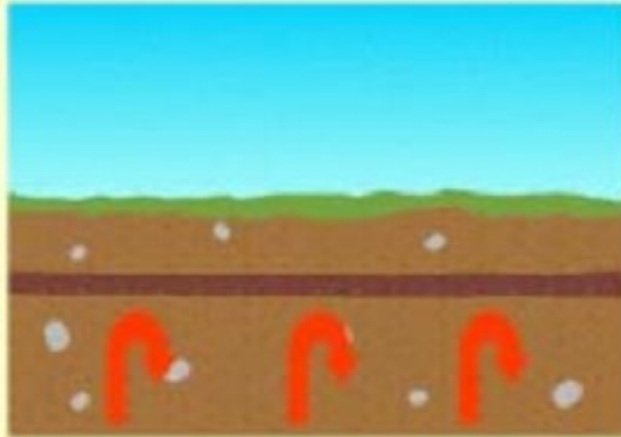


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



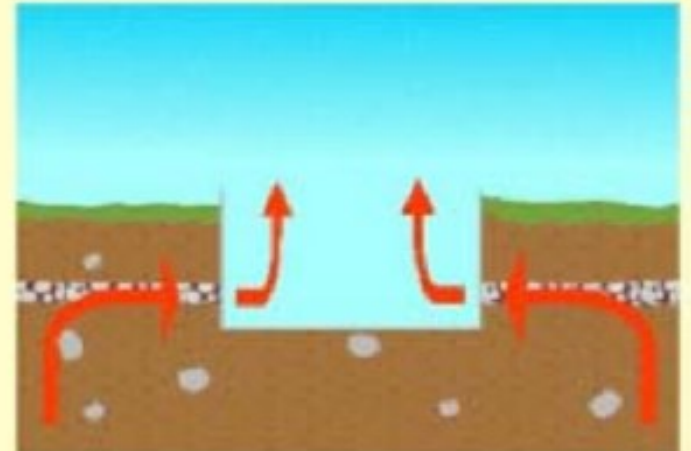
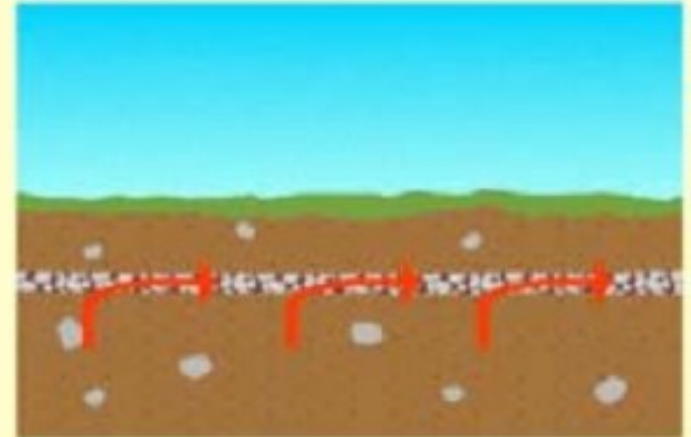
# Situazioni a rischio

## Strato di argilla - Lehm



La stessa situazione si può verificare spesso semplicemente se lo strato superiore del terreno è meno permeabile del terreno

## Strato di ghiaia - Kies

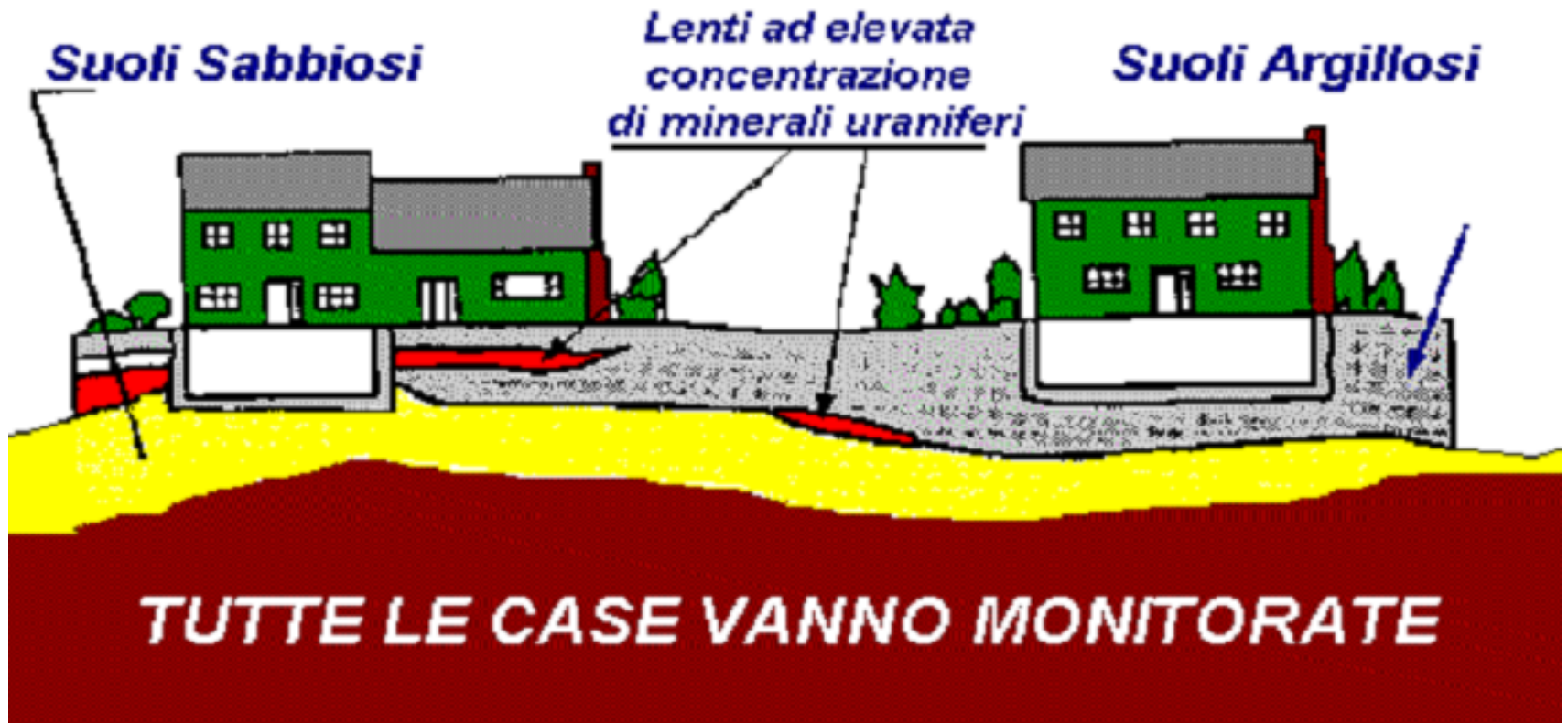


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# Monitoraggio del radon



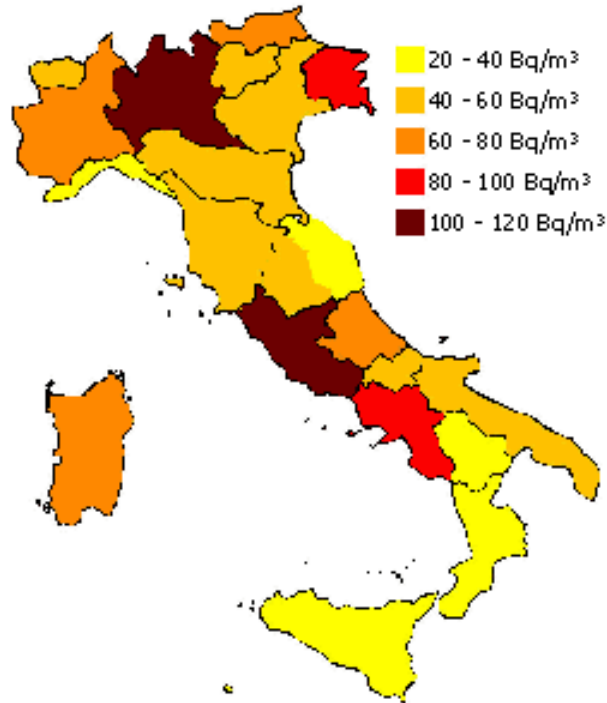
SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# PROBLEMA RADON IN FVG

## Parte regionale della campagna nazionale radon in FVG: 1988-1989

Quadro riepilogativo dei risultati dell'indagine nazionale sul radon nelle abitazioni nelle regioni e province autonome italiane (indagine condotta nel periodo 1989 - 1997)



Regione/Provincia autonoma	Rn-222 Media aritmetica ± STD ERR Bq/m <sup>3</sup>	Abitazioni >200 Bq/m <sup>3</sup> %	Abitazioni >400 Bq/m <sup>3</sup> %
Piemonte	69 ± 3	2,1	0,7
Valle D' Aosta	44 ± 4	0	0
Lombardia	111 ± 3	8,4	2,2
<i>Bolzano</i>	70 ± 8	5,7	0
<i>Trento</i>	49 ± 4	1,3	0
Veneto	58 ± 2	1,9	0,3
<b>Liguria</b>	<b>38 ± 2</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>
Emilia Romagna	44 ± 1	0,8	0
Toscana	48 ± 2	1,2	0
Umbria	58 ± 5	1,4	0
Marche	29 ± 2	0,4	0
Lazio	119 ± 6	12,2	3,4
Abruzzo	60 ± 6	4,9	0
Molise	43 ± 6	0	0
Campania	95 ± 3	6,2	0,3
Puglia	52 ± 2	1,6	0
Basilicata	30 ± 2	0	0
Calabria	25 ± 2	0,6	0
Sicilia	35 ± 1	0	0
Sardegna	64 ± 4	2,4	0
<b>MEDIA (pesata per la popolazione regionale)</b>	<b>70 ± 1</b>	<b>4,1</b>	<b>0,9</b>

Nota: il Trentino Alto Adige è costituito dalle due Province autonome di Bolzano e di Trento amministrativamente indipendenti

Fonte: APAT - Annuario dei dati ambientali - edizione 2003



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# PROBLEMA RADON IN FVG

## *Cosa vuol dire?*

- La media della concentrazione di radon nelle abitazioni del Friuli-Venezia Giulia (100 Bq/m<sup>3</sup>) è superiore a quella del resto d'Italia (che si colloca comunque, con un valore medio pari a 75 Bq/m<sup>3</sup>, nella fascia medio alta in Europa (media europea: 59 Bq/m<sup>3</sup>; media mondiale 40 Bq/m<sup>3</sup>)
- Nella regione il 5% delle abitazioni ha concentrazioni di radon superiori a 400 Bq/m<sup>3</sup> (valore -soglia raccomandato dalla Unione Europea per l'adozione delle azioni di rimedio per le abitazioni già costruite)
  - Circa 23000 abitazioni stimate
- Dal punto di vista epidemiologico: circa 100 morti/anno in regione

## *E quindi?*



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# PROBLEMA RADON IN FVG

## Altre campagne regionali pre-ARPA

Tipo di indagine	Anni	N. di abitazioni o scuole esaminate	N. di comuni coinvolti	Media (Bq/m <sup>3</sup> )	% di abitazioni o scuole con concentrazione di radon		
					> 200 Bq/m <sup>3</sup>	> 400 Bq/m <sup>3</sup>	> 500 Bq/m <sup>3</sup>
Indagine nazionale sull'esposizione alla radioattività nelle abitazioni	1989/90	229	10	100		5	-
Integrazione regionale all'indagine nazionale	1991/94	645	18	127		5	-
Indagine estensiva per l'individuazione di abitazioni affette da elevate concentrazioni di radon	1996/98	475	1	138		8	-
Indagine regionale sull'esposizione alla radioattività nelle scuole materne	1992/93	166	101	156		8	-

Totale: oltre 6000 in oltre 1500 edifici



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

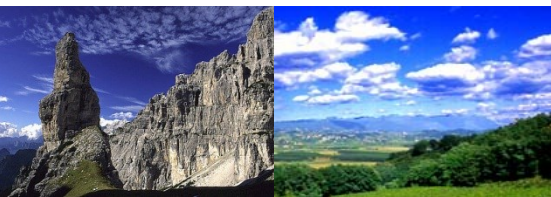


# PROBLEMA RADON IN FVG

## Campagne di misura radon indoor di ARPA FVG

Tipo di indagine	Anni	N. di abitazioni o scuole esaminate	N. di comuni coinvolti	Media (Bq/m <sup>3</sup> )	% di abitazioni o scuole con concentrazione di radon		
					> 200 Bq/m <sup>3</sup>	> 400 Bq/m <sup>3</sup>	> 500 Bq/m <sup>3</sup>
Misure della concentrazione di radon delle scuole nella provincia di PN/TS/UD/GO	2000/2003	1320	208	100	13	3	1
Indagine per la mappatura del territorio di un comune (1)	2003/2004	40	1	152	30	3	3
Indagine per la mappatura del territorio di un comune (2)	2005/2006	118	1	174	24	7	5
Indagine regionale Radon Prone Areas	2005/2007	2544	219	153	14	7	1 (>1000)
Integrazione campagna di misure scuole	Ogni anno dal 2000	~70	~300				
Integrazione indagine RPA	2013/2015	300	12	-	-	-	-

Totale: oltre 12000 misure di lungo periodo in oltre 5000 edifici + oltre 6000 giornate di misura in continuo

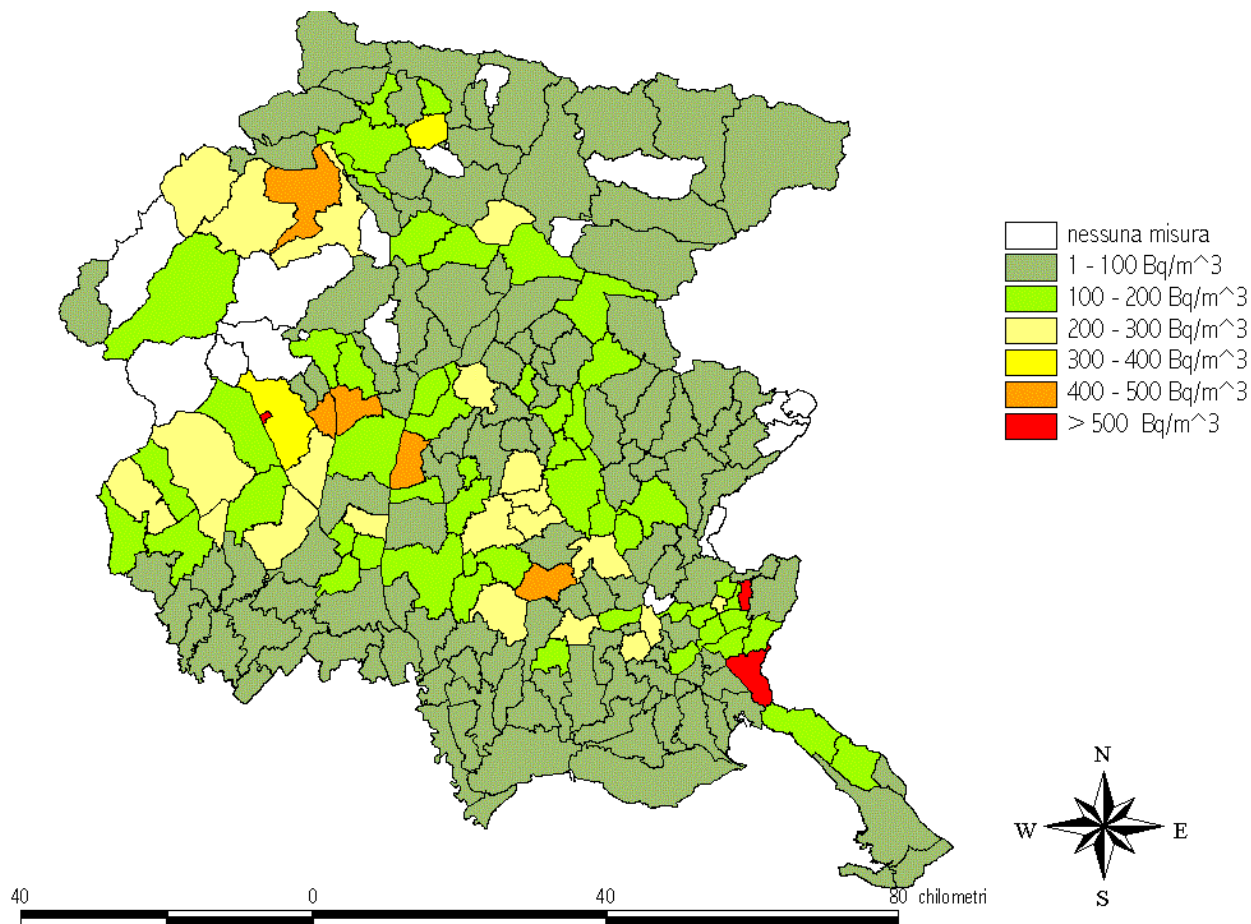


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

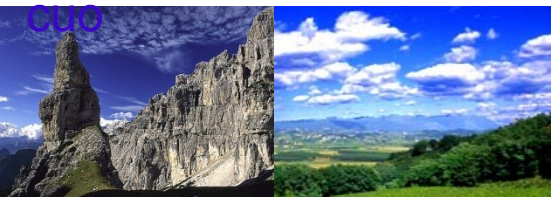


# RISULTATI

## Scuole



Valori medi (per comune) delle concentrazioni di radon misurate nei piani terra delle scuole della regione



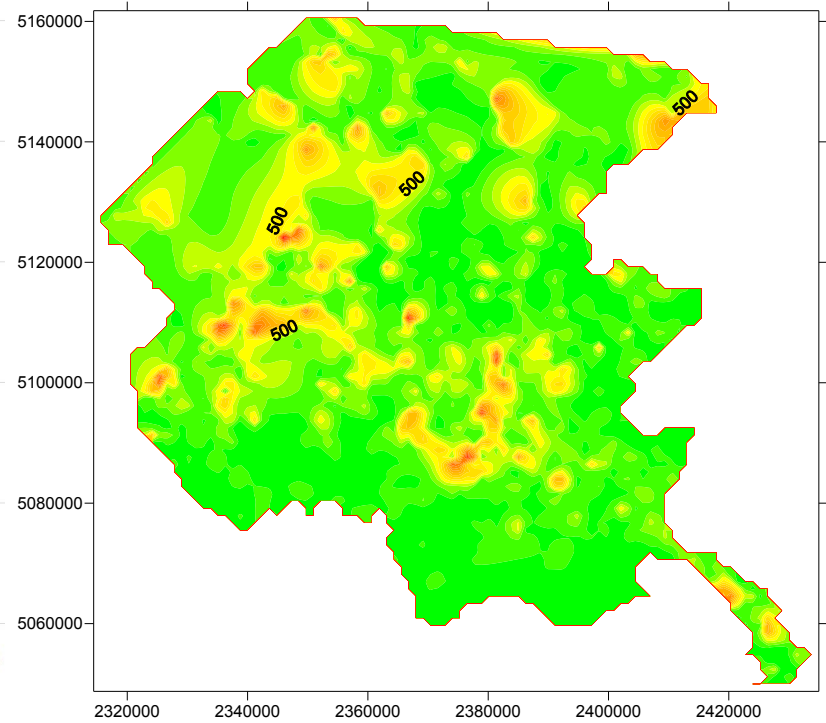
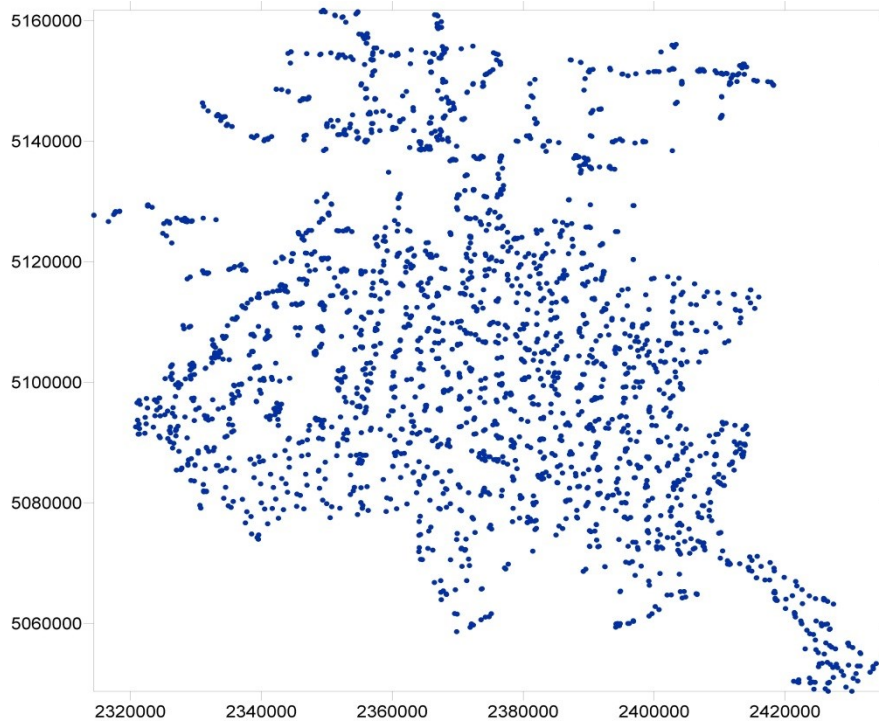
SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# RISULTATI

## Abitazioni: radon prone areas

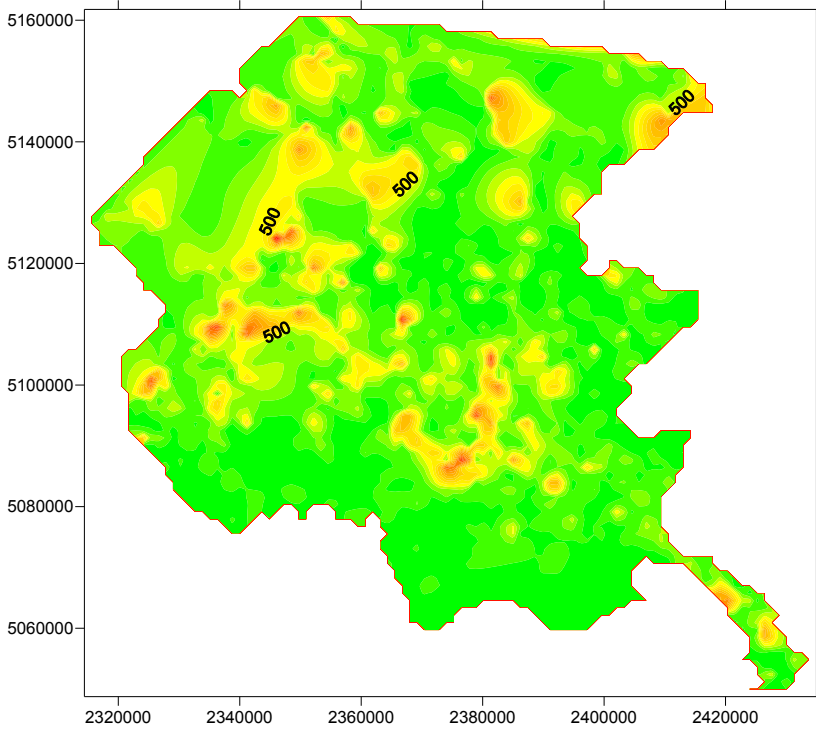


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

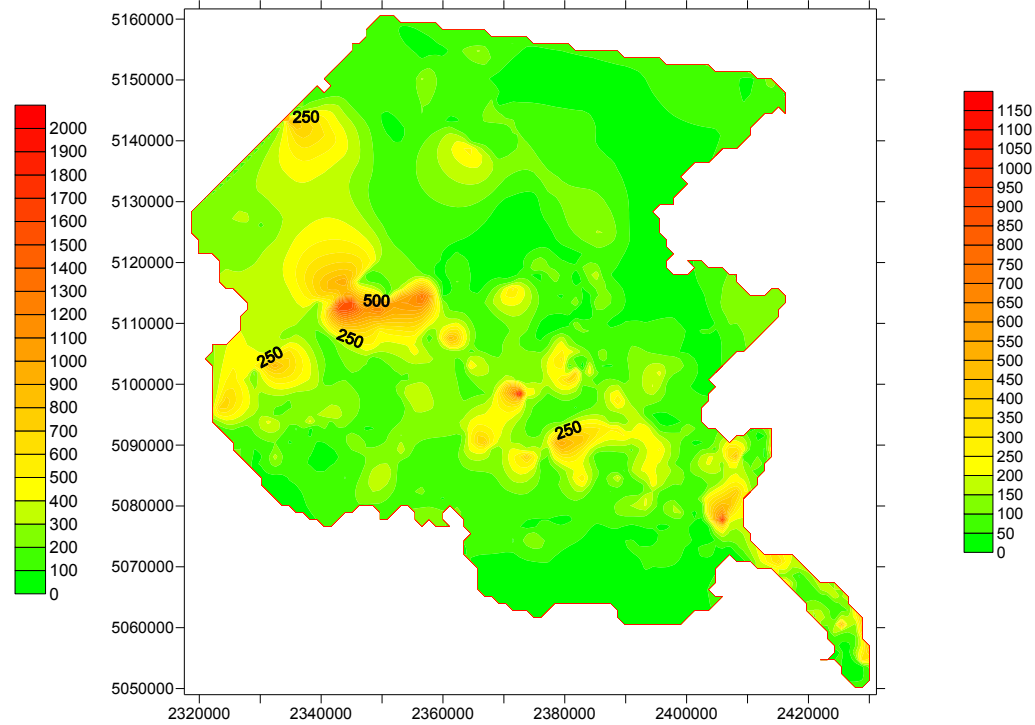


# RISULTATI

## Confronto Radon Prone Areas-Scuole



Radon Prone Areas



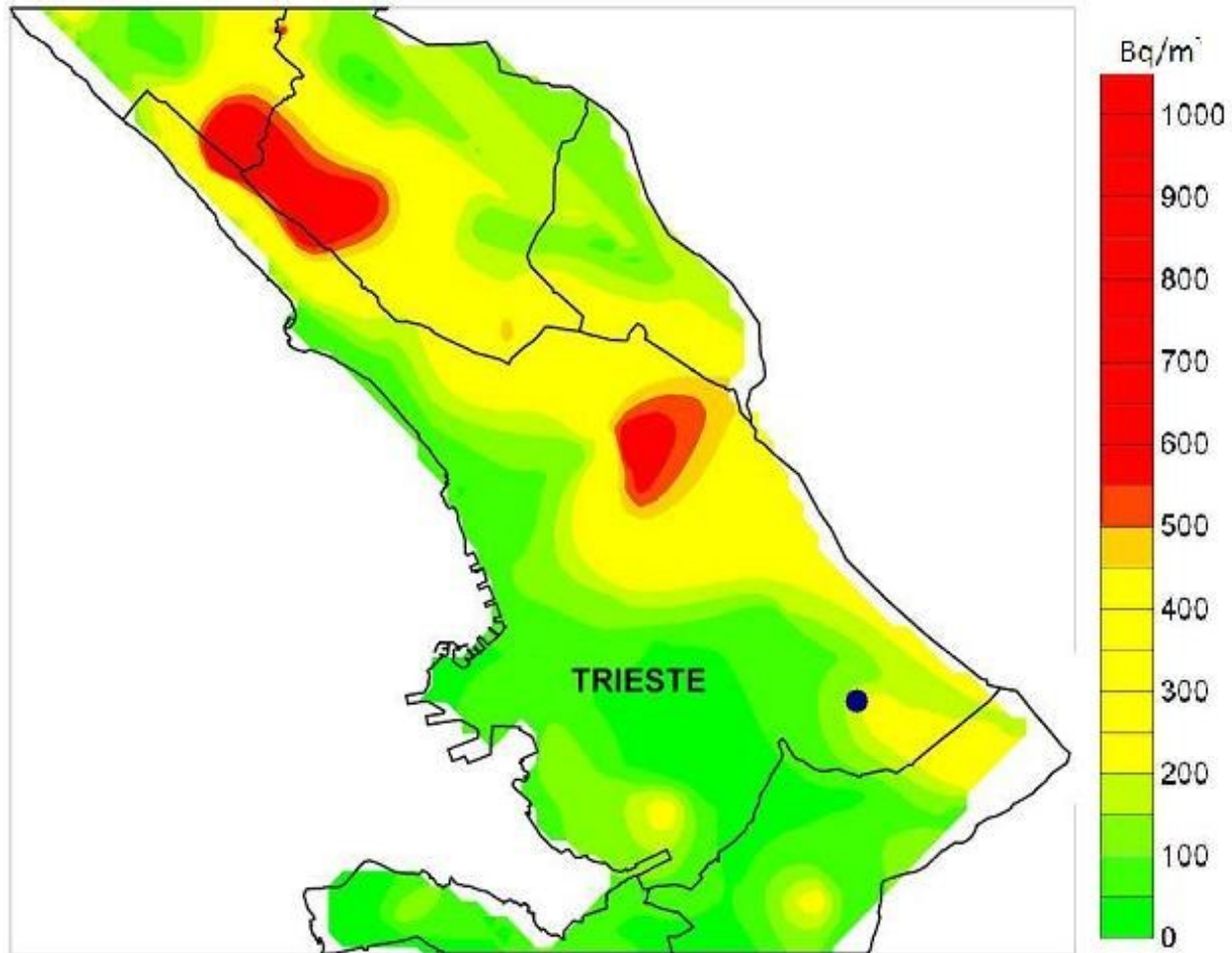
Scuole



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# RISULTATI



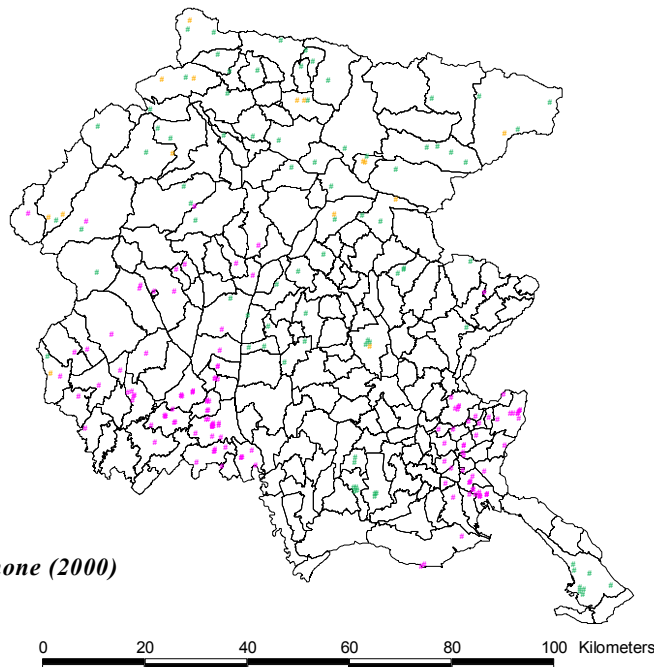
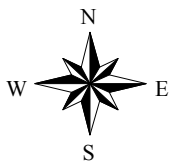
SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# CAMPAGNE E RISULTATI

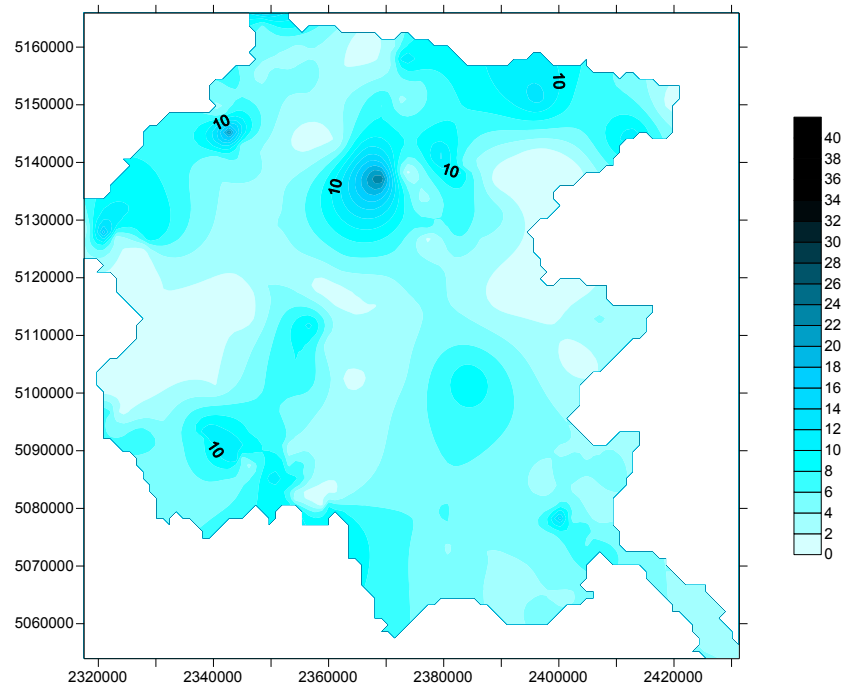
## Radon nelle acque in FVG

### Friuli Venezia Giulia - misure radon in acqua



#### Punti di misura

- # Campagna 1997
- # Campagna 1998
- # Scuole Gorizia (2002) e Pordenone (2000)



➤ oltre 200 misure

➤ 4 campagne di misura

➤ campionamenti presso acquedotti, pozzi, sorgenti e fontane pubbliche

➤ valori massimi < 20 Bq/l

➤ livello di attenzione: 100 Bq/l

➤ livello di azione: 1000 Bq/l



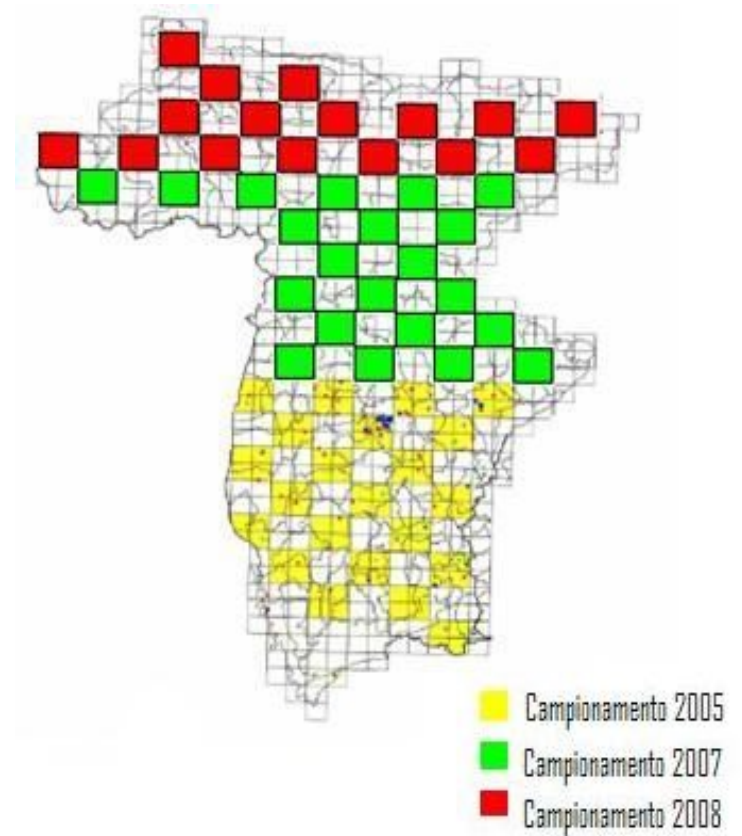
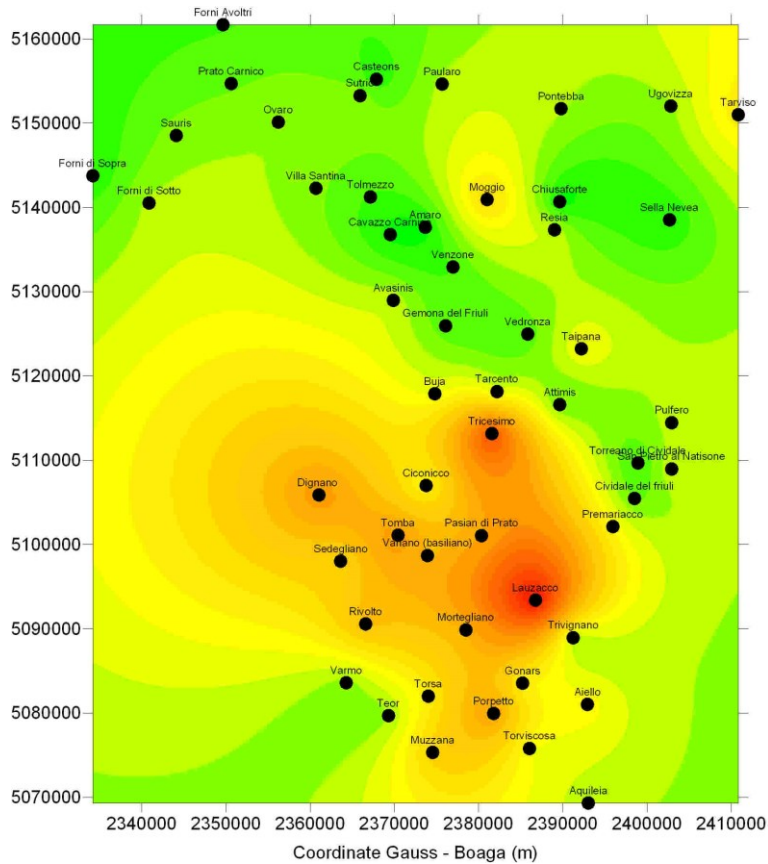
SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# CAMPAGNE E RISULTATI

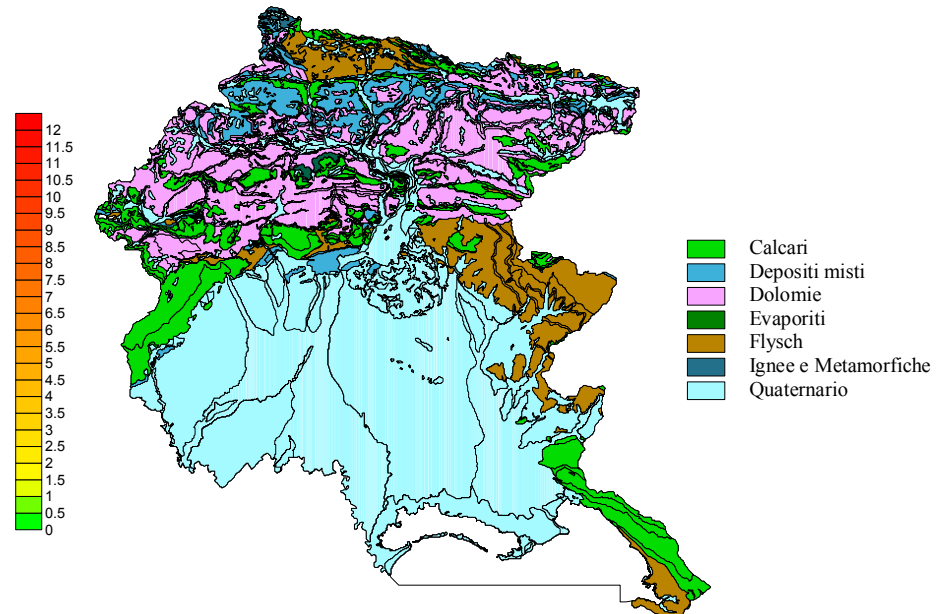
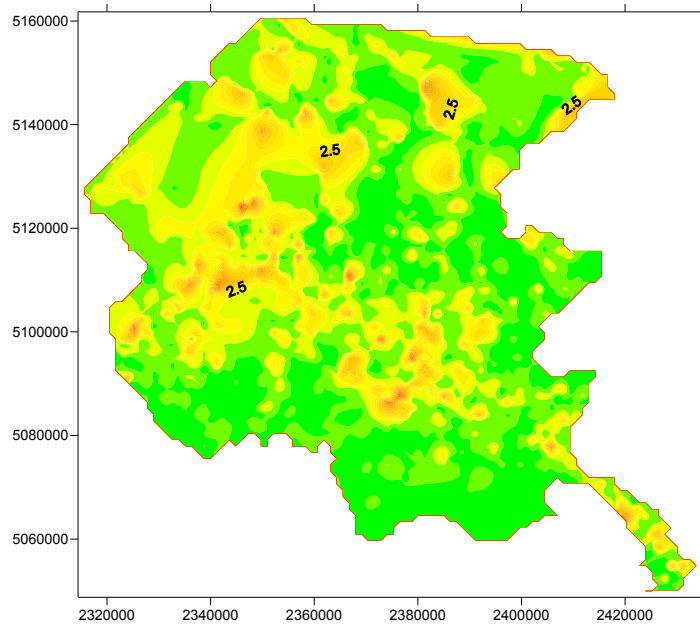
## Radon nel suolo



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



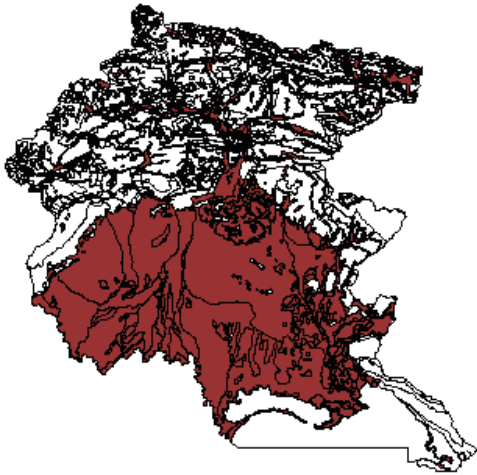
# RADON E PARAMETRI GEOLOGICI



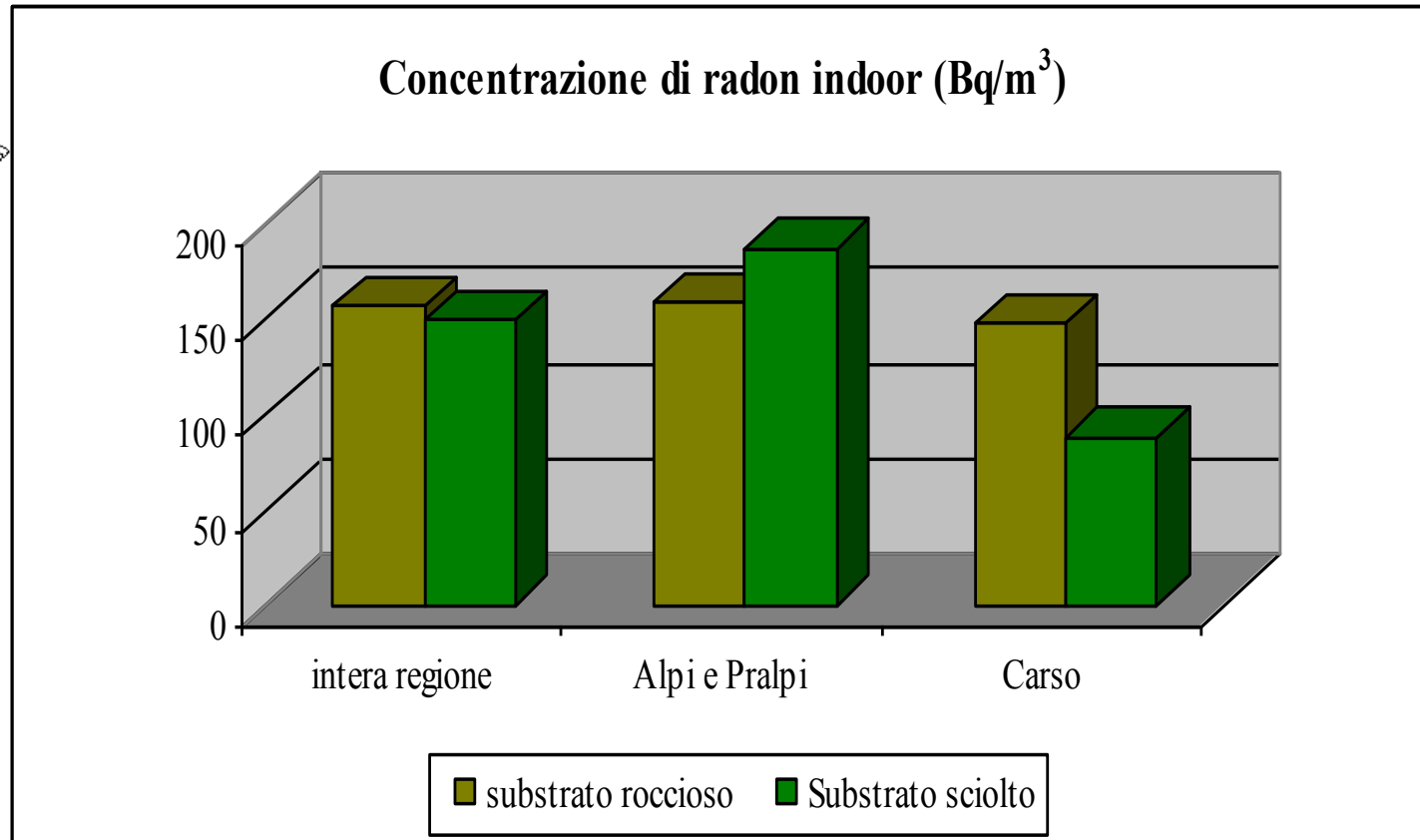
SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# RADON E PARAMETRI GEOLOGICI



*Substrato sciolto e roccioso*

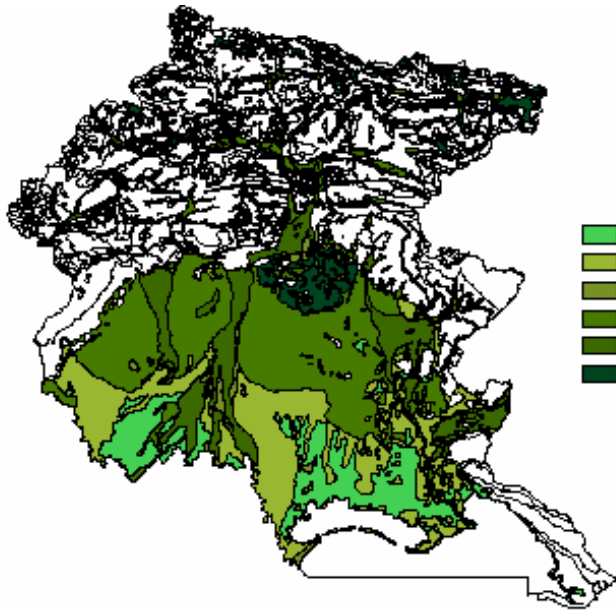


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



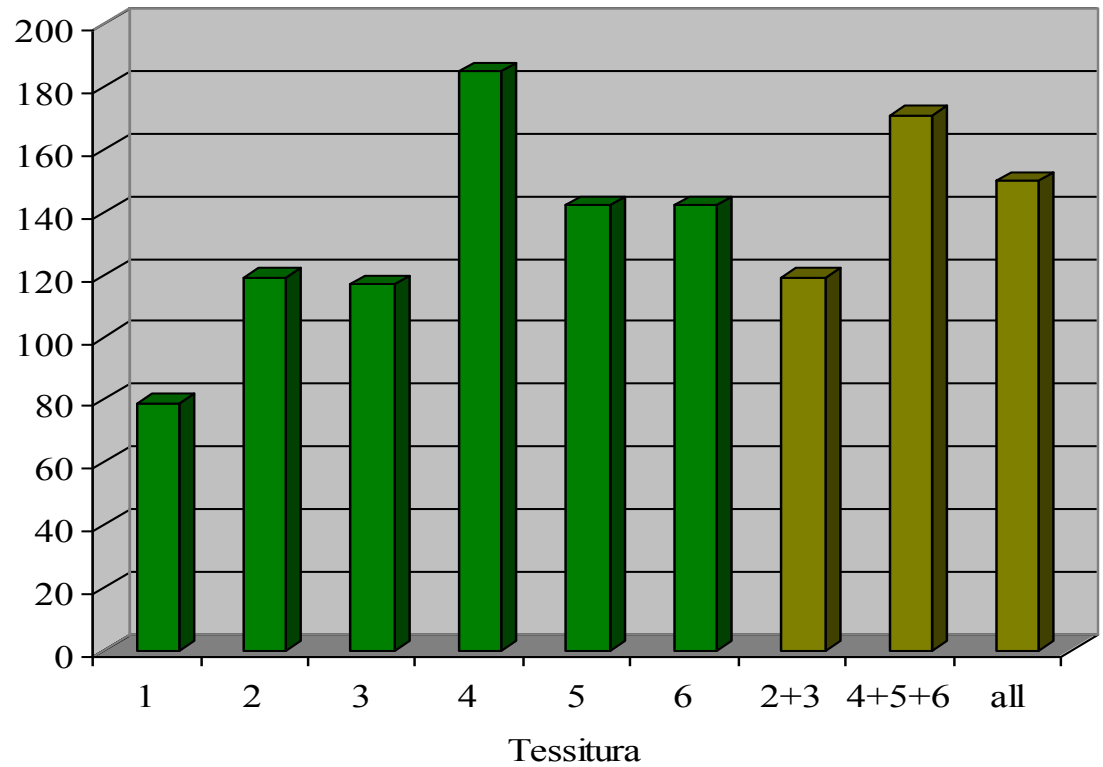
# RADON E PARAMETRI GEOLOGICI

*Tessitura*



1. Limoso-argillosi
2. Sabbioso-limosi
3. Sabbiosi
4. Ghiaioso-sabbiosi
5. Ghiaiosi
6. Ghiaiosi + blocchi

**Concentrazione di radon indoor ( $Bq/m^3$ )**

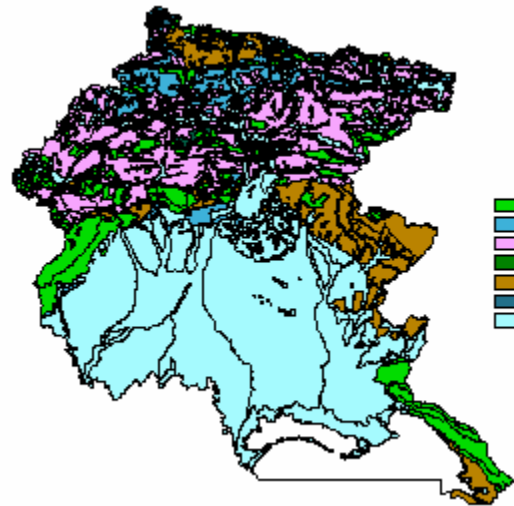


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



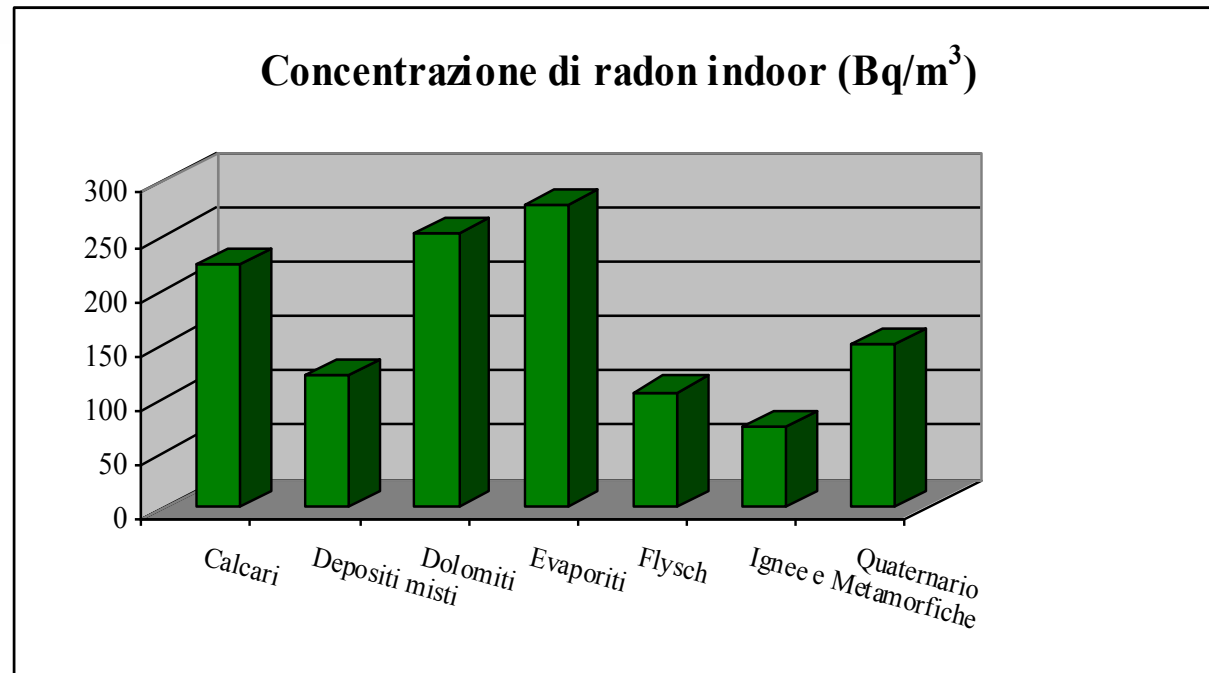


# RADON E PARAMETRI GEOLOGICI



- Calcari
- Depositi misti
- Dolomia
- Evaporiti
- Flysch
- Ignee e Metamorfiche
- Quaternario

*Unità litostratigrafiche*

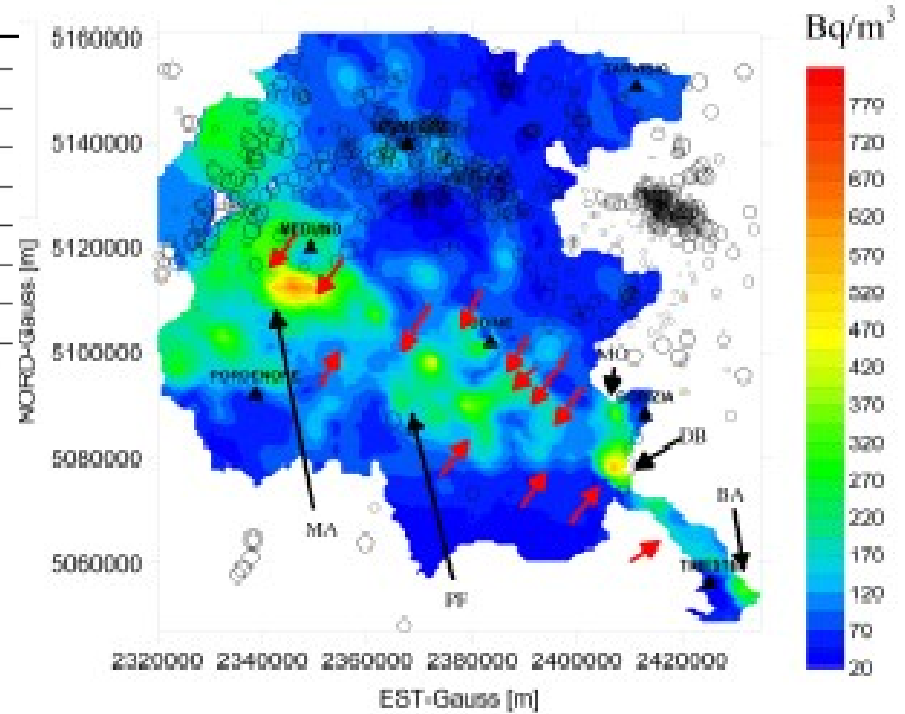
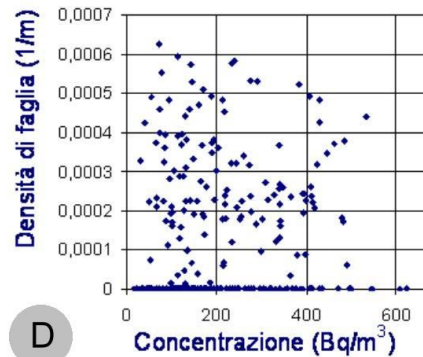
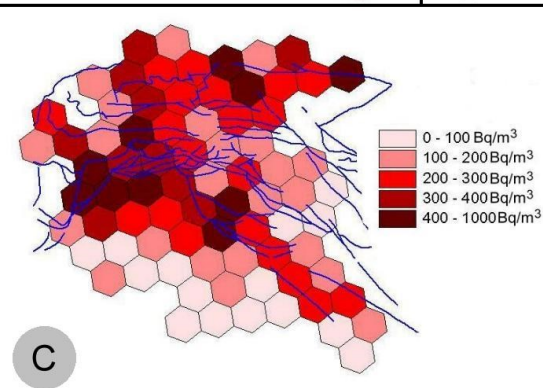
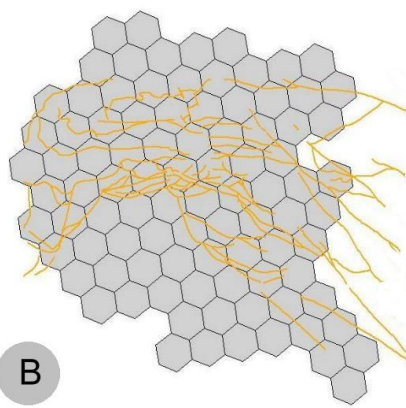
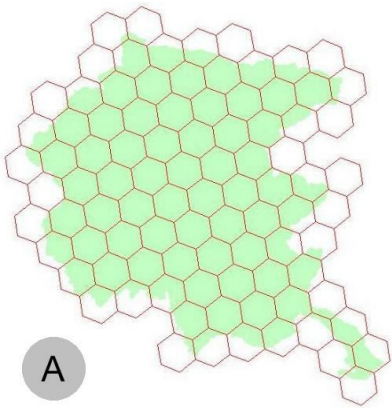


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# RADON E PARAMETRI GEOLOGICI

*Lineamenti tettonici e sismicità*

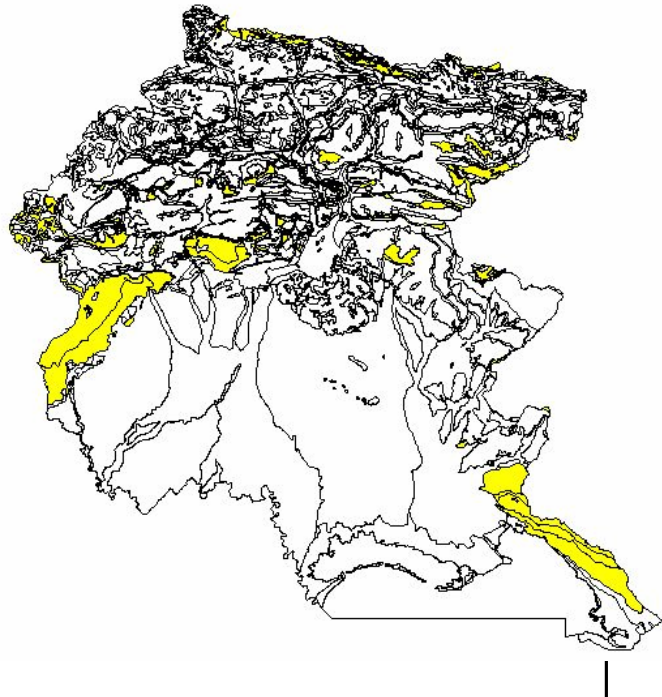


SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

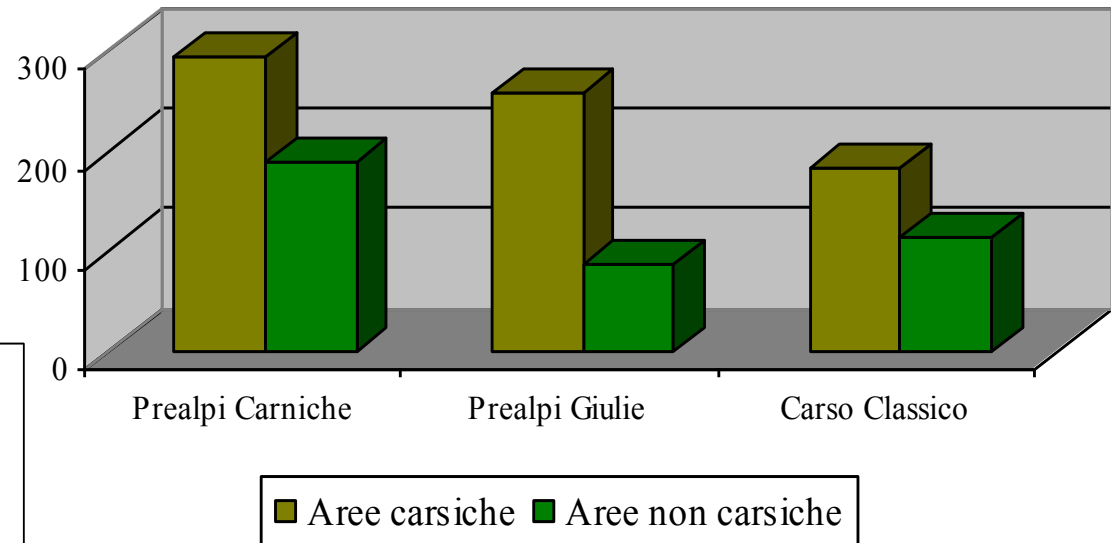


# RADON E PARAMETRI GEOLOGICI

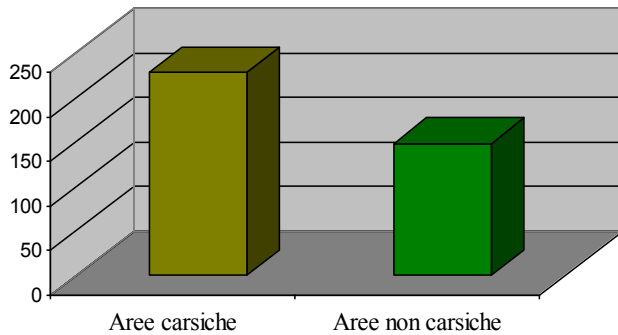
*Carsismo*



## Concentrazione di radon indoor ( $Bq/m^3$ )



## Concentrazione di radon indoor ( $Bq/m^3$ )



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

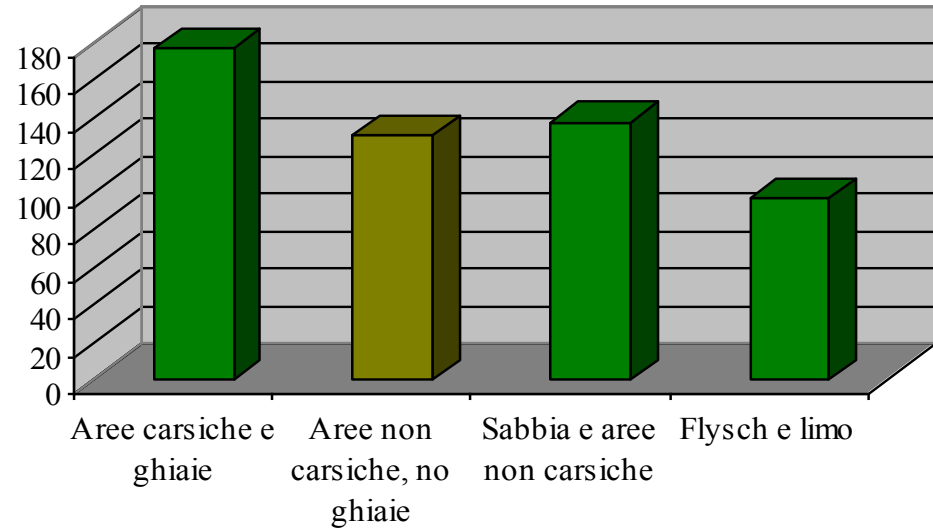




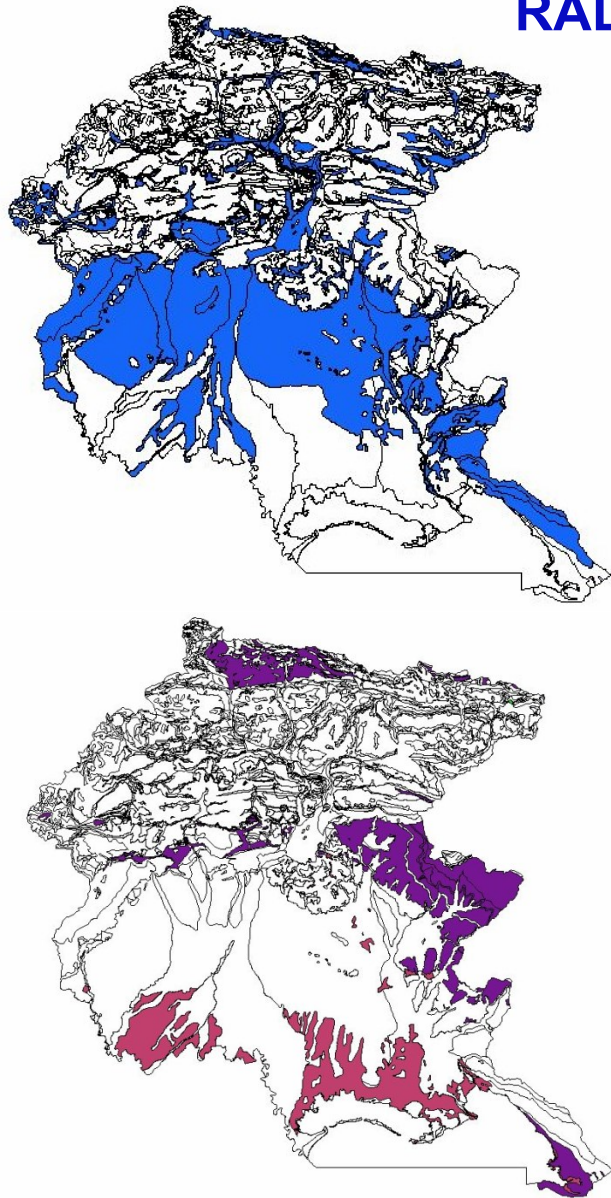
# RADON E PARAMETRI GEOLOGICI

*Permeabilità superficiale*

**Concentrazione di radon indoor ( $Bq/m^3$ )**



- Aree carsiche e ghiaie
- Flysch
- Limo



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# RADON E PARAMETRI EDILIZI

<i>Piano del Locale</i>	<i>Media Aritmetica (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Media Geometrica (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Numero dosimetri</i>
Piano terra	225 ± 5	137 ± 3	1484
Piano rialzato	139 ± 5	87 ± 3	572
Primo piano	128 ± 14	86 ± 9	75
<i>Tipo di separazione tra suolo e locale</i>	<i>Media Aritmetica (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Media Geometrica (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Numero dosimetri</i>
Soletta controterra	237 ± 7	139 ± 4	1102
Intercapedine locale	187 ± 11	114 ± 6	275
locale	138 ± 6	89 ± 3	515
<i>Presenza pietra nei muri portanti</i>	<i>Media Aritmetica (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Media Geometrica (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Numero dosimetri</i>
Sì	250 ± 8	153 ± 5	804
No	170 ± 4	102 ± 3	1256
<i>Anno di costruzione</i>	<i>Media Aritmetica (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Media Geometrica (Bq/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Numero dosimetri</i>
Prima del 1976	233 ± 6	138 ± 4	1326
Dopo il 1976	140 ± 5	90 ± 3	711

Dati relativi al solo semestre invernale

➤ Maggiore possibilità di trovare alte concentrazioni di radon indoor in locali situati al piano terra piuttosto che ai piani superiori.

➤ Analisi dei dati relativi al tipo di separazione suolo-locale: la presenza di soletta controterra determina la situazione più a rischio.

➤ Medie più elevate in edifici costruiti prima del 1976 e in abitazioni con i muri portanti formati anche da pietra



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

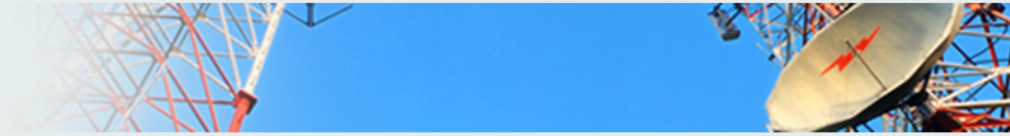


# PUBBLICAZIONE DEI DATI



## ARPA FVG

Agenzia Regionale per la Protezione  
dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia



[aria](#)

[acqua](#)

[suolo](#)

[rifiuti](#)

[rumore](#)

[radiazioni](#)

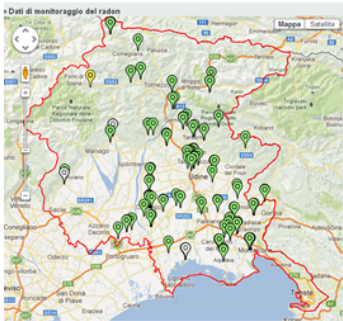
[rischi industriali](#)

[OSMER](#)

sei in: [home page](#) » [radiazioni](#) » **radon**

## Dati ambientali sul Radon

### Dati di monitoraggio del Radon



La S.O.S. di Fisica Ambientale dell'ARPA FVG ha effettuato diverse campagne di misura per valutare i valori di concentrazione di radon negli edifici della regione, sia pubblici che privati.

Per quanto riguarda le **strutture scolastiche e gli asili nido**, sono state sottoposte a controllo tutte le strutture esistenti, e di anno in anno vengono effettuate ulteriori campagne per misurare nuove sedi o ampliamenti di strutture già esistenti.

[\[ continua \]](#)

Per saperne di più ...



- » [Il Radon](#)
- » [Il Radon negli edifici](#)
- » [Come si misura il Radon](#)
- » [Il Radon e la salute](#)
- » [Il Radon in Friuli Venezia Giulia](#)

[+](#) [Normativa](#)

[+](#) [Link](#)

[+](#) [Pubblicazioni](#)



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# INFORMAZIONE



Agenzia Regionale per la Protezione  
dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia



Il radon è un gas radioattivo naturale inodore ed incolore prodotto dal decadimento radioattivo dell'uranio. Il periodo di dimezzamento del radon (ossia il tempo in cui dimezza la sua concentrazione per decadimento naturale) è di 3,8 giorni. L'unità di misura della concentrazione è il Becquerel al metro cubo ( $Bq/m^3$ ) (1 Bq corrisponde ad una transizione nucleare al secondo). L'uranio è uno dei più antichi elementi naturali esistenti sulla terra ed è distribuito ubiquitariamente, ossia ovunque sulla crosta terrestre, benché la sua concentrazione vari da luogo a luogo. Anche la concentrazione nei materiali da costruzione è variabile ed è più alta nei tuffi, nelle pozzolane e nei graniti, mentre risulta inferiore nei marmi e nelle arenarie. Il radon viene generato dall'uranio presente nel terreno e poi si diffonde nell'aria presente nel sottosuolo che è in costante scambio con l'aria dell'atmosfera. Da un sottosuolo poroso o fratturato si diffonde facilmente in superficie raggiungendo anche distanze considerevoli dal punto in cui è stato generato. Viceversa, un terreno compatto, per esempio con un'alta percentuale di limi o argille, può costituire una forte barriera alla sua diffusione. Nella dinamica degli spostamenti dal suolo alla superficie, gli edifici svolgono un ruolo attivo: talora l'edificio penetra nello strato superiore del terreno e funziona come una pompa aspirante risucchiando l'aria dal terreno circostante. Una parte dei prodotti di decadimento del radon, anch'essi radioattivi, si attaccano a polvere, fumo e vapore e possono essere inalati. Si fissano, così, all'interno dell'apparato respiratorio (bronchi e polmoni) danneggiandone le cellule ed aumentando il rischio di possibili processi cancerogeni. Tale rischio è proporzionale alla concentrazione di radon ed al tempo trascorso in ambienti ove esso è presente. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (O.M.S.) ha stimato che, dopo il fumo, il radon è la causa principale del tumore polmonare. In ambienti aperti la concentrazione del gas non raggiunge quasi mai livelli pericolosi (normalmente inferiore a  $30 Bq/m^3$ ), mentre nei luoghi chiusi (abitazioni, scuole, ambienti di lavoro, ecc.) può raggiungere concentrazioni elevate potenzialmente dannose per la salute. Risulta quindi importante approfondire l'argomento per trovare soluzioni in grado di ridurre la presenza del radon nelle nostre abitazioni.

## La misurazione

Il primo passo da effettuare è sapere se il problema esiste nella zona in cui si abita e, soprattutto, occorre stabilire se ed in quale quantità il radon sia presente nella propria abitazione. L'assenza o conoscenza che altri edifici del proprio circondario risultano esenti dal problema, non è sufficiente a liberarci da ogni preoccupazione. Infatti il tipo di contatto tra edificio e suolo, l'uso di particolari materiali da costruzione e le tipologie edilizie sono elementi variabili e per questo motivo rendono alquanto difficile una valutazione teorica delle concentrazioni del radon. L'unico metodo sicuro per accertarne la presenza e la quantità è effettuare la misura, tramite appositi rivelatori. Gli strumenti di misura vanno posizionati preferibilmente nei locali dove si soggiorna più a lungo (tipicamente la camera da letto). Poiché la concentrazione di gas radon nei locali abitati, in genere, diminuisce con l'aumentare della distanza dal suolo, le abitazioni ai piani superiori al primo raramente presentano concentrazioni elevate. La concentrazione di radon nelle abitazioni varia durante la giornata (i valori sono più elevati di notte rispetto al giorno) e nel corso dell'anno. Per questo motivo sono preferibili misure con rivelatori passivi (Fig. 1) che forniscono valori mediati su un periodo di tempo sufficientemente lungo (da 3 a 6 mesi). Inoltre è consigliabile effettuare la misura nel periodo invernale poiché in questa stagione, anche a causa delle minor aerenazioni dei locali, le concentrazioni di radon in ambienti chiusi sono più elevate.



Fig. 1 - Rivelatori passivi per la misura del radon

## Dal sottosuolo all'abitazione

La causa principale della presenza del radon nei locali di soggiorno delle nostre abitazioni è la depressione che si viene a creare tra i locali abitati ed il suolo. Questa depressione è indotta, in primo luogo, dalla differenza di temperatura tra l'edificio ed il suolo che, alle nostre latitudini, in particolare in inverno quando gli edifici vengono riscaldati, può essere significativa. La differenza di pressione è influenzata anche da aperture come camini, finestre, lucernari, nonché da impianti di aspirazione delle cucine, bagni ecc... che provocano un tragitto aggiuntivo a quello dovuto alla semplice differenza di temperatura (Fig. 2). Gli effetti di questa depressione si traducono nell'aspirazione dell'aria dal suolo e con essa del radon contenuto.

L'infiltrazione costituisce il secondo fattore importante nel determinare l'ingresso del radon nelle abitazioni (Fig. 3). Essa può verificarsi in corrispondenza di:

- crepe e giunti in pavimenti e pareti, fori di passaggio cavi (soprattutto in tubi vuoti), tubazioni e fognature;
- pozzetti ed aperture di controllo;
- prese di luce e altre aperture nelle pareti della cantina, camini, montacarichi, ecc.;
- zone critiche di grande estensione come pavimenti naturali in terra battuta, in ghiaia, in lastre di pietra o ciottoli;
- componenti costruttivi permeabili (solai in legno, a laterizi forati, muri in pietra e simili).

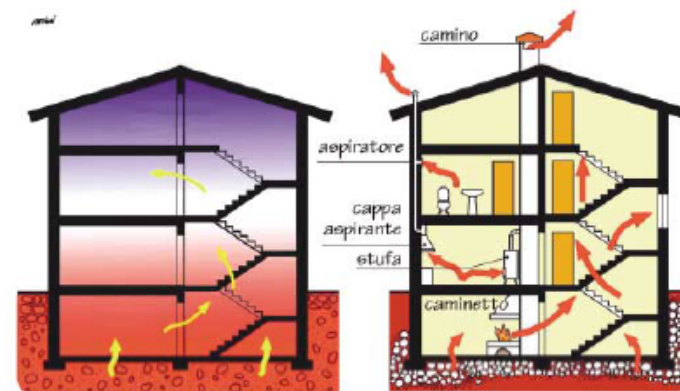
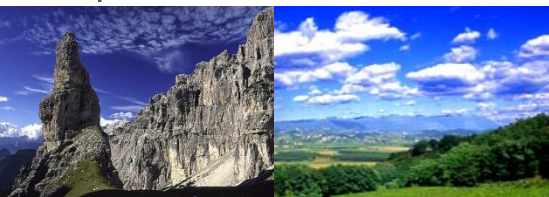


Fig. 2 - Andamento della pressione in un edificio ed elementi interagenti con questa

## Riferimenti legislativi

La normativa italiana (Decreto Legislativo del 26/05/00, n.241) ha stabilito un livello di riferimento per l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro di  $500 Bq/m^3$ . Per quanto riguarda le abitazioni, non esiste in Italia una normativa specifica. Una raccomandazione della comunità Europea indica i valori ( $200 Bq/m^3$  per le nuove abitazioni e  $400 Bq/m^3$  per quelle esistenti) oltre i quali è opportuno intraprendere azioni di rimedio.



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# INFORMAZIONE

## Gli interventi di risanamento

Nell'eventualità che le misurazioni effettuate rivelino una concentrazione di radon superiore ai livelli di riferimento diventa opportuno intervenire sugli edifici. Esistono interventi volti a limitare o eliminare i punti di infiltrazione ed altri che, depressurizzando il suolo, impediscono la risalita del gas.

Le esperienze finora condotte hanno mostrato che i risultati degli interventi effettuati per sigillare le vie di ingresso sono spesso estremamente incerti e, da soli, non sono sufficienti a ridurre sensibilmente e in maniera stabile la concentrazione di radon.

Tali azioni vanno quindi accompagnate da interventi di depressurizzazione del suolo rispetto all'edificio o di ventilazione del vespaio.

Di seguito vengono descritte in dettaglio alcune possibili modalità di intervento per tre tipologie costruttive comunemente riscontrabili in regione.

### Edifici a diretto contatto con il suolo

Nel caso in cui il piano più basso dell'edificio sia a diretto contatto con il terreno, l'intervento consiste nel mettere in depressione l'aria del sottosuolo tramite uno o più pozzi di raccolta ad una profondità di 0,6-1 m. L'aria del sottosuolo viene raccolta in questi pozzi scavati sotto il pavimento e dispersa verso l'esterno tramite aspirazione forzata. La posizione del pozzo di raccolta dovrebbe essere centrale rispetto all'edificio. Qualora ciò non fosse realizzabile è comunque possibile intervenire con più pozzi in posizioni diverse anche all'esterno dell'edificio.

È necessario inoltre verificare che la zona di raccolta dei pozzi non sia ostacolata da sottili verticali che si estendono nel sottosuolo quali, ad esempio, fondazioni o pareti portanti con parte interrata.

### Edifici con vuoto sanitario o vespaio

Il vespaio ed il vuoto sanitario sono costruiti per proteggere l'edificio dall'umidità. Normalmente queste intercapedini sono dotate di aperture di aerazione.

La creazione di nuove aperture, una loro opportuna disposizione (per esempio Nord-Sud) e/o l'allargamento di quelle esistenti può essere sufficiente per disperdere verso l'esterno l'aria ricca di radon che qui si accumula.

In presenza di intercapedini riempite di materiali di riporto o suddivise da sottili verticali questo potrebbe non bastare. Diventa allora necessaria l'installazione di un aspiratore applicato ad una o più prese di aerazione che aiuti la dispersione verso l'esterno.

### Edifici con vuoto sanitario o vespaio e locali interrati o seminterrati

Anche in questo caso valgono le indicazioni per l'aerazione del vespaio o vuoto sanitario sopra illustrate. Tali interventi potrebbero non essere risolutivi, però, per la presenza di locali interrati o seminterrati a diretto contatto con il suolo. Questi ambienti infatti potrebbero diventare zone di accumulo, e quindi di diffusione agli altri ambienti, del radon. Oltre ad una corretta aerazione degli ambienti seminterrati e ad un isolamento dalla restante parte dell'edificio, potrebbe essere necessario applicare le tecniche di depressurizzazione illustrate per gli edifici a diretto contatto con il suolo.

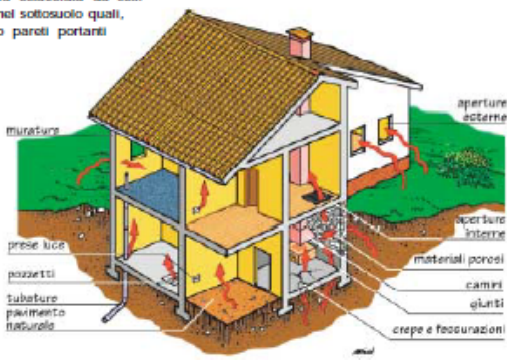


Fig. 3 - Punti d'infiltrazione del radon nell'edificio

## Protezione delle nuove costruzioni

Per la protezione dal radon delle nuove costruzioni, si stanno diffondendo tecniche che, in linea di principio, si basano sulla ventilazione ed aspirazione naturale o forzata dell'aria del suolo e sono diversificate in funzione della tipologia costruttiva e delle caratteristiche geologiche del terreno. Nell'esempio tipico di Fig. 4 è evidenziato: uno strato di ghiaia (A) permeabile al gas sotto la soletta controterra per permettere al radon di raggiungere facilmente il tubo perforato di raccolta del gas (B) che si collega al condotto di aspirazione (C) (tubo in PVC o simile da 8-10 cm di diametro) fissato lungo una parete della casa che oltrepassa il tetto e che può essere dotato di un aspiratore elettrico (D) per aumentare la depressione sotto la soletta; il sistema viene completato da una

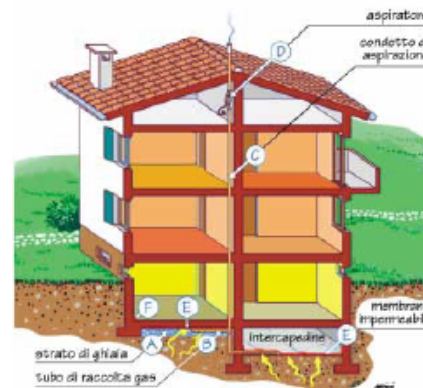


Fig. 4 - Sistema base per la riduzione del radon in edifici nuovi

membrana di polietilene (E) stesa tra la soletta controterra e lo strato di ghiaia per impedire l'infiltrazione del gas attraverso i pori del calcestruzzo. Nel caso di fondazioni con intercapedine, la membrana viene posta direttamente sopra il terreno. Tutti i giunti (F) tra muri e solette di fondazione, fori di passaggio, tubi, ecc. sono accuratamente sigillati con appositi mastici.

## Nella nostra regione

Negli anni 1989-90 l'Istituto Superiore di Sanità e l'ENEA hanno promosso una campagna nazionale per la determinazione della concentrazione media di radon indoor in Italia, effettuata nella nostra regione dal Centro di Riferimento Regionale per la Radioattività Ambientale (oggi ARPA) di Udine. L'indagine ha evidenziato un valore medio di concentrazione pari a 75 Bq/m<sup>3</sup> e soprattutto una situazione molto variabile da regione a regione. Il Friuli Venezia Giulia con 96 Bq/m<sup>3</sup> si situa tra le regioni dove è stata misurata la più alta concentrazione media di gas radon. Anche all'interno della nostra regione la distribuzione della concentrazione non è uniforme. Una prima completa valutazione delle aree a maggior rischio potrà essere fatta al termine della campagna di misura di radon, effettuata dall'ARPA FVG, in tutti gli edifici scolastici della regione che ha interessato oltre 1200 scuole e che si concluderà nel dicembre 2002.

Chiarimenti ed assistenza possono essere richiesti agli uffici dell'ARPA  
 Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia  
 Settore Tutela Qualità dell'Aria, Prevenzione Inquinamento Acustico e Fisico Ambientale  
 Dipartimento di Udine, Servizio Tecnico Analitico, Sezione di Fisica Ambientale  
 Via Teogonico, 91 - 33100 Udine  
 telefono: 0432/479291-2-3  
 e-mail: fvaamb@arpa.fvg.it

In collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Udine



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
 ARPA Friuli Venezia Giulia





# AZIONI DI RIMEDIO: FORMAZIONE E INFORMAZIONE



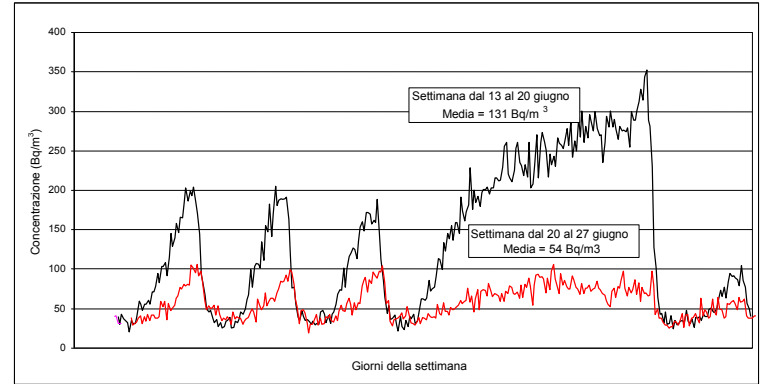
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del FVG



Provincia di Udine  
Assessorato all'Ambiente



Università di Udine  
Dipartimento di Ingegneria Civile



## INDICAZIONI E RACCOMANDAZIONI PER LA PROTEZIONE DEGLI EDIFICI DAL RADON



*Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
del Friuli Venezia Giulia*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

Con il contributo e la collaborazione di:

- Università di Udine - Dipartimento di Ingegneria Civile
- Azienda per i Servizi Sanitari n° 6 "Friuli Occidentale"
- Federazione regionale degli Ordini degli Ingegneri del Friuli Venezia Giulia
- Ordine dei Geologi del Friuli Venezia Giulia
- ASPIN – Associazione di Servizi per i Periti Industriali



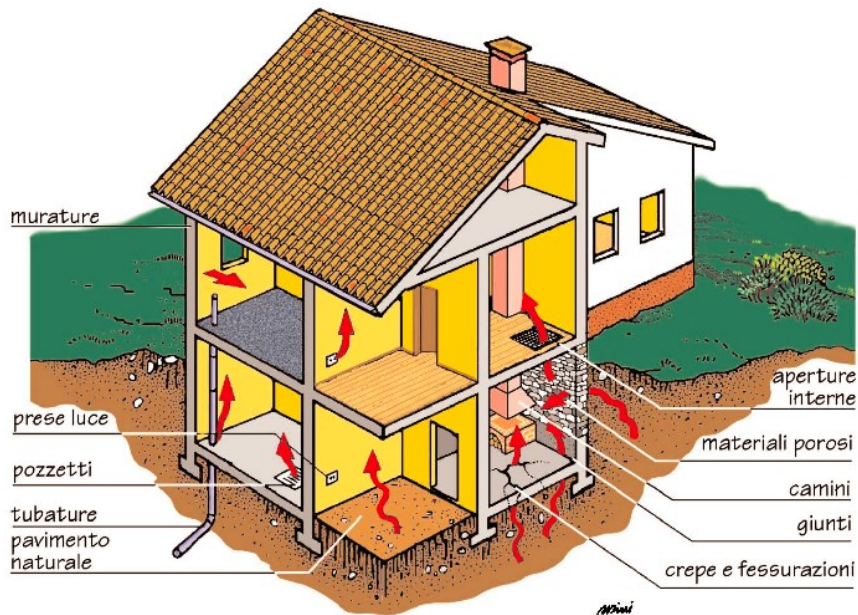
SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# AZIONI DI RIMEDIO

## Ingresso del radon negli edifici

Tipiche vie di ingresso del radon negli edifici



## Strategie di Intervento

**Impedire l'ingresso del radon:**

- Depressurizzazione del suolo
- Ventilazione del vespaio
- Sigillatura delle vie di ingresso
- Pressurizzazione dell'edificio

**Ridurre la concentrazione dopo il suo ingresso:**

- Diluizione con ventilazione forzata
- Filtrazione dell'aria



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

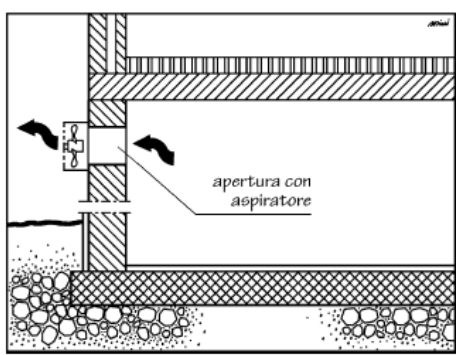


# AZIONI DI RIMEDIO

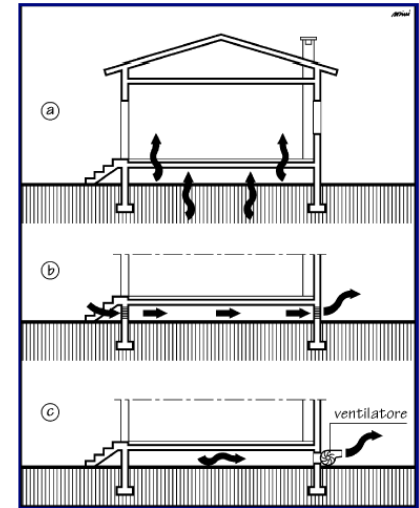
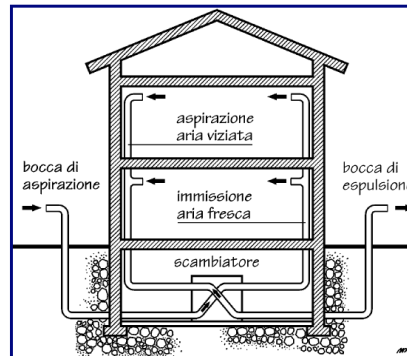
Gli interventi che vengono descritti nel fascicolo si possono suddividere in:

- 1) eliminazione dei fattori che generano depressione nei locali abitativi
- 2) depressurizzazione dell'area sottostante l'edificio
- 3) generazione di una sovrappressione artificiale nell'edificio
- 4) espulsione mediante ventilazione dell'aria ricca di radon dalla cantina
- 5) Espulsione mediante ventilazione dell'aria ricca di radon dai locali abitativi e/o filtrazione dell'aria
- 6) Isolamenti e sigillature

Aspirazione dell'aria dalla cantina

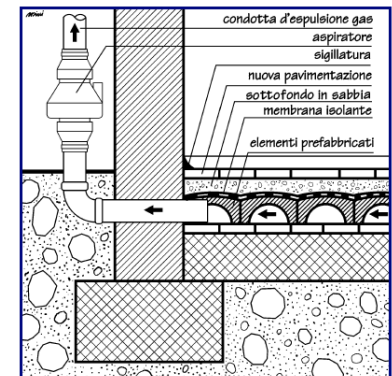


Ricambio d'aria con scambiatore di calore



Ventilazione forzata o naturale dell'intercapedine

Aspirazione forzata dal vuoto sanitario (p.e. igloo)





# AZIONI DI RIMEDIO

## Criteri di progetto

- Utili ai fini di una reale diminuzione della concentrazione
- Non distruttivi e silenziosi
- Affidabili, durevoli ed in grado di segnalare malfunzionamenti
- Economici da installare e mantenere

*N.B.: La scelta del metodo più adatto per il singolo edificio dipende da molti fattori e deve essere oggetto di discussione e di accordo tra tutti i soggetti interessati. L'intervento sull'edificio è un compromesso tra efficienza di abbattimento del radon, costi di installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione, incidenza sulle abitudini di vita, durata nel tempo.*



APAT

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

LINEE GUIDA RELATIVE AD ALCUNE TIPOLOGIE DI  
AZIONI DI RISANAMENTO PER LA RIDUZIONE  
DELL'INQUINAMENTO DA RADON

RTI CTN\_AGF 4/2005



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# AZIONI DI RIMEDIO

## Costruzione di nuovi edifici

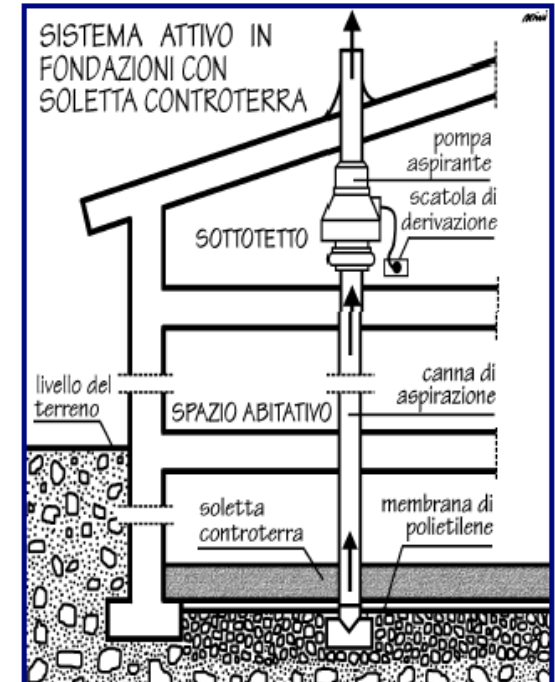
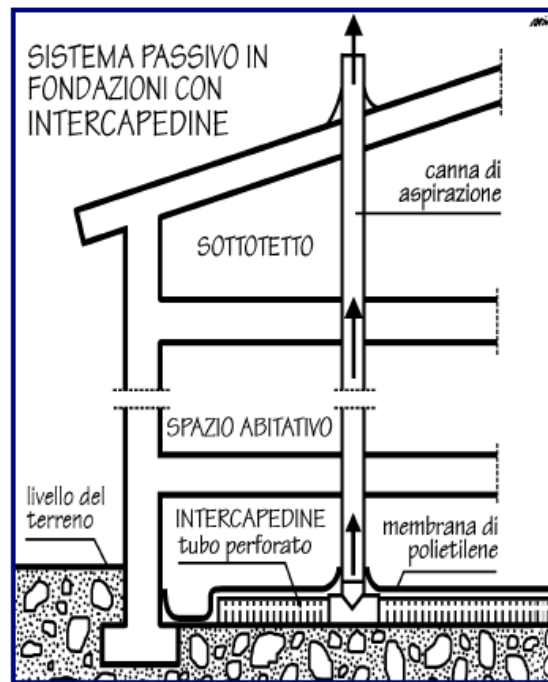
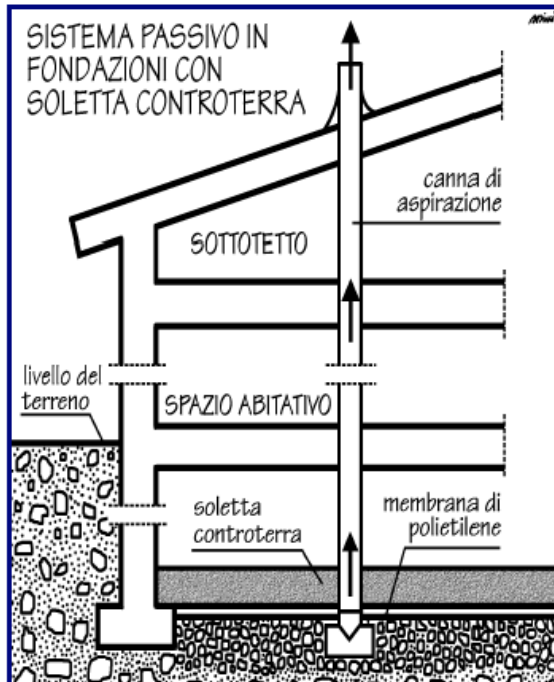
Indicazioni utili per edifici da costruirsi  
in “zone a rischio radon”

I sistemi principali per la riduzione dell'ingresso del radon nei nuovi edifici si possono dividere

in:

**Sistemi passivi**

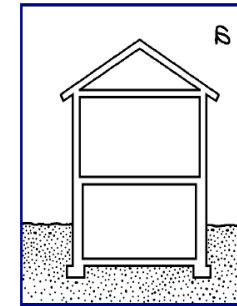
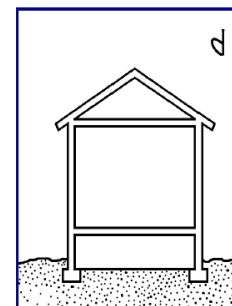
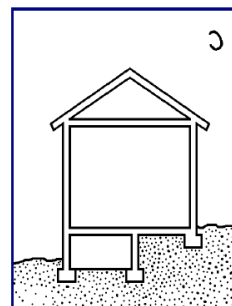
**Sistemi attivi**



# AZIONI DI RIMEDIO

## Costruzione di nuovi edifici

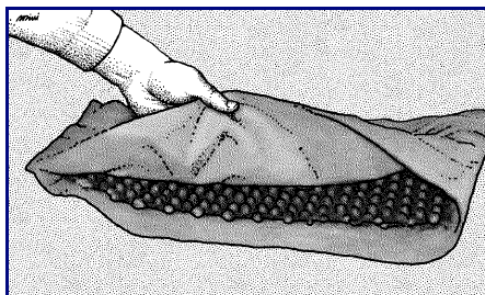
In funzione della tipologia edilizia (A,B,C,) vengono fornite indicazioni tecniche su come realizzare i sistemi di riduzione



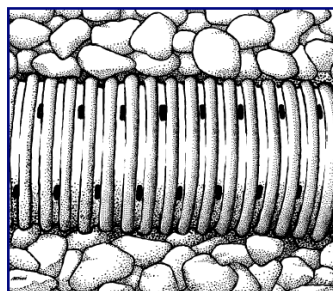
Alcuni esempi di particolari tecnici:

- A) Fondazione con solaio controterra
- B) Fondazione con intercapedine
- C) Fondazione mista

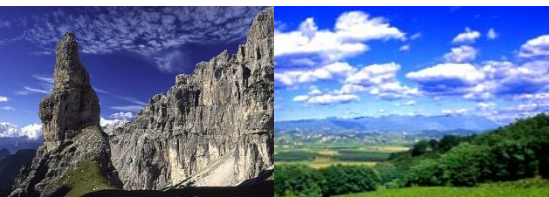
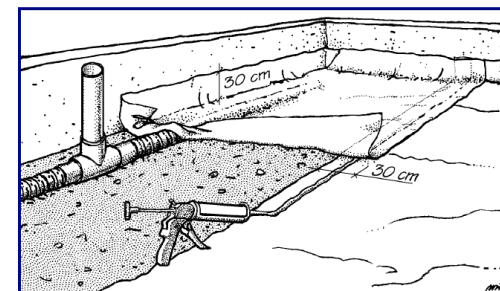
Stuoia "drenante"



Tubo corrugato e perforato



Posa e fissaggio teli polietilene



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



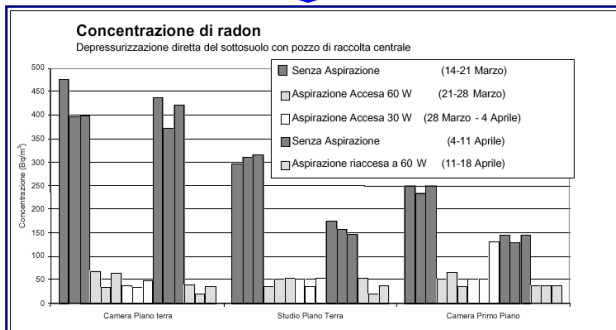
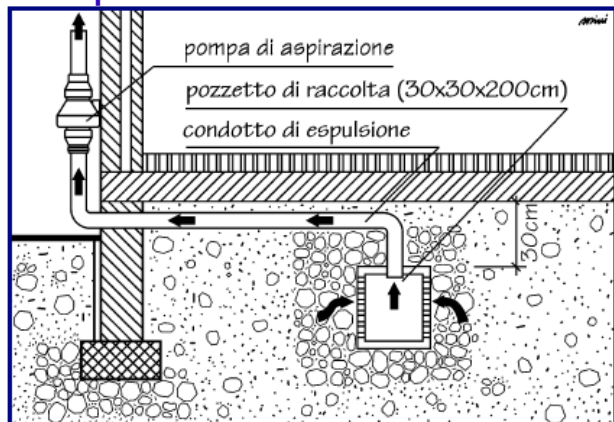
# AZIONI DI RIMEDIO

## Risanamento degli edifici esistenti

Depressurizzazione diretta del sottosuolo:

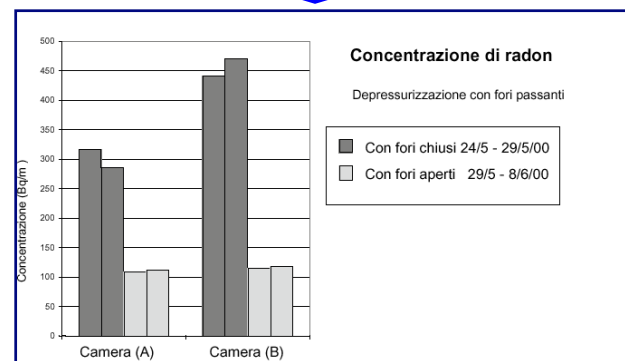
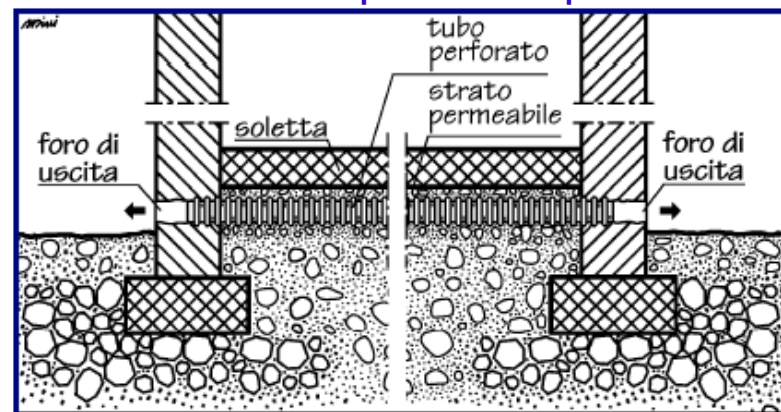
**ATTIVA**

con pozzo di raccolta centrale



**PASSIVA**

con fori e tubo perforato passante



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

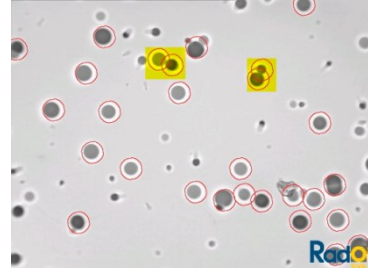




# VERIFICA DELL'EFFICACIA DELLE AZIONI DI RIMEDIO

## Procedura

- Periodo minimo di misura: tre settimane contigue con azione di rimedio alternativamente disattivata e attivata
- Strumentazione attiva e strumentazione passiva (elettreti)
- Allungamento del periodo di misura per interventi a step o dimensionamento ed **eventuale ottimizzazione** degli stessi (ventilazione del vespaio naturale o forzata, numero di bocchette di aerazione, potenza e temporizzazione degli aspiratori, ecc.)
- Periodo di misura: possibilmente invernale e con riscaldamento acceso
- Misure effettuate nelle normali condizioni di utilizzo della struttura
- Misure di lungo periodo (2 semestri) con rivelatori passivi



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# EFFICACIA DELLE AZIONI DI RIMEDIO

Concentrazioni medie di radon in diversi edifici, ad azione di rimedio attivata e disattivata (media sui locali del piano terra) e percentuale dell'efficacia dell'azione di rimedio per diverse tipologie di intervento

Azione di rimedio	Edificio	Concentrazione media di radon (Bq/m <sup>3</sup> )		Efficacia media (%)	Efficacia media per tipologia di azione di rimedio (%)
		Azione di rimedio disattivata	Azione di rimedio attivata		
<i>Ventilazione naturale del sottosuolo</i>	Scuola 1	516	90	83	83
<i>Ventilazione naturale del vespaio</i>	Scuola 1	1713	192	89	77
	Scuola 2	518	136	72	
	Abitazione	378	113	69	
<i>Depressurizzazione del sottosuolo</i>	Scuola 1	613	97	81	86
	Scuola 2	566	23	96	
	Scuola 3*	603	119	80	
	Abitazione	325	42	86	
<i>Depressurizzazione del vespaio</i>	Scuola 1	1270	213	83	87
	Scuola 2	1472	135	91	
	Scuola 3	198	39	80	
	Scuola 4*	636	83	87	
	Scuola 5	1136	64	94	

\*Gli aspiratori funzionano ad intermittenza



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia



# EFFICACIA DELLE AZIONI DI RIMEDIO

<b>Azione di rimedio</b>	<b>n. di edifici</b>	<b>Efficacia media (%)</b>	<b>Efficacia massima (%)</b>
<i>Ventilazione naturale del sottosuolo</i>	1	83	83
<i>Ventilazione naturale del vespaio</i>	5	79	89
<i>Ventilazione naturale vano/locale interrato</i>	3	87	92
<i>Depressurizzazione del sottosuolo</i>	12	79	96
<i>Depressurizzazione del vespaio</i>	14	89	94
<i>Ricambio d'aria</i>	4	69	95



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia





# LEGISLAZIONE REGIONALE SPECIFICA

## *Asili nido*

- In caso di presenza di valori superiori ai limiti consentiti (per i nidi esistenti in ogni locale destinato alle attività dei bambini il valore di gas radon è inferiore a  $400 \text{ Bq/m}^3$ ) sarà rilasciata autorizzazione provvisoria per un massimo di due anni con l'indicazione di provvedere ad idonee azioni di rimedio.
- Nel contempo, il richiedente l'autorizzazione sarà tenuto a concludere entro 1 anno dalla comunicazione degli esiti le azioni stesse e ad adottare, su indicazione dell'Azienda per i Servizi Sanitari e in relazione alla specifica situazione, le misure necessarie a tutelare la salute dei bambini e dei lavoratori. Il requisito sarà raggiunto se la successiva verifica accerterà l'efficacia dell'azione di rimedio.
- Per la progettazione di nidi nuovi, il valore di gas radon di riferimento in ogni locale destinato alle attività dei bambini è inferiore a  $200 \text{ Bq/m}^3$ .



SOS Centro Regionale per la Radioprotezione  
ARPA Friuli Venezia Giulia

