

L'Agazia per la Protezione dell'Ambiente di Bolzano
Laboratorio di chimica fisica (29.8)
informa



in Alto Adige

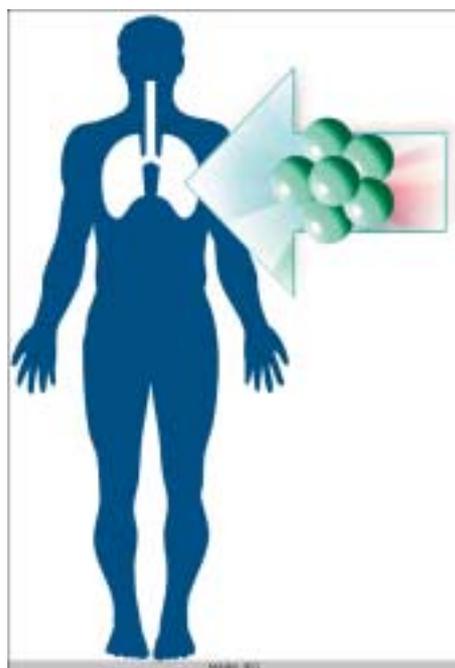
Stato delle indagini
Settembre 1999

Testo: Laboratorio di chimica fisica - Dr. Luigi Minach

Collaboratori: Dr. Luca Verdi, Claudia Marchesoni, Claudio Amadori

Che cos'è il radon ? Il radon è un gas nobile radioattivo presente in natura.

Il radon è un gas inodore e insapore prodotto dal decadimento radioattivo dell'uranio presente nel terreno. In tracce l'uranio è presente quasi ovunque nel sottosuolo. Le rocce che hanno un maggiore contenuto di uranio (tufi, granito e porfido) possono emanare maggiori quantità di radon. Più il sottosuolo è permeabile (detriti), più è facile che il radon riesca ad arrivare fino in superficie. Mentre all'aperto il radon volatilizza rapidamente, negli ambienti chiusi esso può concentrarsi. Il radon penetra nelle case attraverso crepe, fessure o punti aperti delle fondamenta. Le abitazioni nei seminterrati o al pianterreno sono particolarmente interessate dal fenomeno. Se i suddetti tipi di rocce vengono usati come materiali da costruzione, possono egualmente emettere radon: si dovrebbe quindi evitare di impiegarli all'interno degli edifici.



Il radon rappresenta un pericolo per la nostra salute – aumenta il rischio di cancro polmonare.

Agli inizi del XVI secolo si era già constatato che alcuni minatori erano affetti da una patologia polmonare cronica, denominata la "malattia dei minatori". Successivamente, nella prima metà del XIX secolo, nella regione mineraria della Sassonia tale patologia veniva chiamata "malattia dello Schneeberg". Nel 1879, per la prima volta la diagnosi per questo male parlò di cancro ai polmoni, anche se la causa rimaneva ancora sconosciuta.

Intorno al 1900 si individuò l'elemento "radon" e si fecero le prime scoperte sul principio della radioattività: in seguito si osservò anche che le radiazioni ionizzanti possono provocare tumori.

Solo negli anni '50 si svelò il mistero dei minatori dello Schneeberg: grazie ad indagini epidemiologiche su lavoratori di miniere di uranio si scoprì che il radon e i suoi prodotti di decadimento sono in grado di provocare il cancro polmonare.

La Commissione Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato il gas radon e i suoi prodotti di decadimento come sostanze cancerogene del gruppo 1 (in cui figurano anche il fumo di sigarette e il benzene).

Negli ultimi 20 anni è stato studiato molto attentamente il rapporto esistente tra la concentrazione di gas radon negli ambienti abitativi e il cancro polmonare. Ne è emerso che, all'aumentare della concentrazione di radon, cresce anche il rischio di cancro polmonare. Al momento è difficile quantificare con assoluta precisione in che misura anche basse concentrazioni di radon (come p.es. nelle abitazioni) possano accrescere il rischio di neoplasie polmonari; i pareri al riguardo sono discordanti e pertanto fino ad oggi solo pochi paesi hanno adottato un valore limite vincolante.

Direttive – Soglia di intervento in edifici esistenti 400 Bq/m³, in quelli nuovi 200 Bq/m³ (90/143/Euratom del 21/02/90).

La Commissione europea raccomanda i suddetti valori guida; in caso di un loro superamento è necessaria l'adozione di misure per abbassare la concentrazione di radon. Sebbene l'Italia registri livelli di radon più elevati rispetto agli altri paesi, non esiste ancora una normativa in materia.

Riguardo al radon negli ambienti di lavoro si è più progrediti. L'articolo 40 della direttiva Euratom 96/29 del 13.05.96 impone di monitorare la concentrazione di radon negli ambienti di lavoro in cui, a causa di particolari circostanze o attività, si preveda un'esposizione più elevata. Questa direttiva dovrà essere recepita entro il 13.05.2000 dai Paesi membri, i quali dovranno emanare disposizioni legislative, regolamentari e amministrative in materia.

La valutazione dei rischi – la dose da radiazioni – alcuni valori a confronto.

Dallo scoppio delle bombe atomiche di Hiroshima e Nagasaki si sa che anche basse dosi assorbite di radiazioni possono provocare tumori, anche se le probabilità sono proporzionalmente minori. In questi casi si parla di effetti stocastici, per cui c'è una certa probabilità che si verifichi una patologia. Mentre per dosi medie ed elevate l'aumento del tasso di incidenza del cancro è ben documentato, per quanto riguarda le piccole dosi non si dispone di dati attendibili e ci si aiuta estrapolando i dati ottenuti per esposizioni maggiori. La questione scientifica ancora aperta verte sul tipo di estrapolazione corretta da applicare (lineare, quadratica, con o senza soglia,...). Gli effetti delle basse dosi sono quindi tuttora in discussione.

Un'altra possibilità consiste nell'effettuare una valutazione dei rischi direttamente in base ai dati epidemiologici. Tuttavia, se si pensa che nei paesi industrializzati muore di cancro quasi una persona su quattro, si comprende come non sia facile identificare i casi di cancro indotti da radiazioni. Infatti le forme tumorali indotte dalle radiazioni di solito non presentano caratteristiche distintive particolari, a differenza, ad esempio, dai mesoteliomi provocati dall'asbesto. Se si vogliono effettuare rilevazioni statistiche sugli effetti di piccole dosi di radiazioni, è necessario effettuare osservazioni su un numero elevatissimo di persone, con un conseguente enorme dispendio di risorse.

Lo stesso discorso vale per il radon. Contrariamente alle miniere di uranio, gli ambienti abitativi mediamente presentano basse concentrazioni e di conseguenza è molto difficile fare delle valutazioni precise sui rischi sanitari.

In Italia si registrano circa 30.000 casi mortali di cancro polmonare all'anno. Da una stima si ritiene che di questi ca. 1500 – 6000 casi siano attribuibili al radon (vedi "bozza piano sanitario nazionale triennio 1998 – 2000", radiazioni ionizzanti pag. 40). Inoltre occorre aggiungere che esiste un certo sinergismo tra esposizione al radon e fumo di sigarette, per cui i fumatori sono soggetti ad un rischio maggiore della somma dei due fattori di rischio presi separatamente (si ritiene per un fattore compreso tra 5 e 10).

Il concetto di equivalente di dose è molto importante per la radioprotezione, in quanto questa quantità esprime l'energia assorbita dal corpo umano e permette di correlarla con effetti biologici. La Commissione Internazionale per la protezione dalle radiazioni ionizzanti calcola che ad una concentrazione media di radon nell'abitazione di **600 Bq/m³, corrisponda una dose annua di 10 milli Sievert (10 mSv/anno) (ICRP65).**

Numeri a confronto: L'equivalente di dose assorbita in media in Italia in seguito all'incidente al reattore nucleare di Chernobyl ammonta complessivamente a ca. 1 mSv. Quando si effettua una TAC si riceve una dose unica di circa 3 - 8 mSv, mentre una radiografia toracica comporta una dose di ca. 0,2 mSv. La dose media dovuta a indagini diagnostiche è stimata a ca. 0,5 - 1 mSv/anno. L'esposizione alle radiazioni naturali è mediamente pari a ca. 2,4 mSv/anno.

Se si trascura la radioattività naturale, al di sopra di 1 mSv/anno si rientra nella classificazione di "professionalmente esposti". Il limite di equivalente di dose per lavoratori professionalmente esposti a radiazioni ionizzanti è di 20 mSv/anno.

Se si pensa che nei comuni dell'Alto Adige analizzati finora l'11% delle case presenta concentrazioni di radon di oltre 400 Bq/m³ e il 2% circa registra un valore superiore a 1000 Bq/m³, è evidente che in alcune abitazioni viene addirittura superato il valore limite fissato per l'esposizione professionale. L'esposizione al radon è dunque relativamente elevata.

La misura del radon - semplice e poco costosa.

Il dosimetro: per misurare la concentrazione di radon il nostro laboratorio adopera il cosiddetto "rivelatore di tracce nucleari a stato solido" (Solid State Nuclear Track Detector del tipo LR115 della Kodak) che ha le dimensioni di una scatola di fiammiferi. Il dosimetro viene collocato nell'ambiente in cui misurare il radon, p.es. su un armadio o scaffale per la durata di alcuni mesi. Come risultato si ottiene la concentrazione media di radon in Becquerel per metro cubo (Bq/m³). Il risultato viene comunicato per iscritto e trattato come un dato personale. Una misurazione costa Lire 50.000 + IVA.

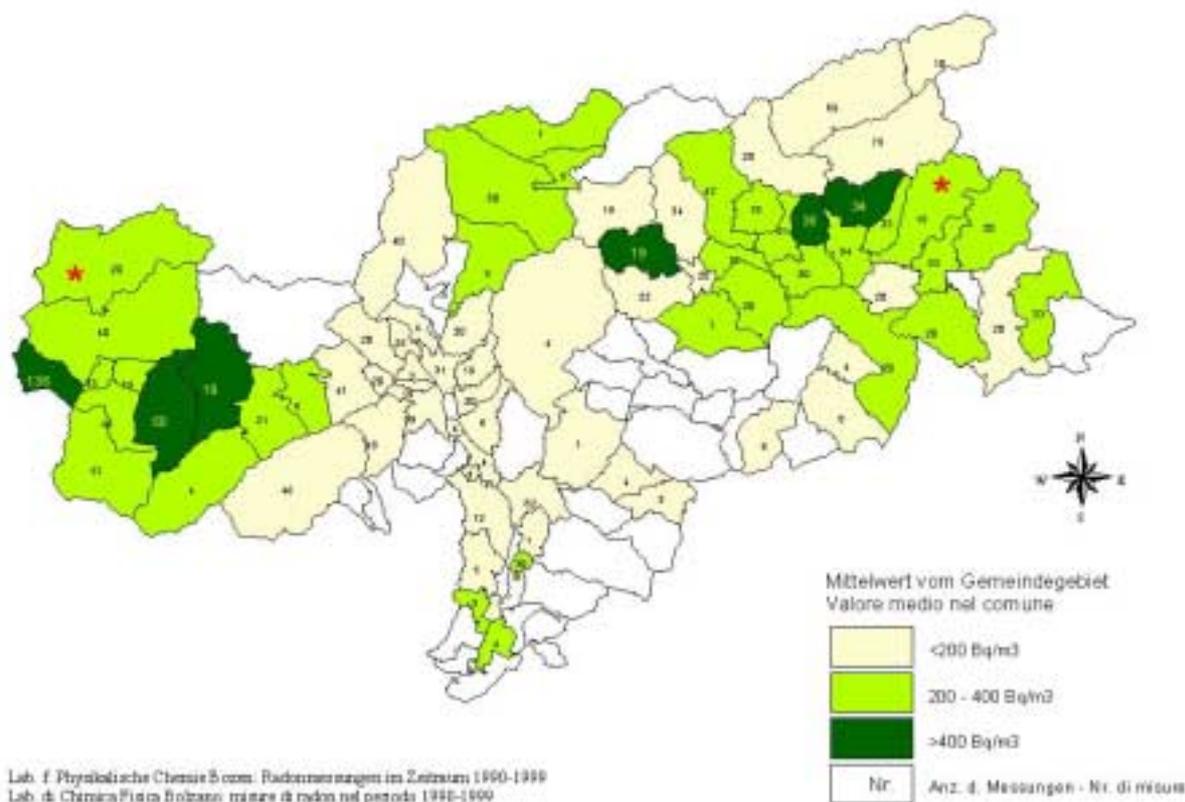
Il principio di misurazione: per effetto del decadimento radioattivo gli atomi di radon emettono radiazioni alfa. Ciascun dosimetro contiene una speciale pellicola sulla quale si formano dei fori microscopici se colpita da radiazione. Al termine del periodo di misurazione questi buchi vengono contati; il loro numero è proporzionale alla concentrazione di radon. I dosimetri vengono assemblati presso il nostro laboratorio e sottoposti regolarmente a calibrazioni ed interconfronti in Inghilterra (presso il NRPB).

Quando e dove si devono effettuare le misurazioni? L'esperienza insegna che le concentrazioni di radon sono più elevate nelle cantine, nei seminterrati, nei locali al pianterreno e in inverno, nel periodo in cui è in funzione il riscaldamento. Nei piani più alti le concentrazioni di radon sono nettamente inferiori. Le misure vengono effettuate solo in locali abitati.

Dove è rilevabile il radon in Alto Adige? La mappatura del radon evidenzia le zone a rischio.

Negli ultimi 10 anni l'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente ha condotto indagini molto approfondite. Scopo delle misure era di determinare le zone a rischio e di realizzare la mappatura del radon per il territorio dell'Alto Adige. La cartina illustra i valori medi delle concentrazioni di radon rilevati negli edifici nel periodo compreso tra ottobre e marzo. Il monitoraggio non si è ancora concluso; i comuni in cui finora non sono state effettuate misurazioni sono indicati in bianco.

Radonlandkarte Südtirols - Mappatura del radon in Alto Adige
Radonkonzentration in bewohnten Gebäuden (Wintersemester) - Concentrazione di radon in edifici abitati (semestre invernale)



Le concentrazioni di radon maggiori negli edifici si riscontrano in zone dell'alta Val Venosta, dell'alta Val Pusteria e intorno a Fortezza. Indicativamente si raffronta il valore misurato in inverno (valore medio del comune) con la soglia di intervento (400 Bq/m^3 valore medio annuo). Per i comuni segnati in verde scuro il valore medio è superiore a 400 Bq/m^3 . I comuni evidenziati con le stelline presentano valori molto vicini a 400 Bq/m^3 .

Causa del fenomeno sono principalmente le formazioni geologiche di gneis granitici.

Dato che nella scelta dei comuni si è data la precedenza a quelli in cui le analisi delle acque sorgive avevano già indicato elevati valori di radon o le cui caratteristiche geologiche del terreno (gneis granitici) fanno supporre elevati valori, ed essendo emersa in entrambi i casi una buona corrispondenza con le concentrazioni di radon nelle case, la distribuzione delle zone del radon attualmente indicate dalla cartina, non dovrebbe in futuro essere soggetta a sostanziali variazioni. Nella tabella seguente sono riportati i valori misurati.

La concentrazione di radon negli edifici dell'Alto Adige.

Valori medi, valori massimi e percentuali rilevati nei singoli comuni nei mesi invernali.

I comuni sono ordinati secondo concentrazioni di radon crescenti. Il valore misurato in inverno viene confrontato indicativamente con la soglia di intervento (400 Bq/m³ valore medio annuo). Per i comuni dove attualmente sussiste solo un esiguo numero di misure, il raffronto è da considerarsi provvisorio. Ulteriori accertamenti seguiranno; la prospettiva è di avere almeno 20 misure per comune, in modo che la classificazione sia sufficientemente affidabile.

Comune	Nr. valori	media	Dev. Std.	Mediana	Max.	Nr. e percentuale dei valori					
		Bq/m ³		Bq/m ³	Bq/m ³	< 400 Bq/m ³	400 – 1000 Bq/m ³	>1000 Bq/m ³			
Laives	1	38	0	38	38	1	100%	0	0%	0	0%
Cortina s.d.V	2	51	1	51	51	2	100%	0	0%	0	0%
Renon	1	51	0	51	51	1	100%	0	0%	0	0%
Moso in P.	40	56	44	41	217	40	100%	0	0%	0	0%
Fie a. Sciliar	4	73	37	75	110	4	100%	0	0%	0	0%
P. Gardena	1	76	0	76	76	1	100%	0	0%	0	0%
Verano	20	84	38	69	164	20	100%	0	0%	0	0%
Avelengo	19	84	64	70	308	19	100%	0	0%	0	0%
Selva Val G.	6	89	63	74	198	6	100%	0	0%	0	0%
La Valle	4	90	78	61	205	4	100%	0	0%	0	0%
Selva Molini	20	90	53	77	210	20	100%	0	0%	0	0%
Tirolo	4	95	16	93	116	4	100%	0	0%	0	0%
Terlano	4	95	17	98	112	4	100%	0	0%	0	0%
Badia	8	100	104	51	317	8	100%	0	0%	0	0%
Naz-Sciaves	20	103	61	95	230	20	100%	0	0%	0	0%
Meltina	6	104	62	82	225	6	100%	0	0%	0	0%
Gargazzone	4	108	37	103	157	4	100%	0	0%	0	0%
Scena	20	112	106	69	446	19	95%	1	5%	0	0%
Tires	3	122	61	129	179	3	100%	0	0%	0	0%
Bolzano	82	123	120	78	702	78	95%	4	5%	0	0%
Valle Aurina	69	124	162	66	1047	65	94%	3	4%	1	1%
Varna	22	125	110	96	530	21	95%	1	5%	0	0%
Plaus	20	131	61	116	254	20	100%	0	0%	0	0%
Sarentino	4	131	61	139	186	4	100%	0	0%	0	0%
Camp. Tures	76	135	149	80	837	72	95%	4	5%	0	0%
Merano	31	137	94	108	423	30	97%	1	3%	0	0%
Dobbiaco	20	142	96	103	378	20	100%	0	0%	0	0%
Lagundo	25	151	119	115	583	24	96%	1	4%	0	0%
Camp. Trens	19	155	126	118	481	17	89%	2	11%	0	0%
Predoi	10	155	249	55	817	9	90%	1	10%	0	0%
Rio Pusteria	34	160	160	105	927	33	97%	1	3%	0	0%
Parcines	20	161	134	99	493	18	90%	2	10%	0	0%
Lana	59	164	149	118	794	56	95%	3	5%	0	0%
Naturno	47	164	217	99	1433	44	94%	2	4%	1	2%
Valdaora	20	170	157	92	541	17	85%	3	15%	0	0%
Ultimo	46	180	238	92	1112	41	89%	3	7%	2	4%
Marlengo	3	183	142	108	346	3	100%	0	0%	0	0%
Caldaro s.V.	5	188	189	61	457	4	80%	1	20%	0	0%
Appiano s.V.	12	192	145	168	595	11	92%	1	8%	0	0%
Andriano	3	193	27	178	224	3	100%	0	0%	0	0%
S. Pancrazio	18	196	232	112	728	15	83%	3	17%	0	0%

Cermes	19	198	132	177	540	17	89%	2	11%	0	0%
Castelbello-Ciardes	6	207	125	141	392	6	100%	0	0%	0	0%
Monguelfo	33	209	241	112	960	29	88%	4	12%	0	0%
Racines	50	211	252	93	1048	43	86%	6	12%	1	2%
Bronzolo	30	213	301	122	1563	26	87%	3	10%	1	3%
S. Leonardo in P.	5	229	159	237	478	4	80%	1	20%	0	0%
Braies	20	229	247	125	870	16	80%	4	20%	0	0%
Brunico	94	234	296	112	1492	79	84%	10	11%	5	5%
Marebbe	20	239	210	171	808	17	85%	3	15%	0	0%
Glorenza	33	242	252	203	1413	28	85%	4	12%	1	3%
V. di Casies	20	242	291	104	1132	17	85%	2	10%	1	5%
Martello	4	243	123	235	387	4	100%	0	0%	0	0%
Sluderno	19	247	173	164	582	15	79%	4	21%	0	0%
Brennero	1	248	0	248	248	1	100%	0	0%	0	0%
Rodengo	18	255	453	111	1967	16	89%	1	6%	1	6%
Vipiteno	5	259	150	189	515	4	80%	1	20%	0	0%
San Lorenzo di Sebato	20	261	230	170	750	17	85%	3	15%	0	0%
Termeno s.d. Vino	3	270	178	265	449	2	67%	1	33%	0	0%
Malles Venosta	40	276	198	196	801	32	80%	8	20%	0	0%
Laces	21	294	385	162	1711	17	81%	3	14%	1	5%
Vandoies	42	300	457	148	2607	37	88%	2	5%	3	7%
Terento	18	300	310	176	1220	14	78%	3	17%	1	6%
Prato Stelvio	46	301	362	174	1851	36	78%	8	17%	2	4%
San Candido	33	320	354	220	1592	25	76%	6	18%	2	6%
Perca	33	322	422	149	2000	23	70%	7	21%	3	9%
Luson	20	332	411	143	1377	14	70%	4	20%	2	10%
Egna	4	346	567	68	1196	3	75%	0	0%	1	25%
Stelvio	57	350	386	216	2186	40	70%	15	26%	2	4%
Chienes	21	358	351	252	1362	15	71%	4	19%	2	10%
Bressanone	7	365	480	140	1384	5	71%	1	14%	1	14%
Rasun-Anterselva	15	390	298	263	1031	9	60%	5	33%	1	7%
Curon V.	20	392	564	166	2067	16	80%	2	10%	2	10%
Gais	34	430	371	259	1377	23	68%	7	21%	4	12%
Silandro	19	473	394	309	1385	11	58%	6	32%	2	11%
Fortezza	19	502	619	191	2035	12	63%	5	26%	2	11%
Tubre	136	502	589	248	3123	89	65%	29	21%	18	13%
Falzes	35	535	483	332	1651	19	54%	8	23%	8	23%
Lasa	50	569	430	406	2666	22	44%	23	46%	5	10%

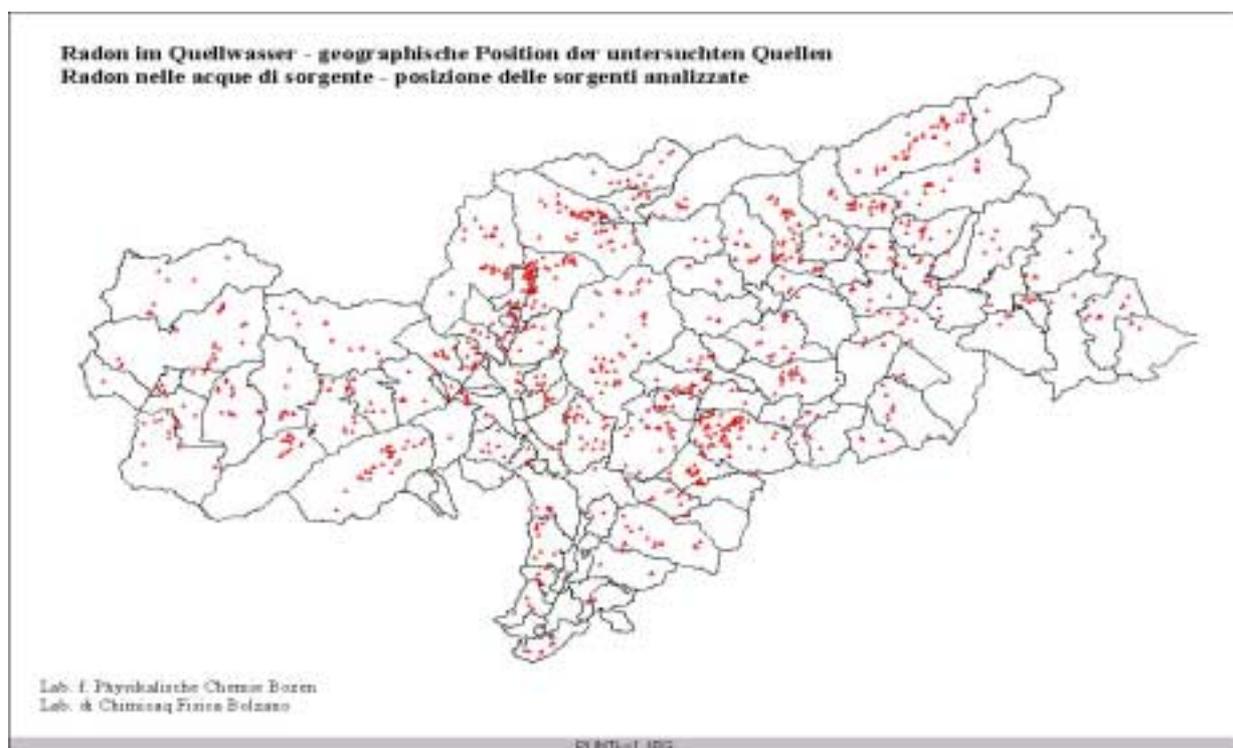
Alcuni dati statistici: nell'ambito delle campagne di misure il Laboratorio di Chimica Fisica ha effettuato rilevazioni in circa 1900 edifici. Le misure sono state effettuate principalmente in inverno. Per la determinazione del valore medio annuo in molti casi si è tenuto conto anche del periodo estivo; si è raggiunto un totale di ca. 3000 singole misurazioni. Relativamente alla media annuale si può affermare che nell'11% ca. delle case al piano terra si supera il valore indicativo di 400 Bq/m³ raccomandato dalla UE; in ca. il 2% delle case i valori misurati risultano addirittura superiori a 1000 Bq/m³, che è il valore limite applicato nella vicina Svizzera.

Un primo tentativo di indagine epidemiologica svolta qualche anno fa in Alto Adige non ha evidenziato correlazioni fra radon e insorgenza di neoplasie maligne. I dati su cui si basava tale studio sono tuttavia molto limitati, per cui "risulta indispensabile approfondire l'indagine". La situazione non appare allarmante, ma non va neppure sottovalutata.

Le misure del radon continuano: durante il periodo invernale 1999/2000 le misure del radon saranno eseguite nei comuni di Senales, Vizze, Villabassa, Sesto, Sarentino, Renon, Anterivo, Bressanone, Castelrotto, Fiè, Laives, Egna, Salorno, Aldino, Ortisei, Funes, Vipiteno, Martello, Corvara.

Radon nelle acque sorgive

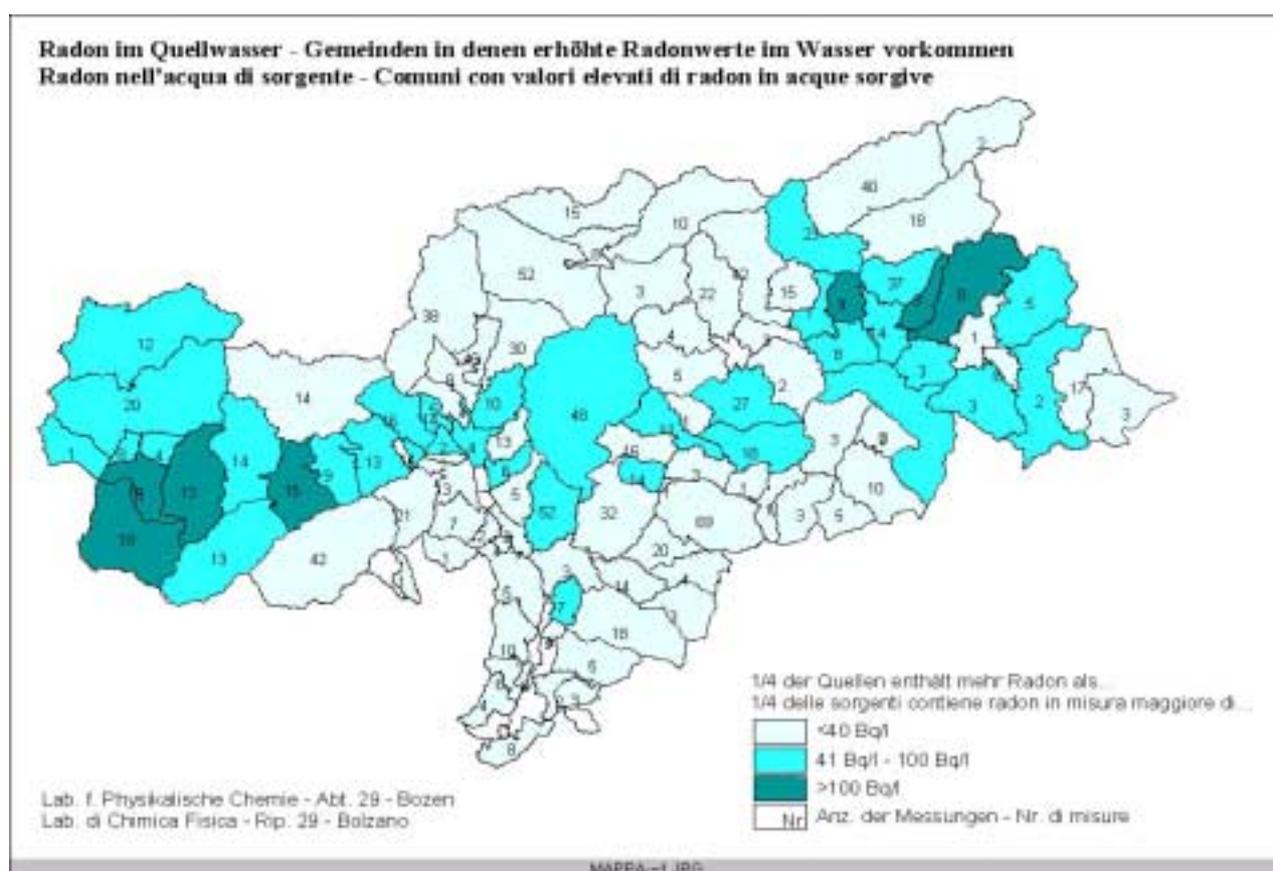
Concentrazioni di radon elevate nelle acque sorgive possono essere un utile indicatore di una maggiore presenza di radon in una certa zona. Il laboratorio ha analizzato finora circa 1350 sorgenti in tutto l'Alto Adige, riscontrando in molti casi una buona concordanza tra la concentrazione di radon nell'acqua sorgiva e la presenza di radon nelle case, come si osserva confrontando le due cartine.



Alcuni dati statistici: nel 15% delle fonti di acqua potabile analizzate la concentrazione di radon risulta superiore a 50 Bq/l, nel 6% ca. è superiore a 100 Bq/l, mentre nello 0,7% circa è superiore a 400 Bq/l. Le misurazioni sono state effettuate direttamente alla captazione della sorgente, poiché il gas radon è estremamente volatile e si disperde già in corrispondenza della captazione stessa. Le misure comparative effettuate nelle case hanno mostrato valori nettamente inferiori; un'eccezione è costituita da quelle sorgenti le cui captazioni sono sprovviste di un sistema di ventilazione.

La concentrazione di radon nell'acqua potabile non è regolamentata da alcuna normativa né a livello nazionale né a livello internazionale. In Svezia invece l'acqua potabile viene espressamente segnalata come acqua contenente radon a partire da una concentrazione di 100 Bq/l, mentre a partire da una concentrazione di 1000 Bq/l viene dichiarata non potabile.

Mentre l'inalazione del radon può provocare cancro polmonare, da studi epidemiologici è risultato che il rischio associato all'ingestione di acqua contenente radon è molto contenuto. Si calcola che con un consumo quotidiano di 2 litri di acqua con una concentrazione di radon di 100Bq/l, si assorbe una dose di ca. 0,3 mSv/anno (ICRP65).

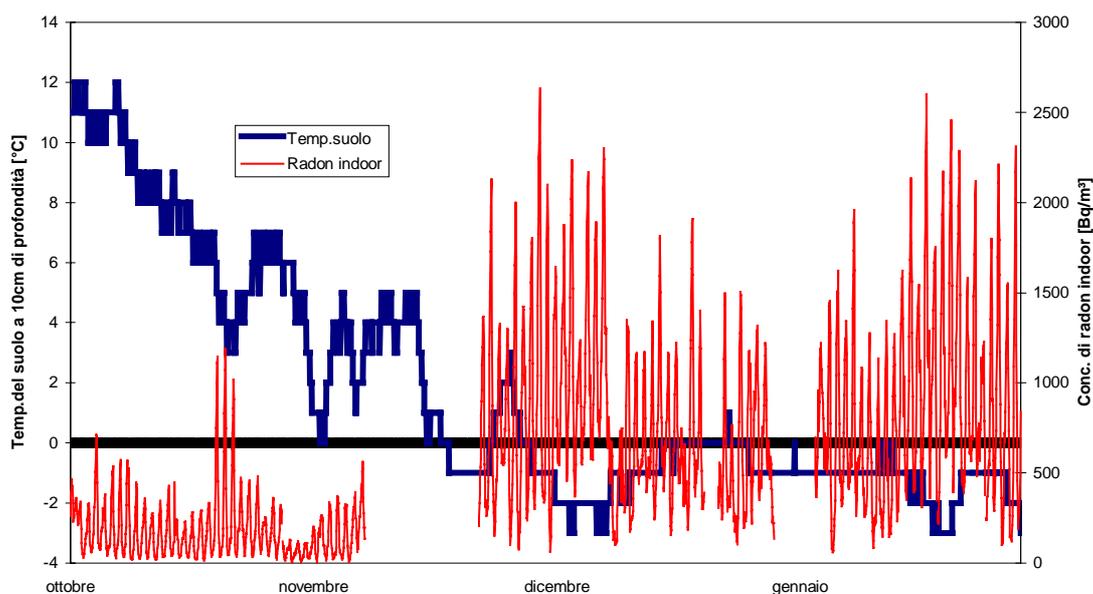


All'interno dell'edificio l'aria calda sale, determinando una depressione tra l'interno della casa e la parte interrata della costruzione (effetto camino). Di conseguenza aria fredda contenente radon viene risucchiata dal terreno. Quanto più caldo è l'interno della casa e quanto più freddo è l'esterno, tanto più marcato sarà questo effetto. Il funzionamento di impianti termici (p.es. stufa) produce un ulteriore effetto di risucchio dell'aria.

Di mattina i livelli del radon sono più elevati che di pomeriggio, in inverno sono più elevati che in estate.

A seconda delle condizioni di pressione relativa presenti in una casa, la concentrazione di radon può subire sensibili variazioni giornaliere e stagionali. In genere i valori di radon più elevati si osservano nelle prime ore del mattino, quando la temperatura esterna raggiunge il suo minimo. In inverno le concentrazioni sono mediamente il doppio di quelle estive.

La concentrazione di radon in casa aumenta quando il terreno ghiaccia.



La figura illustra questo rapporto sull'esempio delle variazioni giornaliere della concentrazione di radon, misurata in una casa in dipendenza dalla temperatura del suolo (all'aperto). La concentrazione di radon in casa aumenta quando il terreno ghiaccia. Verosimilmente il gelo ostacola la fuoriuscita del radon dal terreno, favorendone la fuga laddove il terreno è a temperatura maggiore (nelle cantine).

Le contromisure – esistono misure preventive o misure di ripiego – una misura provvisoria è quella di arieggiare di più gli ambienti.

1) In caso di nuove costruzioni: al giorno d'oggi non è ancora possibile prevedere quale sia la concentrazione del gas radon in un edificio esistente o in un nuovo edificio sulla base della sua tipologia edilizia e delle indagini sulle caratteristiche del suolo su cui si trovano le fondamenta. Adottare misure di protezione per gli edifici nuovi risulta comunque molto più economico e semplice che ricorrere a interventi di risanamento successivi.

La principale misura preventiva consiste nel verificare, nel caso di un edificio nuovo, se il terreno su cui esso sorgerà, si trova in una regione a rischio radon.

In caso affermativo bisognerebbe osservare le seguenti misure precauzionali:

- **Prevedere un ottimo isolamento del fondamento** p.es. un fondamento a platea, limitando ed isolando le perforazioni (condotte di tubazioni, corrente ecc.). Evitare di fare cantine senza pavimentazione (solo terra); evitare collegamenti aperti tra la parte interrata ed il giroscale.
- **Prevedere un sistema di aspirazione dell'aria dal sottosuolo.** A tal fine, sotto le fondamenta a platea, vanno posati in parallelo nel terreno, a una distanza di 2- 3 m ciascuno, dei tubi perforati (di drenaggio), incorporati nel ghiaio e collegati tra loro da una condotta collettiva. Vi si stende sopra uno strato (foglio) isolante in plastica e quindi si posa lo strato di cemento. Il tubo collettore dovrebbe essere preferibilmente fatto arrivare fino al tetto della casa. In tal modo si crea un'aspirazione naturale che fa fuoriuscire il radon dal terreno. Se ciò non dovesse bastare, si può aumentare l'azione aspirante con un piccolo ventilatore.

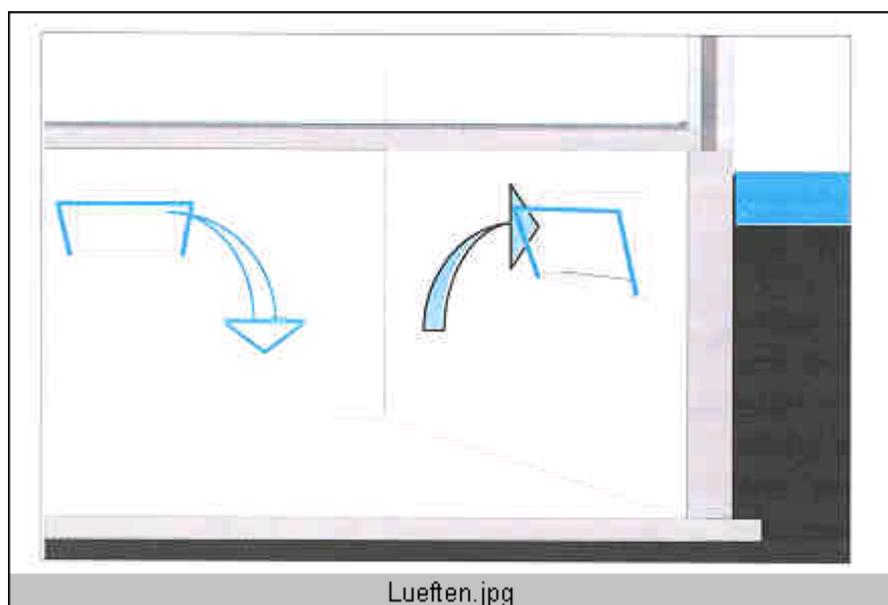


La figura mostra la posa di tubi di drenaggio

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

- **Pianificare il sistema di aerazione in modo tale da evitare che al piano terra e in cantina si crei una depressione.** Questa depressione aumenta in presenza di: finestre aperte sul lato dell'edificio protetto dal vento, ventilatori in bagni e cucine (cappe di ventilazione), correnti termiche ascensionali in camini in caso di aperture di aerazione assenti o insufficienti.
- **Progettare trombe e pozzetti (ascensori, condutture) e camini in modo tale che non si creino canali che trasportano il radon nella parte abitata della casa.**

2) Aerare: in caso di livelli di radon leggermente elevati, come prima contromisura si può arieggiare più spesso (p.es. più volte al giorno aprire le finestre per qualche minuto per creare un giro d'aria, lasciare aperte le finestre delle cantine ecc..) ed ottenere subito un certo miglioramento. In caso di valori più elevati ($> 1000 \text{ Bq/m}^3$) si è sperimentato che le probabilità di successo sono modeste; normalmente al massimo si riesce a dimezzare la concentrazione di radon. Tuttavia il lavoro e la perdita di calore che ciò comporta in inverno sono notevoli; inoltre le persone sensibili al freddo e alla corrente d'aria mal sopportano queste condizioni, per cui tale misura può essere solo una soluzione provvisoria.

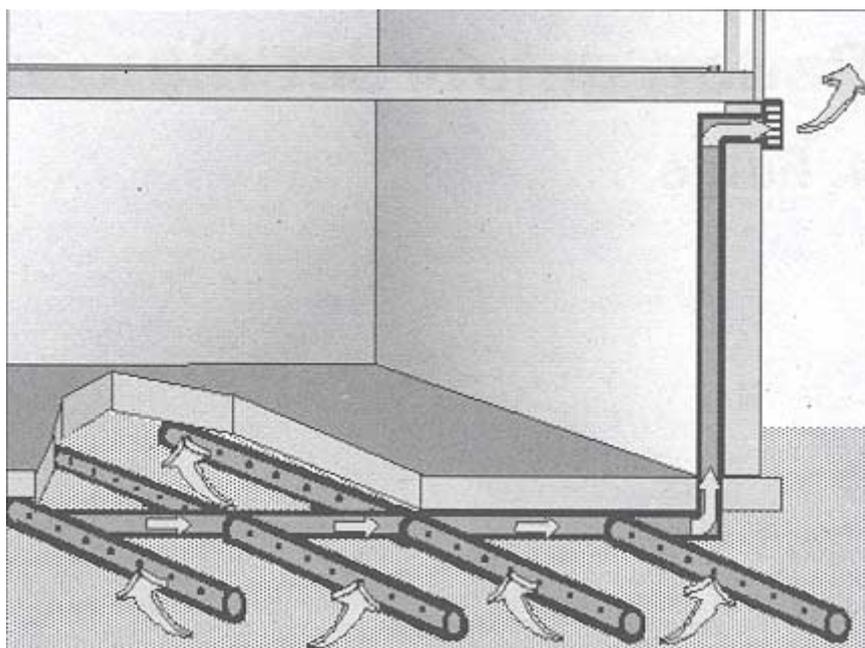


Una prima contromisura è arieggiare creando un giro d'aria.

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

3) Il risanamento: esistono diverse possibilità di intervento; il criterio per scegliere quella più adatta è l'entità dei valori di radon misurati.

- **Nel caso più semplice**, può essere sufficiente **isolare** pavimenti e pareti (sigillare crepe, fessure, fughe) con materiali isolanti e film adatti, tenendo conto che la zona di collegamento tra pavimento e muro è un punto particolarmente critico. In caso di valori più elevati ($> 1000 \text{ Bq/m}^3$) e di superfici maggiori, un isolamento duraturo è costoso e più difficile da realizzare, per cui tale intervento è più consigliabile nel caso del risanamento di edifici vecchi.
- In presenza di un terreno naturale in cantina, spesso un metodo valido è quello di **isolare e cementare il pavimento**.
- **Aspirazione dell'aria dal sottosuolo.** Questa misura è facile da mettere in atto, è molto efficace e pertanto è raccomandabile in caso di elevati livelli di radon. Qui di seguito illustreremo un esempio concreto di come si applica questo metodo.



La figura mostra l'aspirazione dell'aria dal sottosuolo. Un metodo ideale come misura preventiva in caso di nuovi edifici e di interventi di risanamento. (fonte: Radon, Ufficio federale d. sanità pubblica di Berna, CH)

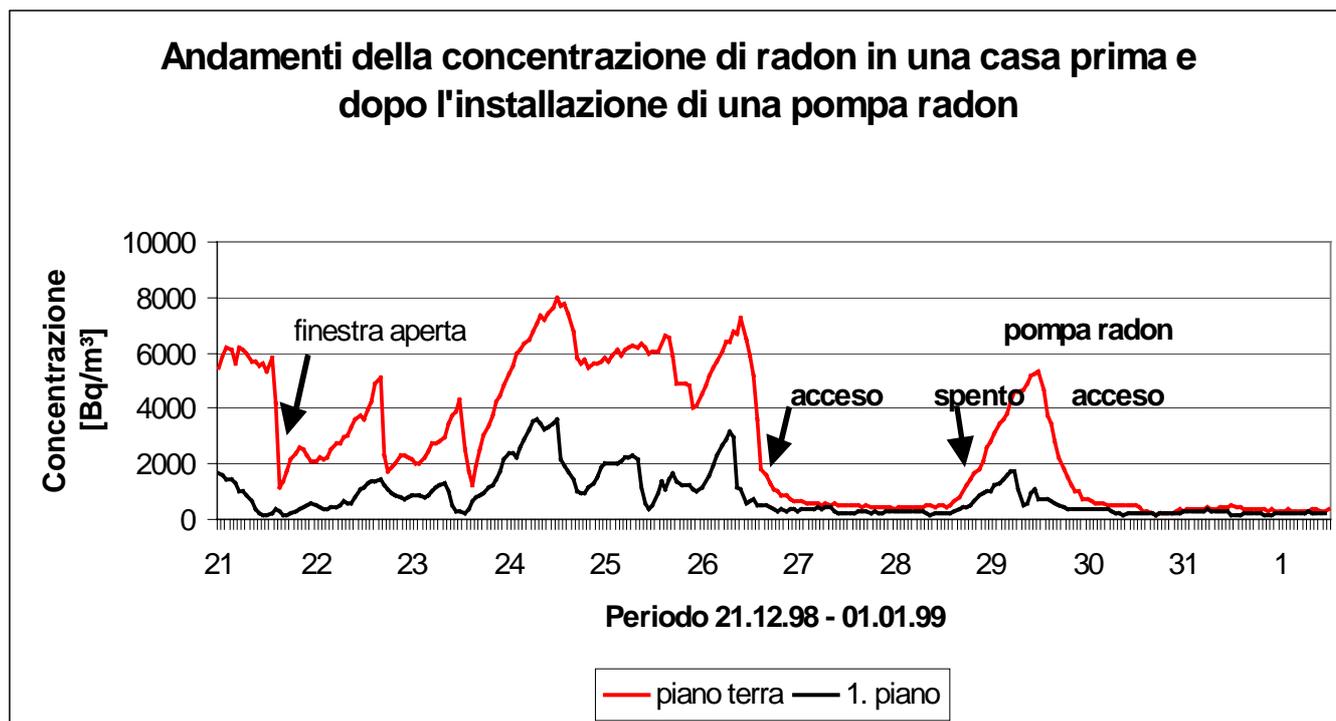
Come si può aspirare l'aria dal terreno? Lo spieghiamo con un esempio:

In una casa vecchia (superficie ca. 100 m²) fortemente contaminata dal gas radon, con cantina al pianterreno, nel pavimento naturale è stato scavato un buco di 30 cm di larghezza e 110 cm di profondità. In questo buco si è inserito un tubo di plastica lungo 150 cm (diametro 12 cm) che poi è stato murato, in modo che sulla superficie il terreno risulti perfettamente sigillato e sotto la cavità resti vuota. All'estremità del tubo che sporge dal terreno è stato montato un piccolo ventilatore (da appena 24 Watt di potenza), da cui parte un tubo flessibile che arriva fino alla finestra. Il ventilatore viene fatto funzionare 24 ore su 24; la sua funzione è di aspirare l'aria del terreno dalla cavità del tubo e di convogliarla nel tubo flessibile, facendola quindi fuoriuscire all'aperto.



L'immagine illustra la semplicità strutturale del sistema aspirante. A destra: il buco nel terreno della cantina e il tubo di plastica con ventilatore incorporato. A sinistra: il tubo murato alla superficie del terreno, collegato a un tubo flessibile attraverso il quale l'aria aspirata viene convogliata all'esterno.

Come si può vedere dal grafico, con questo semplice dispositivo si è potuta ridurre la concentrazione di radon da un valore medio di 6000 Bq/m³ a meno di 300 Bq/m³.



Il diagramma evidenzia l'andamento giornaliero della concentrazione di radon al piano terra e al primo piano prima e dopo la messa in funzione del sistema di aspirazione chiamato "pompa radon".

In caso di terreni meno permeabili e di una superficie più estesa, si devono effettuare più buchi, o come è stato descritto per i nuovi edifici, si deve posare un sistema di tubi di drenaggio ed isolare successivamente il terreno. Se il terreno è molto permeabile, il tubo di aspirazione può essere montato anche fuori dalla casa, p.es. in prossimità del muro esterno, purché il buco affondi molto in profondità, in modo da riuscire ad aspirare ad almeno 1 – 2 m al di sotto delle mura portanti della casa.

Non tutte le case sono uguali e probabilmente ce ne sono alcune che necessitano di contromisure più sofisticate, comunque le probabilità di ottenere risultati soddisfacenti sono buone.

Il presente rapporto è pubblicato anche su Internet (www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/radon/index_i.htm). In questo sito il testo viene aggiornato costantemente con i risultati delle indagini più recenti. Alcune tematiche vengono trattate più approfonditamente e corredate di tutta una serie di dati rilevanti, per cui queste informazioni possono essere utilizzate anche per altri studi scientifici.

Per ulteriori informazioni potete rivolgerVi al Laboratorio di chimica fisica dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente di Bolzano Via Amba Alagi 5, 39100 Bozen. Tel. 0471291324, Fax 0471283264.