

OSSERVATORIO GEOFISICO DI NOVARA

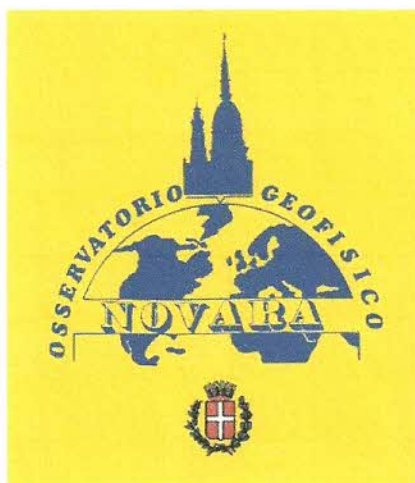
PROGETTO

GAS RADON

Ricerca e sperimentazione

DALLA PELLICOLA AL SENSORE





OSSERVATORIO GEOFISICO
di
NOVARA

Analisi sulla variazione del gas RADON
lungo la Faglia della Cremosina



AVVERTENZA

Non si assume alcuna responsabilità qualora venisse fatto uso improprio dei dati, dei grafici e di tutte le informazioni contenute nella presente pubblicazione.

E' altresì VIETATA la riproduzione anche parziale avente scopo di lucro.

L' Osservatorio si riserva, inoltre, tutti i diritti e di autorizzare la riproduzione del contenuto esclusivamente a titolo di informazione e studio.



PREMESSA

L'Osservatorio Geofisico di Novara vede la sua nascita con la costruzione e l'installazione delle apparecchiature sismiche nel 1980 dopo il disastroso terremoto dell'Irpinia ; nel 1992 inizia la collaborazione con l'Istituto Nazionale di Geofisica e con il centro Geofisico Prealpino di Varese, mentre il rilevamento sistematico dei dati meteorologici comincia il 1° dicembre 1993.

Il principale scopo dell'Osservatorio è di promuovere lo studio, la ricerca e la divulgazione scientifica dei fenomeni Meteoro e Sismici attraverso il monitoraggio, la raccolta, la documentazione e l'analisi dei dati.

Dal mese di luglio 2002 l'Osservatorio esegue studi e ricerche sull'emissione di Radon lungo la Faglia della Cremona, una linea tettonica che taglia la provincia di Novara da ovest ad est, da Borgosesia ad Arona, per poi proseguire verso la Lombardia attraversando il Lago Maggiore.

Per mezzo di una serie di pozzetti ubicati nei Comuni a ridosso della faglia è stato possibile rintracciare la presenza di questo gas attraverso le tracce lasciate dallo stesso su apposite pellicole.

Per poter eseguire questo tipo di studi dobbiamo ringraziare le ARPA di Novara ed Ivrea, nonché l'INGV di Catania, per la loro continua collaborazione.

IL RADON

Il Radon è un gas radioattivo nobile che si produce per successivi decadimenti alfa (cioè decadimenti radioattivi con spontanea emissione di particelle alfa) a partire dall' ^{238}U .

Solo una parte del Radon prodotto, tuttavia, è in grado di sfuggire dai granuli di roccia e spostarsi nei fluidi dei pori intergranulari; infatti la particella alfa trasmette energia al nuclide di radon appena formato, facendolo rinculare nella

direzione opposta fino ad una distanza che è in funzione della densità del mezzo (solo 3×10^{-6} cm nella roccia).

Appare quindi chiaro come la maggior parte del Radon finisca per decadere entro la roccia stessa e soltanto quello prodotto vicino alla superficie rocciosa possa sfuggirne.

Le prime anomalie dei valori del Radon furono rilevate nel 1966 quando, in occasione del disastroso terremoto di Tashkent in Uzbekistan, i livelli di gas nell'acqua dei pozzi salirono bruscamente. Da allora si è sviluppata la teoria secondo la quale il Radon accumulato nelle rocce potrebbe essere utilizzato come possibile indicatore premonitore di eventi sismici, liberandosi non appena le tensioni sotterranee si avvicinano ad una soglia critica.

Sono così iniziate misure sistematiche delle variazioni temporali del radon in altre zone sismiche, soprattutto in California, Cina ed Islanda; Rikitake (1981) segnala dodici casi di variazioni nella concentrazione di radon direttamente correlati ad eventi sismici.

Il fenomeno è stato recentemente studiato per otto anni lungo la Rift Valley, l'imponente frattura tettonica che corre da nord a sud lungo la porzione orientale dell'Africa, nei pressi del Mar Morto; gli studi hanno rivelato che, all'interno della faglia, entro tre giorni dai picchi di radon si sono verificati 40 terremoti contro i 22 statisticamente attesi.

Resta tuttavia da spiegare il meccanismo per cui il Radon, prodotto nella zona focale del terremoto, possa migrare a distanze di decine o centinaia di chilometri.

Un altro aspetto ancora non del tutto chiaro da tenere in considerazione è come le emissioni di Radon possano variare in funzione delle tipologie di roccia e delle variazioni stagionali di pressione e temperatura.



UBICAZIONE DEI SITI

La scelta della zona dove eseguire gli studi non è stata difficile, visto che la faglia più importante nei dintorni di Novara è la “vecchia” Faglia della Cremosina (Fig. 1 e 2).

Dai sopralluoghi effettuati sono stati prescelti cinque siti a cavallo della faglia, oltre a quello di Novara utilizzato come “bianco”.

Dei cinque punti di rilevamento tre sono stati posizionati direttamente lungo la faglia (Pogno, Bolzano Novarese ed Arona), uno è stato ubicato a nord della faglia (Madonna del Sasso) e l'ultimo a sud della stessa (Briga Novarese).

In totale sono, dunque, stati messi a dimora sei pozzetti con i seguenti nominativi e caratteristiche:

Fig.1 carta geologica dei siti

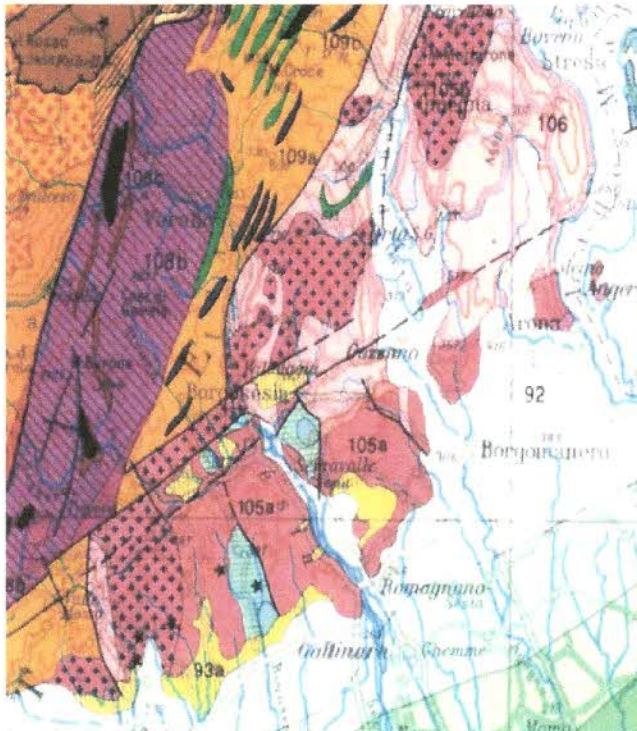
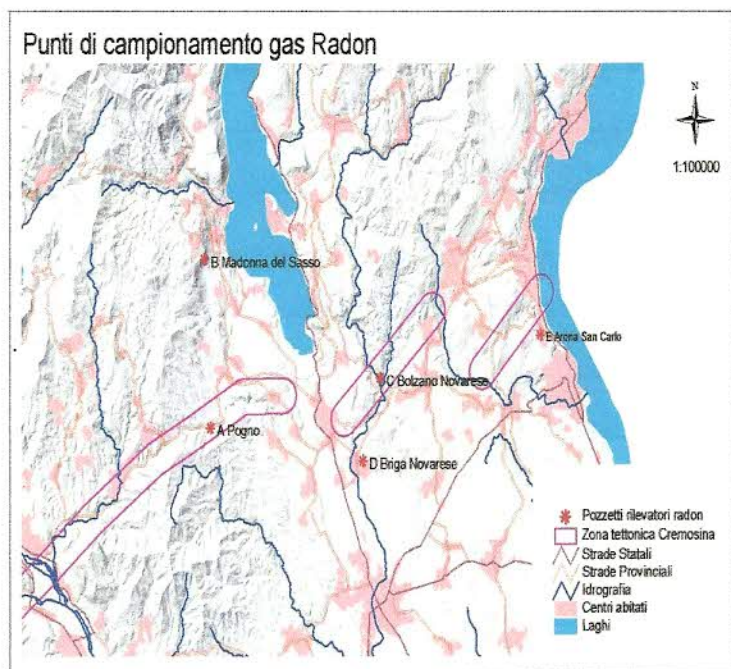


Fig. 2



- **A – Pogno**, su roccia, direttamente su faglia;
- **B – Madonna del Sasso**, su roccia, a nord della faglia;
- **C – Bolzano Novarese** (località Grata), su terra, direttamente su faglia;
- **D – Briga Novarese** (località San Colombano), su roccia, a sud della faglia;
- **E – Arona** (località San Carlo), su terra, direttamente su faglia;
- **F – Novara**, su terra, punto bianco.

STRUTTURA DEI POZZETTI

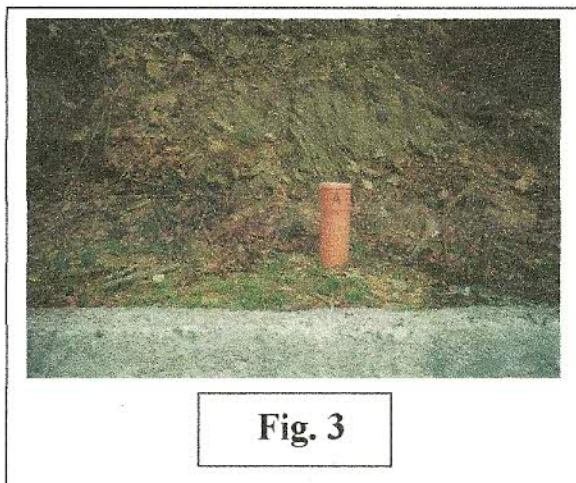


Fig. 3

I pozzetti consistono in tubi di plastica del diametro di 15 cm; essi hanno una lunghezza di 1 m e sono interrati fino ad una profondità variabile tra i 30 ed i 50 cm dal piano campagna.

L'estremità superiore viene quindi ermeticamente chiusa da un tappo a vite ed assicurata con apposito lucchetto (Fig. 3).

METODO DI MISURA

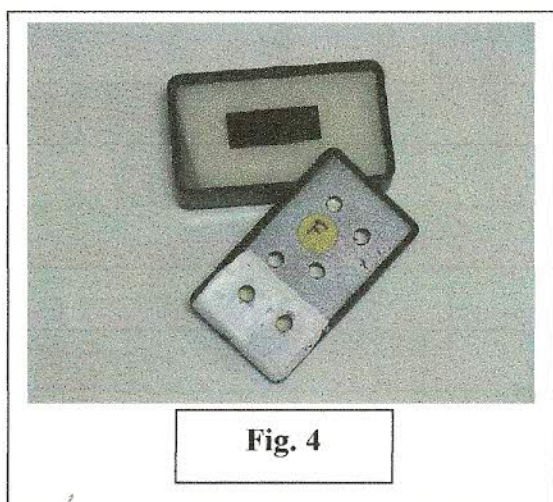


Fig. 4

Il metodo più usato per la misura in sito di queste attività è quello delle tracce alfa (o "etching method"); esso consiste nel misurare la densità delle tracce impresse su pellicole Kodak LR 115 tipo 2 sia dalle particelle alfa sia dal rinculo dei nuclei che le emettono.

Nel nostro caso la pellicola è tagliata in liste di circa 1 cm di lunghezza e 2,5 cm di larghezza; essa è inserita all'interno di un piccolo contenitore in plastica bucherellato che viene introdotto in un sottile sacchetto di polietilene, il quale è ermeticamente sigillato dopo averne estratta l'aria (Fig. 4 e 5).

Il tutto è infine posizionato all'interno del pozzetto, in modo che la pellicola venga a trovarsi a circa 1 cm di distanza dal terreno con la parte sensibile rivolta verso il fondo del pozzetto.

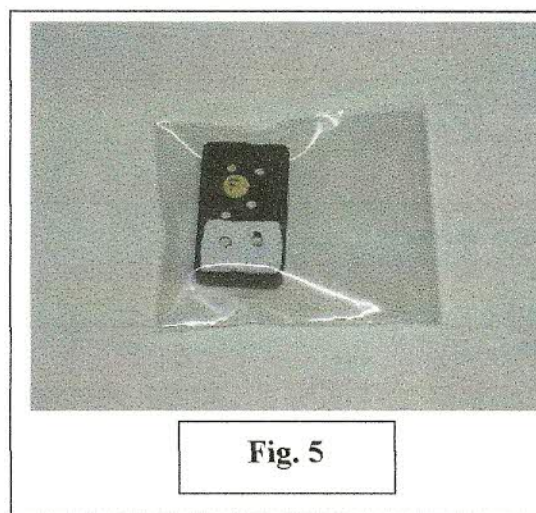


Fig. 5



TEMPO DI ESPOSIZIONE E SVILUPPO

I periodi di esposizione sono stati stabiliti in giorni 30 +/- 2, in modo da eliminare le possibili fluttuazioni di breve periodo dovute essenzialmente a variazioni locali di pressione e temperatura atmosferica.

Lo sviluppo delle pellicole avviene entro le 24 ore successive alla sostituzione, per evitare eventuali inquinamenti significativi.

I rivelatori vengono attaccati in laboratorio per mezzo di un bagno in soluzione sodica al 10% 2,5 N preparata dal Dott. Masseroni dell'Arpa di Novara che viene mantenuto ad una temperatura di 60°C +/- 2 mediante agitatore a bagnomaria. Le pellicole sono estratte una prima volta dopo 1 ora e 15 minuti per un primo controllo visivo; sulla base dei successivi controlli, effettuati ogni 5 minuti, le pellicole vengono definitivamente estratte quando si presentano con un colore rosso violaceo e sono perfettamente trasparenti, quindi dopo averle lavate in acqua corrente, si stabilizzano per mezzo di un bagno in acqua distillata per circa 30 minuti; una volta asciugate con cura esse sono fissate su di un vetrino da microscopio.

MODALITA' DI CONTEGGIO

L'analisi della densità delle tracce impresse sulla pellicola sia dalle particelle alfa sia dal rinculo dei nuclei che le emettono viene effettuata attraverso un microscopio ottico messi a disposizione dal Dott Bielli dall'ARPA di Novara.

Lavorando con un ingrandimento 200X si sceglie una superficie in base all'omogeneità

delle tracce ed alla nitidezza dell'immagine. Si esegue quindi la fotografia della superficie prescelta, che corrisponde a 0,4 mm², mediante pellicola Kodak 200ASA; una volta sviluppata e stampata la pellicola, l'immagine che si ottiene presenta un fondo rossiccio con tanti pallini bianchi che rappresentano le tracce lasciate dal Radon.

Per ottenere la densità delle tracce corrispondente ad una superficie di 1 cm² bisogna moltiplicare il numero delle tracce rilevate per 250 (Fig. 6)

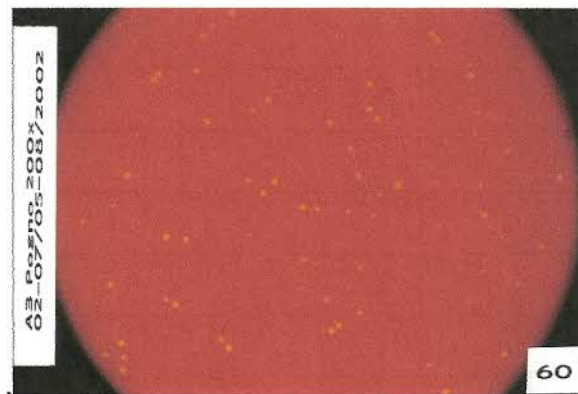


fig. 6

Bisogna tener conto che in aree caratterizzate da elevate oscillazioni termiche stagionali tale metodo potrebbe presentare problemi legati al fatto che le tracce tendono a scomparire tanto più velocemente quanto più alta è la temperatura, essendo in tal caso accelerato il processo di ricostruzione dell'ordine molecolare dei rivelatori.

Questa tecnica, invece, si è rivelata molto valida soprattutto in aree con temperatura abbastanza costante e comunque inferiore ai 30° circa.





ANALISI DEI RISULTATI

Gli studi passati hanno evidenziato due possibili tipi di anomalie nei valori del radon: a lungo ed a breve termine.

Nelle prime le concentrazioni di Radon cominciano ad aumentare parecchi mesi o addirittura anni prima dell'evento sismico, sino a raggiungere valori anche 3-4 volte maggiori del valore di fondo; le seconde iniziano invece alcuni giorni o qualche mese prima dell'evento sismico e presentano ampiezza generalmente molto maggiore delle prime, fino a raggiungere valori due ordini di grandezza superiori al segnale di fondo.

In letteratura, tuttavia, i dati a disposizione non sono ancora sufficienti per stabilire l'attendibilità delle correlazioni tra anomalie di Radon ed eventi sismici. Vi sono infatti terremoti che non sono stati preceduti da anomalie di radon (allarmi mancati) ed anomalie che non sono state seguite da terremoti (falsi allarmi); nella maggior parte dei casi, inoltre, le anomalie non si presentano in tutte le stazioni prescelte, nonostante tutte si trovino direttamente sulla faglia e mostrino alternativamente anomalie riferibili a terremoti.

Passando al nostro caso specifico nell'arco di tempo in cui sono state posizionate le pellicole si sono verificati sei eventi sismici nel raggio di 200 km dai siti prescelti. In corrispondenza di alcuni di questi terremoti si sono avuti dei picchi nelle misure di Radon in alcune stazioni, in particolar modo in quelle di Pogno e Bolzano Novarese.

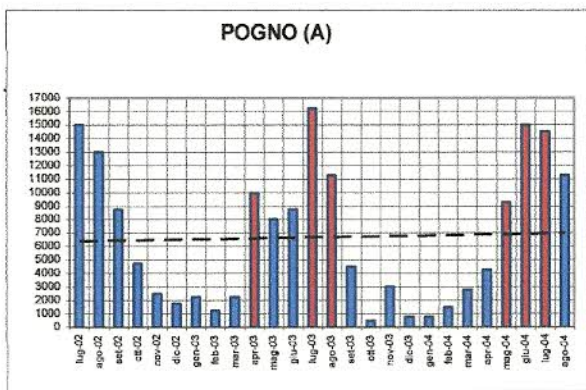
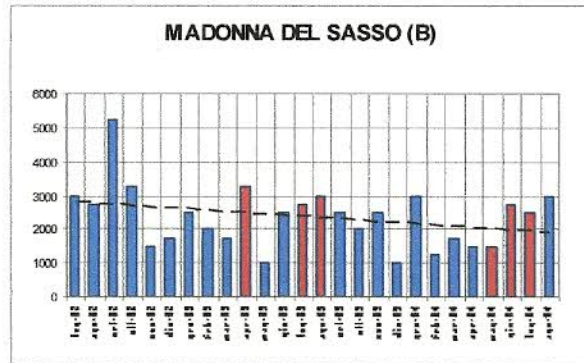
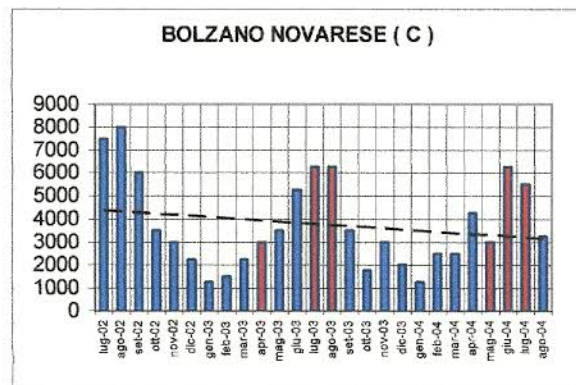


grafico relativo al conteggio di particelle alfa per cm² al pozzetto di Pogno. In rosso i mesi in cui si sono verificati eventi sismici significativi.

- Alessandria 11.04.03 M 4.7 Picco a Pogno
- Svizzera 17.07.03 M 3.7 Picco a Pogno e Bolzano Novarese
- Svizzera 18.08.03 M. 3.5 Picco a Bolzano Novarese



- Alpi Graie 13.05.04 M. 3.3 Valori in ascesa a Pogno
- Monferrato 17.06.04 M. 2.8
- Friburgo 28.06.04 M. 4.1 Picco a Pogno e Bolzano Novarese

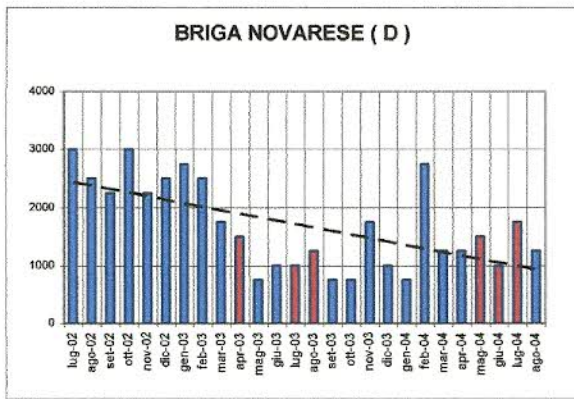


Data la vicinanza temporale degli ultimi due terremoti non si può stabilire a quale dei due fenomeni siano da attribuire le anomalie di Radon, in quanto entrambi gli eventi ricadono nello stesso periodo di esposizione delle pellicole.

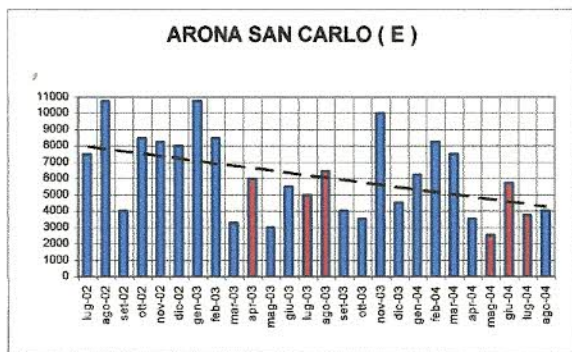
Analizzando, invece, le concentrazioni di Radon rilevate nelle singole stazioni si possono fare le seguenti considerazioni:

- A - Pogno: valori più alti in estate che d'inverno; grosse variazioni tra picchi e valore di fondo, con le anomalie effettivamente in concomitanza dei fenomeni sismici;

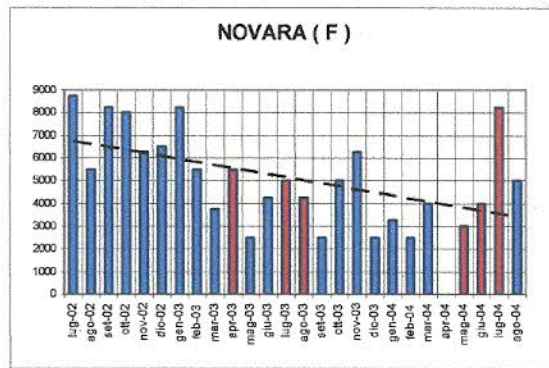




- B – Madonna del Sasso: valori più o meno sempre costanti e piuttosto bassi;
- C – Bolzano Novarese (località Grata): valori più alti in estate che d'inverno; discrete variazioni tra picchi e valore di fondo; alcuni terremoti coincidono con le anomalie, ma ci sono anche anomalie non seguite da terremoti;
- D – Briga Novarese (località San Colombano): scarsa variabilità nei valori misurati che risultano sempre piuttosto bassi; i terremoti non coincidono mai con i picchi ed alcune anomalie non sono accompagnate da terremoti;



- E – Arona (località San Carlo): valori più alti in inverno che d'estate; le anomalie non sono seguite da terremoti;
- F – Novara: andamento di scarso interesse.



E' dunque evidente il fatto che non si sono verificate anomalie in tutte le stazioni, ma ciò è probabilmente legato al fatto che non tutti i siti prescelti si trovano direttamente sulla faglia; i pozzetti di Pogno e di Bolzano Novarese, che presentano una maggiore correlazione tra le anomalie di Radon rilevate e gli eventi sismici avvenuti, sono infatti tra quelli posizionati in corrispondenza della faglia.

La stazione di Pogno potrebbe reagire meglio di tutte le altre anche perché situata più ad ovest, direzione verso la quale la Faglia della Cremosina va ad intercettare la Faglia del Canavese, un lineamento tettonico di importanza regionale che fa parte di una delle principali fasce di dislocazione della catena alpina.

Si potrebbero interpretare queste anomalie anche in chiave stagionale, ma la cosa è da escludere in quanto le oscillazioni dovrebbero essere comuni anche alle altre stazioni.

E' da notare come i terremoti avvenuti ad oltre 150-200 km di distanza non hanno portato ad alcuna variazione di segnale ed anche il fatto che i pozzetti siano posizionati su roccia o terra non sembra a prima vista influenzare più di tanto i valori.



Tabelle con i conteggi effettuati per centimetro quadrato

POGNO	
mese	conteggio
lug-02	15000
ago-02	13000
set-02	8750
ott-02	4750
nov-02	2500
dic-02	1750
gen-03	2250
feb-03	1250
mar-03	2250
apr-03	10000
mag-03	8000
giu-03	8750
lug-03	16250
ago-03	11250
set-03	4500
ott-03	500
nov-03	3000
dic-03	750
gen-04	750
feb-04	1500
mar-04	2750
apr-04	4250
mag-04	9250
giu-04	15000
lug-04	14500
ago-04	11250

M. DEL SASSO	
mese	conteggio
lug-02	3000
ago-02	2750
set-02	5250
ott-02	3250
nov-02	1500
dic-02	1750
gen-03	2500
feb-03	2000
mar-03	1750
apr-03	3250
mag-03	1000
giu-03	2500
lug-03	2750
ago-03	3000
set-03	2500
ott-03	2000
nov-03	2500
dic-03	1000
gen-04	3000
feb-04	1250
mar-04	1750
apr-04	1500
mag-04	1500
giu-04	2750
lug-04	2500
ago-04	3000

BOLZANO N.	
mese	conteggio
lug-02	7500
ago-02	8000
set-02	6000
ott-02	3500
nov-02	3000
dic-02	2250
gen-03	1250
feb-03	1500
mar-03	2250
apr-03	3000
mag-03	3500
giu-03	5250
lug-03	6250
ago-03	6250
set-03	3500
ott-03	1750
nov-03	3000
dic-03	2000
gen-04	1250
feb-04	2500
mar-04	2500
apr-04	4250
mag-04	3000
giu-04	6250
lug-04	5500
ago-04	3250

BRIGA N.	
mese	conteggio
lug-02	3000
ago-02	2500
set-02	2250
ott-02	3000
nov-02	2250
dic-02	2500
gen-03	2750
feb-03	2500
mar-03	1750
apr-03	1500
mag-03	750
giu-03	1000
lug-03	1000
ago-03	1250
set-03	750
ott-03	750
nov-03	1750
dic-03	1000
gen-04	750
feb-04	2750
mar-04	1250
apr-04	1250
mag-04	1500
giu-04	1000
lug-04	1750
ago-04	1250

ARONA S.C.	
mese	conteggio
lug-02	7500
ago-02	10750
set-02	4000
ott-02	8500
nov-02	8250
dic-02	8000
gen-03	10750
feb-03	8500
mar-03	3250
apr-03	6000
mag-03	3000
giu-03	5500
lug-03	5000
ago-03	6500
set-03	4000
ott-03	3500
nov-03	10000
dic-03	4500
gen-04	6250
feb-04	8250
mar-04	7500
apr-04	3500
mag-04	2500
giu-04	5750
lug-04	3750
ago-04	4000

NOVARA	
mese	conteggio
lug-02	8750
ago-02	5500
set-02	8250
ott-02	8000
nov-02	6250
dic-02	6500
gen-03	8250
feb-03	5500
mar-03	3750
apr-03	5500
mag-03	2500
giu-03	4250
lug-03	5000
ago-03	4250
set-03	2500
ott-03	5000
nov-03	6250
dic-03	2500
gen-04	3250
feb-04	2500
mar-04	4000
apr-04	
mag-04	3000
giu-04	4000
lug-04	8250
ago-04	5000



CONCLUSIONI

Gli studi sulle emissioni di Radon lungo la Faglia della Cremosina sono iniziati nel luglio 2002 su cinque punti di stazione, oltre a quello ubicato a Novara utilizzato come bianco; da allora sono stati eseguiti rilievi mensili che, a distanza di circa due anni, hanno portato alle prime conclusioni.

Delle cinque stazioni, le uniche due che mostrano oscillazioni con una qual corrispondenza tra anomalie nei valori di Radon e fenomeni sismici effettivamente rilevati sono quelle di Pogno e Bolzano Novarese; per stabilire se si tratta di una reale corrispondenza o se la cosa è imputabile a fattori atmosferici si dovrà proseguire lo studio ancora per parecchi anni, implementando i dati raccolti ricercando anche altri siti significativi lungo la faglia.

A tal proposito si pensa di eliminare i pozzetti non significativi (Madonna del Sasso, Briga Novarese, Arona e Novara) lasciando in posto soltanto quelli di Pogno e Bolzano Novarese; le stazioni eliminate saranno, invece, spostate verso ovest in direzione del Monte Fenera e

della Valsesia, dove verranno ubicate direttamente su faglia.

Nei prossimi mesi saranno effettuati i sopralluoghi atti a definire l'ubicazione delle nuove stazioni da approntare; si cercherà di posizionare i nuovi pozzetti a distanze reciproche inferiori rispetto a quelle attuali, in modo da avere una visione di maggior dettaglio del fenomeno.

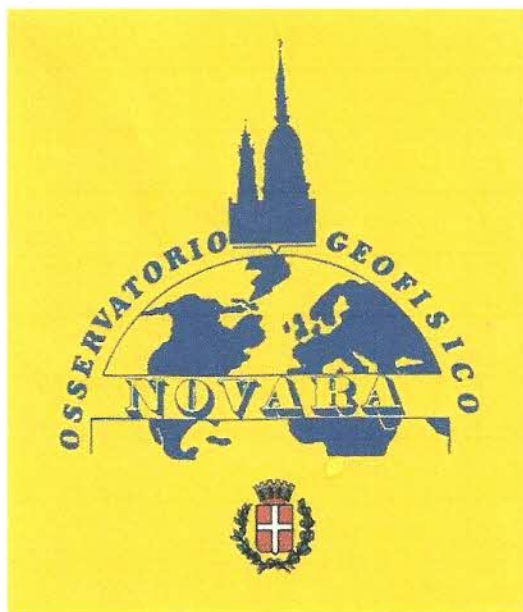
Si ringrazia l'ARPA di Novara , l'ARPA di Ivrea, tutti gli ENTI COMUNALI interessati, il Collegio DE FILIPPI di Arona San Carlo, la Ditta NOVAELETTRIC di Cesara e l'ACQUEDOTTO CONSORTILE di Borgomanero per la disponibilità e la collaborazione .

OSSERVATORIO GEOFISICO DI NOVARA



Dott. Geologo Enrico Baroffio

responsabile : De Antoni Giuseppe
vice responsabile : Barile Giorgio



OSSERVATORIO GEOFISICO DI NOVARA

GAS RADON

Ricerca e sperimentazione





PREFAZIONE

L' osservatorio Geofisico di Novara nasce nel 1980, subito dopo il terremoto dell'Irpinia. Tutto ebbe inizio dall'attività amatoriale di Giuseppe De Antoni che realizzò un rudimentale sismografo avvalendosi di un vecchio cardiografo rottamato. Successivamente, avvalendosi della consulenza telefonica degli esperti dell'Università di Genova, dei ricercatori dell' ING ora INGV di Roma e del supporto tecnico dell'amico Tiziano Milan, poté realizzare uno strumento a tamburo quasi professionale. Ebbe così inizio la collaborazione con l'INGV di Roma inviando i dati sismici rilevati. Non contento, De Antoni pose mano anche alla meteorologia rilevando e raccogliendo dati. Tutto ciò, affinché avesse un senso, implicò l'archiviazione dei medesimi con finalità di studio, ricerca e divulgazione.

Nel 1998 per impedire che la mole di lavoro andasse vanificata, De Antoni, con altri amici che condividevano i suoi interessi, ufficializzarono l'esistenza dell'Osservatorio Geofisico di Novara registrandolo come associazione. Associazione che venne inserita nei ruolini della Protezione Civile Nazionale, Regionale e Provinciale.

Attualmente l'Osservatorio dispone di tre stazioni sismiche (Premia, Monte Mesma e Novara) e una meteorologica. Essendo la *curiosità verso i fenomeni naturali* la molla che anima l'attività dell'Osservatorio, nel corso degli ultimi anni gli orizzonti di ricerca si sono allargati. Attualmente è in corso uno studio sulle emanazioni di Radon di origine geologica. Tale ricerca è svolta in collaborazione con il dipartimento di petrologia e mineralogia dell'Università di Torino.

Il presente fascicolo, oltre a fare il punto sullo stato di avanzamento della ricerca sul Radon, vuole sottolineare l'obiettivo che si intende raggiungere e, perché no, ricordare lo sforzo fatto da alcuni soci in tale attività.

Il Presidente
G. Barile

I dati pubblicati non possono essere utilizzati per fini commerciali. Possono essere usati solo per divulgazione scientifica preliminare citando la fonte. L'Osservatorio Geofisico di Novara non si assume alcuna responsabilita' per l'uso improprio e non inerente allo scopo per il quale i dati e le informazioni riportate sono stati pubblicati.

SINTESI SULLA RICERCA E SPERIMENTAZIONE DI UN NUOVO SENSORE RADON

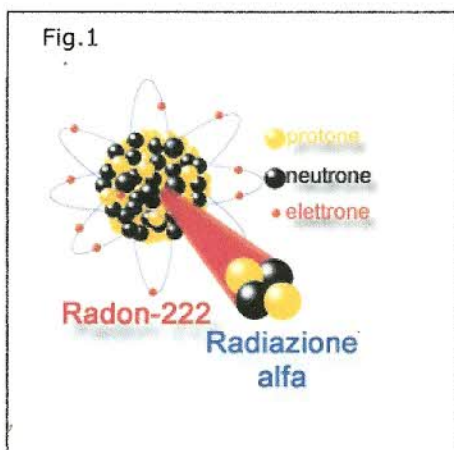
Attività svolta in seno all'Osservatorio Geofisico di Novara



IL RADON

Il Radon è un gas di origine naturale, appartiene alla categoria dei gas nobili, ha una massa atomica di 222 uma, è incolore, inodore ed è radioattivo. Tale gas viene prodotto dal decadimento del Radio che, a sua volta, risulta dal decadimento dell'Uranio.

Il simbolo chimico è ^{222}Rn , ha una vita media di 3,8 giorni (emivita o tempo di dimezzamento), ovvero, statisticamente, se in un determinato volume si trovassero ora 100 atomi di ^{222}Rn , tra 3,8 giorni ne rimarrebbero 50. Il decadimento avviene per



espulsione di una particella alfa (α) (fig. 1) o elione: nucleo dell'atomo di Elio. Tale decadimento trasforma il Radon in Polonio 218 (^{218}Po) che decadendo a sua volta, sempre per espulsione di una particella α , trasmuta in Polonio 214 (^{214}Po) che, successivamente, attraverso una lunga catena di decadimenti diventa Polonio 210 (^{210}Po) molto

pericoloso. Fortunatamente, infine diventa piombo stabile e non più radioattivo.

La presenza del ^{222}Rn nell'aria è da imputare ai minerali di Uranio e Radio contenuti nel suolo, nei cementi, tufi, laterizi, graniti, ecc... .



TABELLA DELLA CATENA DI DECADIMENTO DELL'URANIO

Isotopo	Radiazione	Emivita
Uranio 238	alfa	4.5×10^9 anni
Torio 234	Beta	24.1 giorni
Protoattinio 234	Beta	1.2 minuti
Uranio 234	alfa	2.5×10^5 anni
Torio 230	alfa	7.5×10^4 anni
Radio 226	alfa	1600 anni
Radon 222	alfa	3.8 giorni
Polonio 218	alfa	3 minuti
Piombo 214	beta	27 minuti
Bismuto 214	alfa e beta	20 minuti
Polonio 214	alfa	1.5×10^{-4} secondi
Piombo 210	beta	25 anni
Bismuto 210	beta	5 giorni
Polonio 210	alfa	136 giorni
Piombo 206		Stabile



Cenno sulle radiazioni ionizzanti.

Le radiazioni ionizzanti si distinguono in tre categorie: α alfa, β beta e γ gamma.

Le gamma sono di natura ondulatoria o elettromagnetica come i raggi X. Le beta e le alfa sono corpuscolari. Mentre le beta hanno massa ridotta (sono elettroni), le alfa, in quanto nuclei di atomi di elio, sono più massicce e quindi anche più energetiche. Nonostante ciò, le alfa sono poco penetranti perché interagiscono più facilmente con la materia che attraversano. Nell'aria, la particella alfa percorre circa 5 cm ad una velocità elevatissima (circa $1/3$ di quella della luce) prima di neutralizzarsi catturando due elettroni e trasformarsi così in atomo di Elio (fig.2).

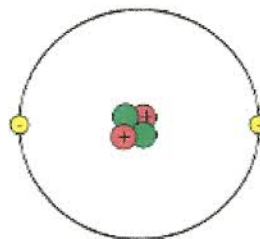


Fig. 2



Il Radon e l'ambiente



La presenza del Radon nell'ambiente è da qualche anno oggetto di monitoraggio da parte delle ARPA Regionali e altri enti in quanto è stato assodato che, superata una certa concentrazione, aumenta la probabilità che si verifichino decadimenti all'interno dei polmoni. Tali trasmutazioni, oltre ai danni diretti sulle cellule, a causa dei raggi alfa, lasciano prodotti di decadimento (metalli pesanti) altamente tossici che si fissano nei tessuti polmonari. In conclusione, il radon ambientale nuoce gravemente alla salute.

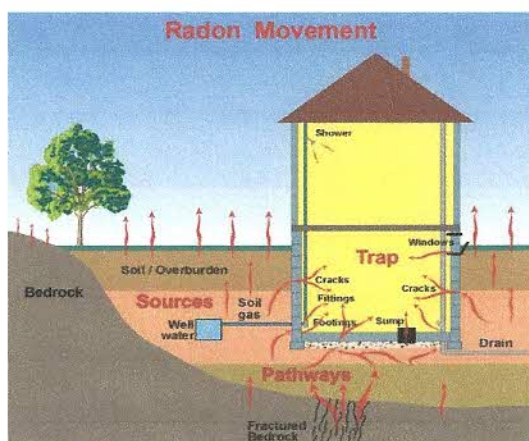


Fig.3



fig.4

Pare che, nella sola Europa, circa 20.000 persone ogni anno si ammaliano di patologie gravi ai polmoni (cancro) per aver soggiornato per lunghi periodi di tempo in ambienti con alta concentrazione di Radon. Bisognerebbe provvedere a bonificare in modo adeguato gli ambienti, dove si vive e lavora, mediante ventilazione o altri sistemi onde ridurre la concentrazione di Radon entro i limiti previsti dalla legge.



Esempio di come il Radon entra in una abitazione



casa bonificata



Radon e terremoti

Dopo il disastroso terremoto a L'Aquila, su giornali e tv si scatenò una bagarre tra sostenitori e detrattori della possibilità o meno di prevedere eventi sismici con ragionevole anticipo. In particolare, si seppe che una stazione di rilevamento locale aveva registrato una variazione significativa nella concentrazione del Radon ma nessuno ne tenne conto. Che il ^{222}Rn sia un probabile precursore di eventi sismici, lo si sapeva da anni. A tale proposito esiste una nutrita documentazione.

In breve, il meccanismo geologico che libera il Radon dal sottosuolo, prima di un evento sismico, si presume correlato alla deformazione della crosta terrestre imputabile ad accumulo di energia elastica dovuta al movimento delle placche tettoniche. (fig. 5,6). Lo schema C rappresenta la situazione dopo la frattura.

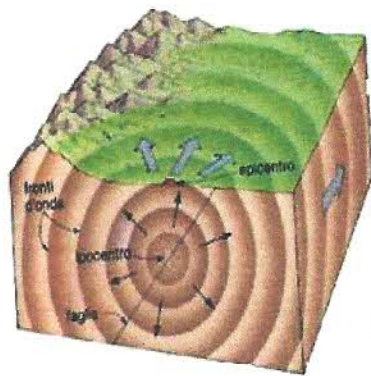


Fig. 5

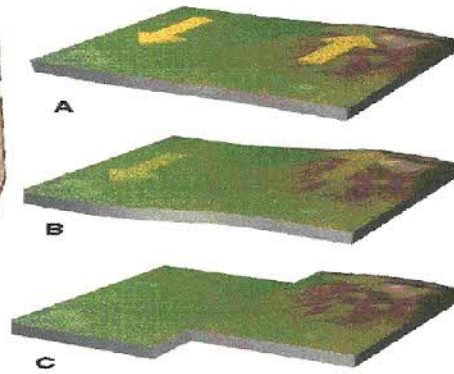
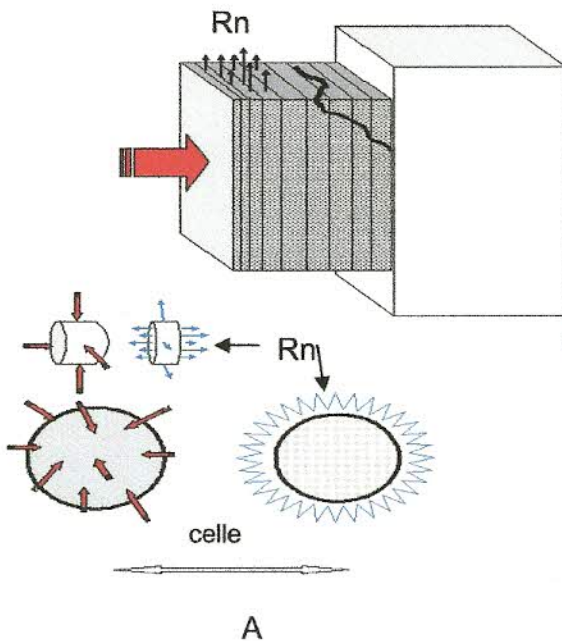
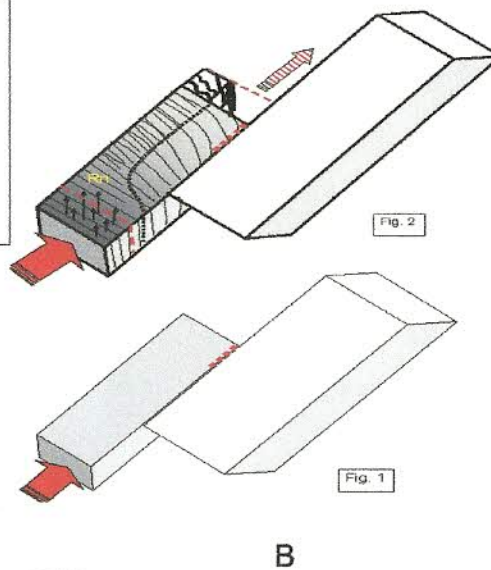


fig. 6



A



B



Le deformazioni tettoniche producono nelle rocce delle microfratture che vanno ad interessare le celle (piccoli spazi vuoti nelle rocce) che fungono da serbatoi del Radon generato dal decadimento dei radionuclidi presenti sulla superficie interna delle celle stesse (disegni A e B). In particolare, poi, il radon viene veicolato verso la superficie del suolo dall'Anidride Carbonica (CO₂) di origine geologica.



Purtroppo, per il momento, il Radon come precursore di terremoti non è ritenuto sufficientemente affidabile poiché le condizioni climatiche e meteorologiche influiscono, e non poco, sul flusso del gas verso la superficie e dunque sulla sua concentrazione nel suolo a piccole profondità.

Per un serio studio sulla fattibilità della previsione dei terremoti occorrerebbe disporre di una estesa rete di rilevamento sul territorio. Solo così si potrebbe effettuare un sistematico confronto dei dati. Non solo, sarebbe auspicabile poterli correlare anche con altri parametri, ad esempio rilievi meteo locali, geochimici, geoelettrici, clinometrici e così via.

Per realizzare concretamente una siffatta rete capillare di rilevamento, occorre un impegno finanziario non indifferente dato il notevole costo delle apparecchiature e relativa gestione.

PROGETTO RADON

Nel 2003 alcuni tecnici dell'osservatorio Geofisico di Novara diedero vita ad un importante progetto denominato "progetto Radon".

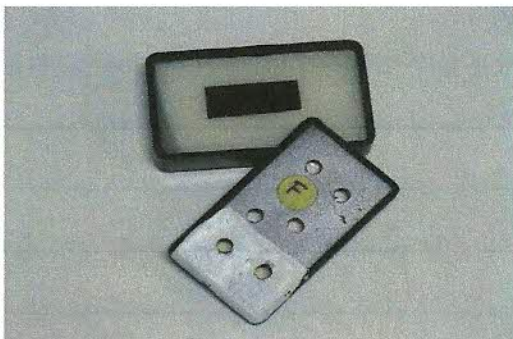


Fig.7



fig.8



Iniziarono col rilevare la presenza del gas facendo uso di apposite pellicole (LR115) (fig.7) in grado di impressionare le tracce lasciate dalle particelle alfa espulse dai nuclei degli atomi di Radon (fig 8). Le pellicole venivano alloggiate in appositi pozzetti (cinque in tutto) posti in siti prescelti lungo la linea tettonica della Cremosina (fig.9,10).



Fig.9

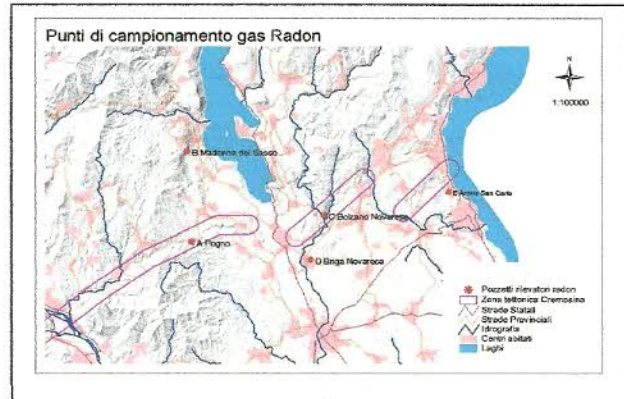


fig.10

Tale rilevamento continuò per alcuni anni. Il metodo implicava un notevole dispendio di tempo ed energie: spostamenti per la posa e il recupero delle pellicole, lo sviluppo delle medesime in laboratorio ed infine il conteggio statistico delle tracce rilevate (puntini chiari fig. 8). L'impresa fu quindi abbandonata. Occorreva trovare la maniera di acquisire i dati in modo automatico mediante apparecchiature elettroniche che fossero anche in grado di inviarli al centro di raccolta per via telematica. Siccome l'Osservatorio Geofisico di Novara non disponeva di sufficienti finanziamenti per l'acquisto delle apparecchiature, l'allora responsabile Giuseppe De Antoni e il socio Tiziano Milan, (entrambi membri fondatori dell'Osservatorio) si documentarono sul processo di decadimento del Radon e relative apparecchiature di rilevamento. I sensori Radon, di tipo commerciale, sono sostanzialmente di tre tipologie:

1) Sensore a camera di ionizzazione, simile ma non uguale al contatore Geiger. La tensione di lavoro è poco adatta per strumenti destinati alla posa in pozzetti umidi e per periodi di diversi anni.



2) Sensore a foto-moltiplicatore che registra il debolissimo lampo di luce emesso dal solfuro di zinco colpito dalle particelle alfa. È molto delicato e con tensione di funzionamento ancora maggiore del precedente.

3) Sensore di ultima generazione a semiconduttore, sostanzialmente un diodo planare, a grande superficie di captazione, che entra in conduzione quando la giunzione viene colpita dalle particelle alfa. Sono meccanicamente robusti ma inadatti alla posa in luoghi umidi per lunghi periodi di tempo.

De Antoni e Milan, lavorando in laboratorio (la cantina di casa) realizzarono prototipi di ciascuno dei tre tipi. Inutile dire che si servirono di componentistica di recupero. Ma nessuno dei facsimili degli strumenti sopra descritti faceva al caso loro. Decisero così di tentare una nuova via. Seguì una serie lunghissima di esperimenti. Il risultato finale della ricerca, grazie anche a circostanze fortunate, fu l'ideazione e la realizzazione di un prototipo di rilevatore di nuova concezione e bassissimo costo. Basti pensare che lo strumento fu realizzato sfruttando componenti elettronici acquistati in negozi di componenti per hobbysti.

IL NUOVO SENSORE

Lo strumento, (vedi fig. 9), sfrutta un fenomeno fisico molto semplice. Gli sperimentatori scoprirono, quasi casualmente, che anche *una sola particella alfa*, che attraversi lo spazio tra due armature di un *condensatore in aria*, è in grado di perturbarne il campo elettrico, quel tanto che basta ad essere rivelato da un circuito elettronico. Nello specifico, l'aria che veicola il Radon si diffonde all'interno del condensatore attraverso dei fori simili a quelli dell'imbuto della moka. Non serve neppure una tensione elevata di funzionamento, che è di soli 6 volt. Altra caratteristica importante è che lo strumento non risente di alcun disturbo elettromagnetico e non soffre gli sbalzi di temperatura. Naturalmente, prima di essere messo a dimora nel pozzetto lo si deve proteggere dall'umidità chiudendolo in un



normale sacchetto di polietilene per alimenti. Il Radon diffonde attraverso il polietilene come la farina attraverso un setaccio.

Gli ideatori, orgogliosi della loro creatura, la battezzarono: *sensore a deformazione di campo*.

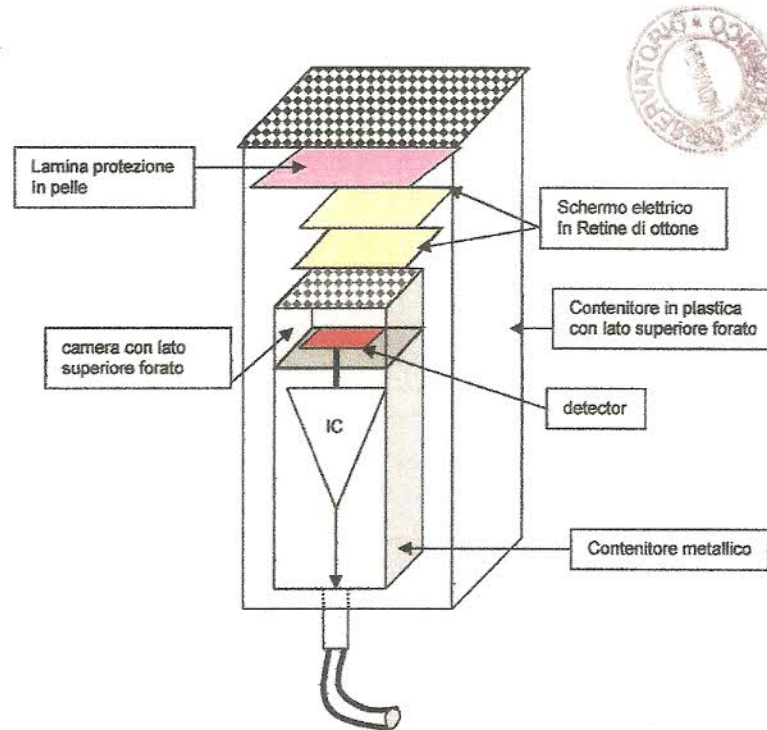
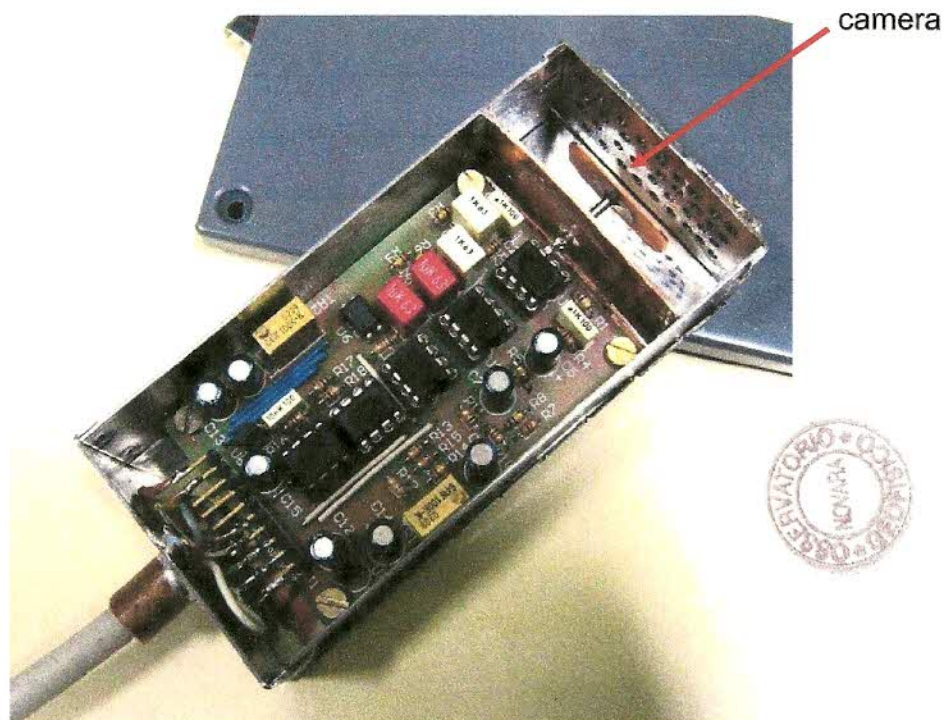
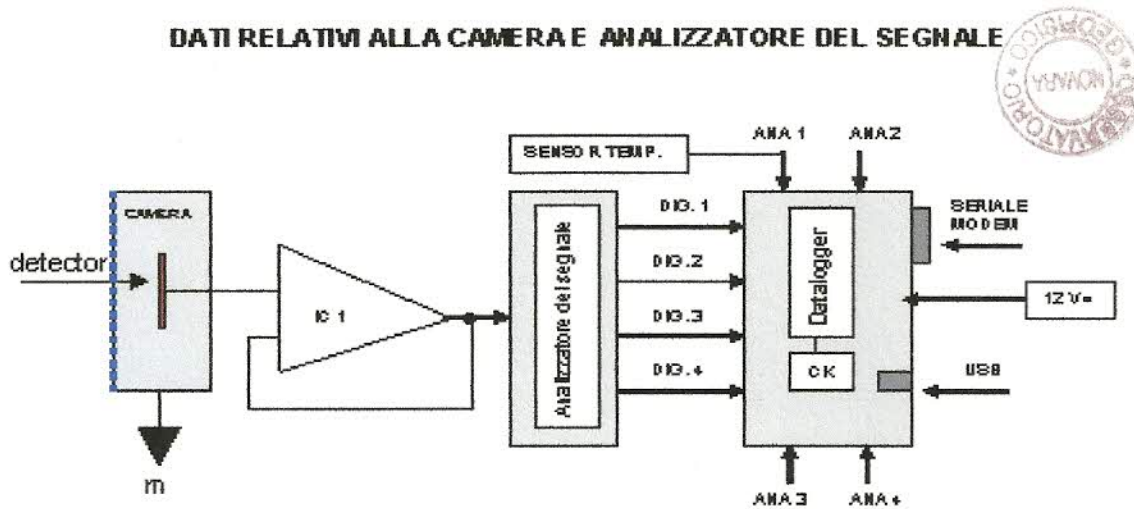


Fig. 9



ALTRI DETTAGLI TECNICI

Gli impulsi, derivanti dalle *perturbazioni* elettriche sopra menzionate, vengono amplificati e trattati in modo da poterli separare dal rumore di fondo. Successivamente sono inviati ad un circuito analizzatore capace di discriminarli a secondo della loro ampiezza (*valore correlato all'energia che li ha generati*). Gli impulsi così discriminati vengono successivamente acquisiti da un datalogger che provvede al loro conteggio e memorizzazione. Il datalogger (*personalizzato*) è stato progettato e realizzato da Mattia Garavaglia, titolare della ditta Elettrobyt, al quale va un sentito ringraziamento.



I TEST

Come sorgente Radon per i test di funzionamento è stato usato un minerale di Uranio: la *Torbernite*. Un sasso grande quanto un uovo. Tale Minerale è stato acquistato in un negozio montano di souvenir. La figura 11 mostra l'allestimento delle apparecchiature. Nel contenitore grande, in acciaio, è alloggiato il minerale. Il gas Radon emesso diffonde attraverso un tubo e relativi rubinetti fino ad una camera di raccolta piccola, sempre in acciaio, dove viene introdotto il sensore. Si è voluto in questo modo separare lo strumento dalla sorgente per evitare eventuali disturbi indotti dall'esposizione diretta alla



radioattività del minerale. Nella figura sono altresì visibili l'oscilloscopio e la valigia contenente alimentatore e datalogger.



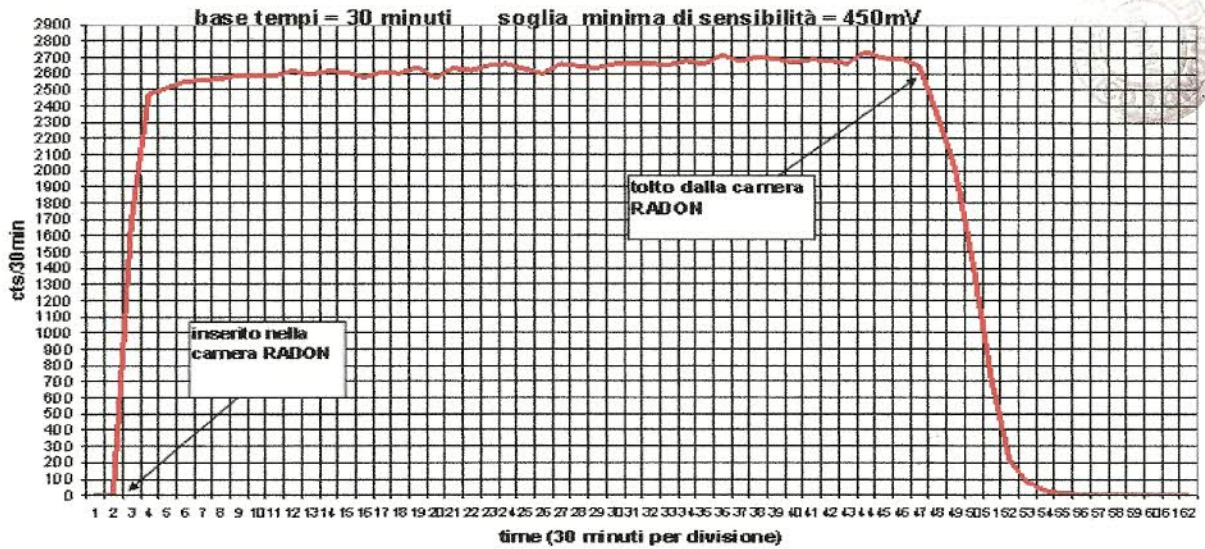
Fig. 11

Comunque, ulteriori prove effettuate con il sensore vicino alla sorgente non hanno evidenziato i temuti disturbi.

Il grafico riportato sotto rappresenta la curva di risposta del sensore con una base tempi di conteggio di 30 minuti. Si osservi che dopo circa 6 ore si raggiunge la saturazione che viene mantenuta abbastanza stabilmente fin tanto che il sensore non viene tolto dalla camera Radon. Volendo si può valutare anche il tempo necessario per lo svuotamento della camera del sensore.



Risposta del sensore Radon



Oltre al ^{222}Rn esiste pure il ^{220}Rn presente nella catena di decadimento del Torio. Come sorgente sono state utilizzate delle vecchie reticelle per lampade a gas da campeggio. Tali reticelle, nel passato ma oggi non più, venivano trattate appunto con il Torio. Ebbene lo strumento ha funzionato benissimo anche con il ^{220}Rn .

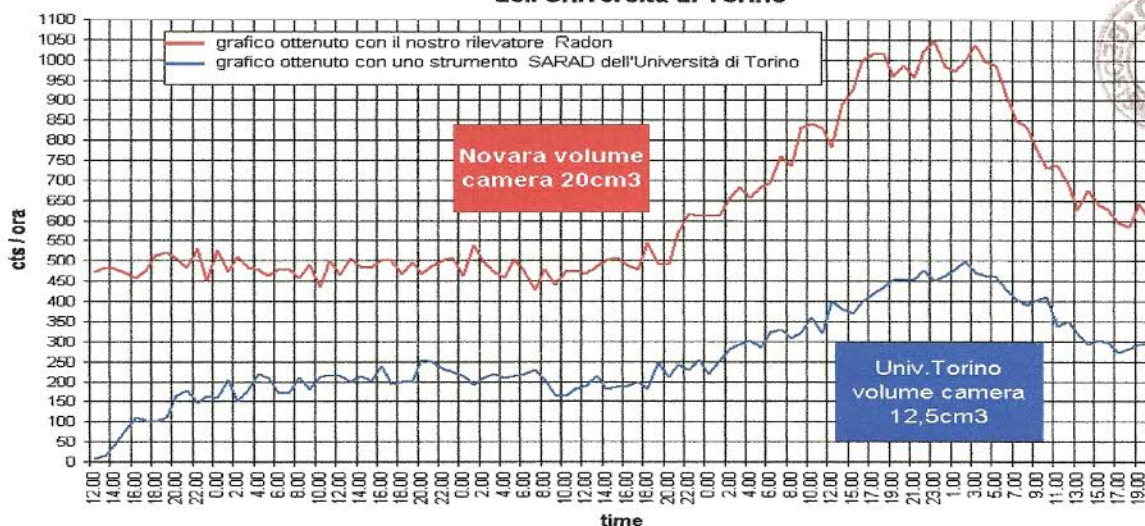
Ulteriori prove di verifica sono state effettuate sul campo, ovvero in un pozzetto realizzato nel cortile dell'Assessorato all'Ambiente del Comune di Novara. Al sensore da testare è stato affiancato il SARAD (rilevatore Radon professionale) gentilmente messo a disposizione dal gruppo di ricerca del dipartimento di petrologia dell'Università di Torino.



Rilevatore Radon SARAD

Tali test, come mostra il grafico seguente, hanno confermato l'affidabilità del rilevatore Radon realizzato in proprio dai tecnici dell'Osservatorio Geofisico di Novara.

Prova eseguita mettendo nello stesso pozzetto il nostro apparecchio e quello dell'Università di Torino



La diversità nei conteggi è dovuta semplicemente al fatto che il volume delle camere di acquisizione dei sensori è differente: 20 cm³ in un caso e 12,5 cm³ nell'altro.

Non contenti, gli sperimentatori, nel frattempo diventati tre con Claudio Santini, New entry, misero a punto un secondo modello di sensore con camera a volume variabile e speciali aperture (forellini laterali) per l'iniezione di raggi alfa dall'esterno. Come *iniettore alfa direzionale* fu utilizzato l'Americio reperito smontando un vecchio sensore di fumo per antincendio.

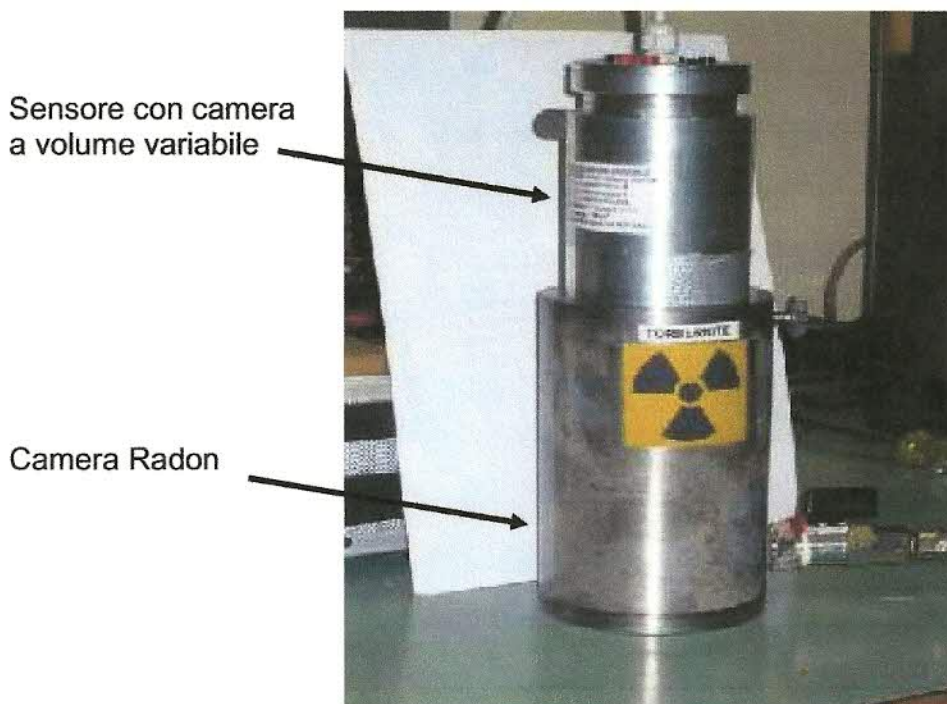


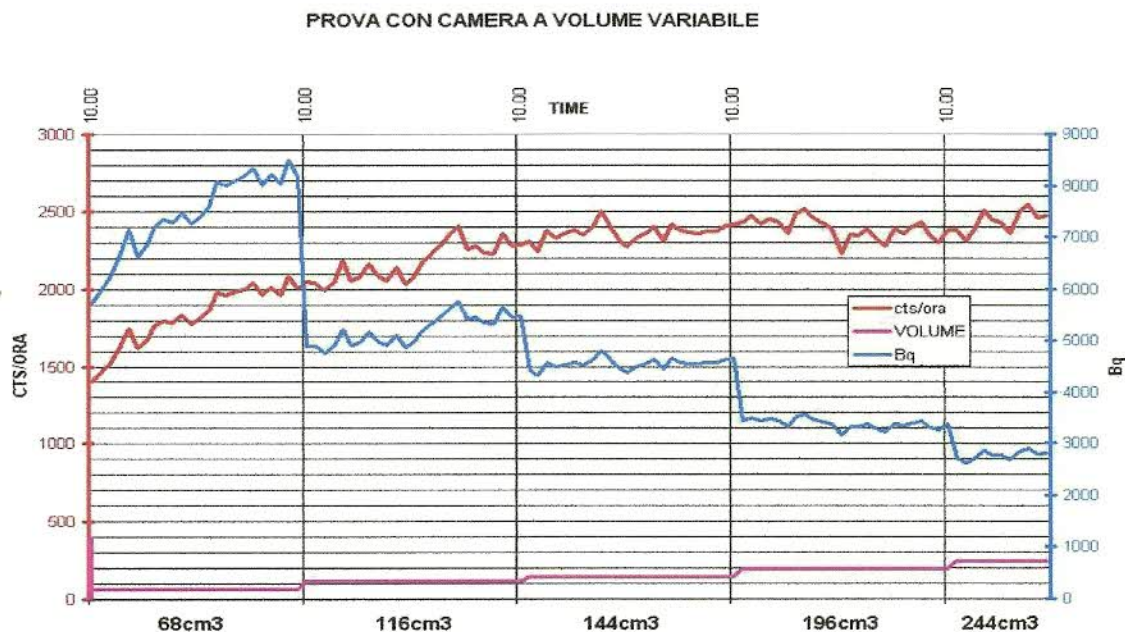
Fig. 12



Costatarono così che non occorre che il raggio alfa colpisca direttamente l'armatura interna (detector) del sensore. Inoltre, variando il volume della camera, e mantenendo costanti tutti gli altri parametri, osservarono che esiste un volume ideale che massimizza la sensibilità dello strumento. Vedere grafico sotto, sul quale sono riportati i conteggi orari (cts/h) il volume (cm³) e i Becquerel (Bq)/m³ che è l'unità di misura dell'attività radioattiva.

Il grafico evidenzia che il volume ideale di lavoro del sensore è compreso tra i 60 e i 70 cm³.

Altri esperimenti di laboratorio sono in fase di progetto per capire come il gas Radon si diffonde in aria e altri materiali (argilla, sabbia, acqua, ecc...).



OBIETTIVO FINALE

Al momento della stesura del presente documento informativo, si segnala che la rete di rilevamento radon consta già di due stazioni automatiche e due a scaricamento dati manuale. Quelle automatiche si trovano una presso il Comune di Gozzano e una

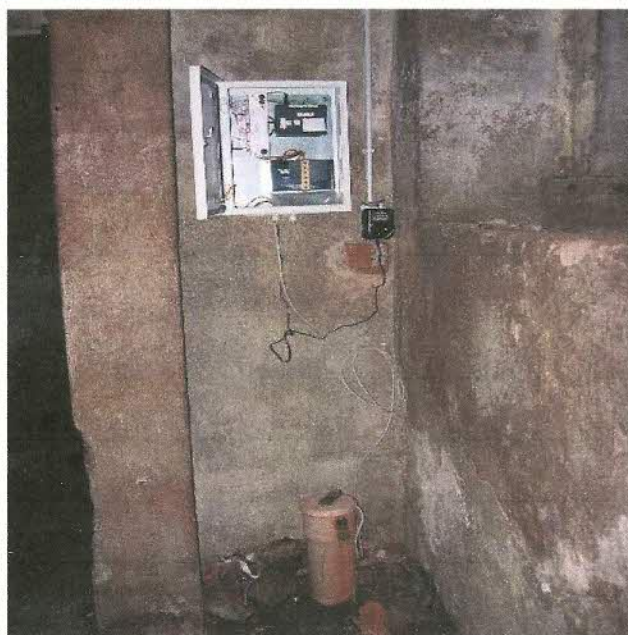


presso il Comune di Pogno che gentilmente hanno messo a disposizione oltre al locale anche il collegamento elettrico e telefonico. Le stazioni a scaricamento manuale sono in funzione, da circa un anno, presso la sede dell'Assessorato all'Ambiente del Comune di Novara e presso l'abitazione di De Antoni per testarne l'affidabilità.

Stazione di Pogno in fase di installazione



stazione di Novara



Stazione di Gozzano

Altre due stazioni automatiche di rilevamento sperimentale saranno realizzate prossimamente grazie al contributo concesso dalla Regione Piemonte. Verranno installate in siti prescelti con la consulenza dei ricercatori dell'Università di Torino dipartimento di Petrologia in quanto, loro, da anni si occupano di ricerche analoghe sul vulcano Stromboli.

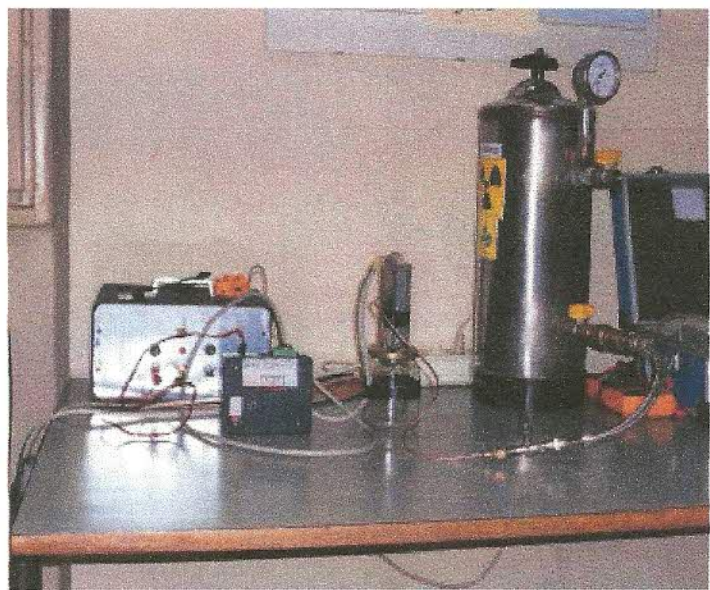
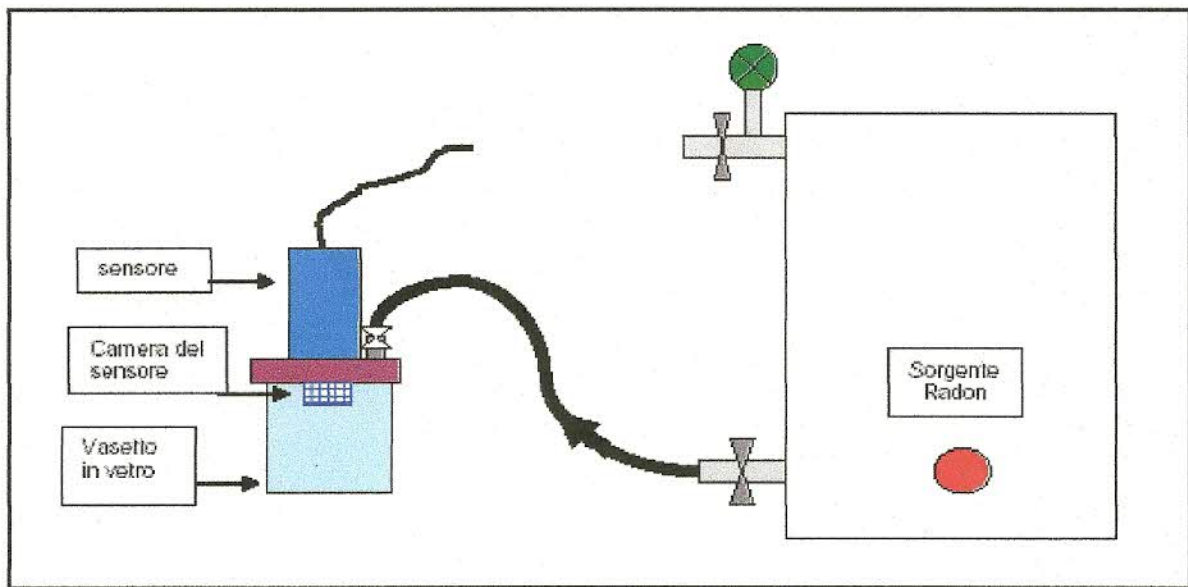


CONFRONTO TRA CURVA TEORICA E SPERIMENTALE DI DECADIMENTO DEL Rn^{222}



Visto e considerato che il nostro sensore Radon a perturbazione di campo non è mai stato testato in una "vera" camera radon, abbiamo pensato di allestire un esperimento per verificare che i decadimenti da esso rilevati fossero proprio quelli del Rn^{222} . L'idea è stata di registrare la curva di decadimento di una certa quantità di gas (*presunto radon*) all'interno di un contenitore a tenuta stagna e confrontarla con la curva teorica di decadimento del Rn^{222} , che evidenzia un caratteristico tempo di dimezzamento di 3,82 giorni.

Allo scopo, abbiamo utilizzato un vasetto in vetro (*ex contenitore di miele*) del volume di 375cm^3 . La camera di captazione del sensore ($23,5\text{cm}^3$) è stata fissata all'interno del coperchio, mentre l'elettronica dello strumento all'esterno. (vedi schema). Sempre sul coperchio, è stato saldato un tubicino di rame con relativo rubinetto.





Fasi dell'esperimento

- 1) Creato una leggera depressione nel vasetto e chiuso il rubinetto.
- 2) Messo in pressione (40mBar) il serbatoio contenente la sorgente radon, e poi chiuso il suo rubinetto.
- 3) Connesso i due rubinetti, sopra menzionati, mediante un tubo.
- 4) Aperto contemporaneamente i due rubinetti, e atteso qualche minuto per dare il tempo al radon del serbatoio di fluire nel vasetto.
- 5) Chiuso i rubinetti e sconnesso il tubo di collegamento tra vasetto e contenitore sorgente.
- 6) Dato il via al conteggio dei decadimenti e relativa registrazione mediante datalogger.

Parametri di registrazione

Base tempi: 30 min; durata registrazione 13g 7h 30m.

Calcolo della curva teorica

Come attività iniziale, all'interno della camera di captazione, abbiamo assunto il valore di 1620cts/30min che è la media dei conteggi nelle prime 4 ore di registrazione. Il tempo di dimezzamento, *con unità temporale di 30 minuti*, risulta $3,82g * 48 = 183,36$. Ne discende che la costante di decadimento è: $\text{Ln}(2)/183,36 = 0,00378$. Il numero teorico di atomi presenti inizialmente nella camera di captazione risulta $N(0) = 1620/0,00378 = 428542$.

Dati gli assunti precedenti la curva teorica di decadimento la si ricava dalla nota formula

$$N(t) = N(0) * e^{-0,00378 * t}$$

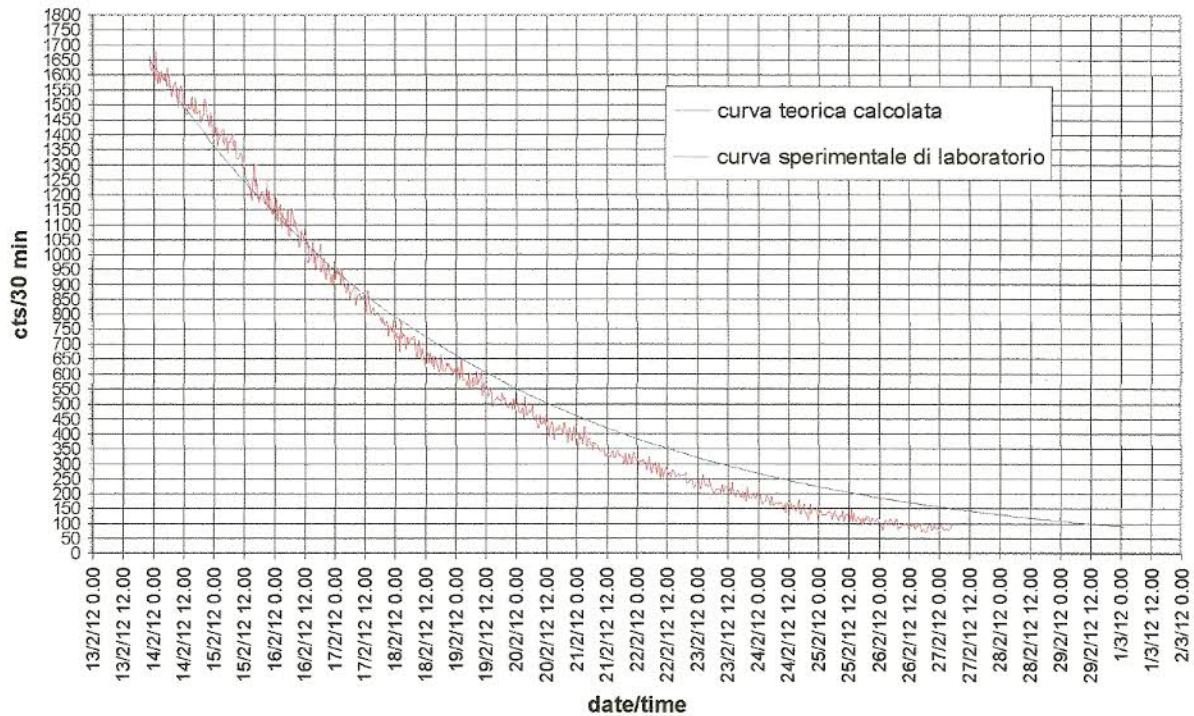
$N(t)$ rappresenta il numero di atomi di radon ancora non decaduti al tempo t . Dunque, l'attività registrata dal sensore al tempo t sarà data dalla differenza $N(t-1) - N(t)$.

Il confronto tra l'attività realmente registrata e quella teorica è riportata nel grafico seguente





CURVA DI DECADIMENTO DEL RADON



Conclusioni

Le due curve si sovrappongono abbastanza fedelmente. L'errore medio è circa il 10%, perfettamente compatibile con le tolleranze intrinseche dell'esperimento. Tra l'altro si noti che, in realtà, la camera di captazione rileva anche il decadimento dei "figli" del Rn^{222} . Tali radionuclidi, comunque, hanno un tempo di emivita dell'ordine dei minuti e quindi non influiscono sostanzialmente sul tempo di dimezzamento complessivo dell'attività registrata.

In un futuro esperimento, *fattibilità permettendo*, tenteremo di ricavare lo spettro energetico degli impulsi provenienti dalla camera di captazione. Potremo in tal modo escludere l'attività dei figli del radon e risalire all'effettivo valore in Bq/m^3 del solo Rn^{222} .



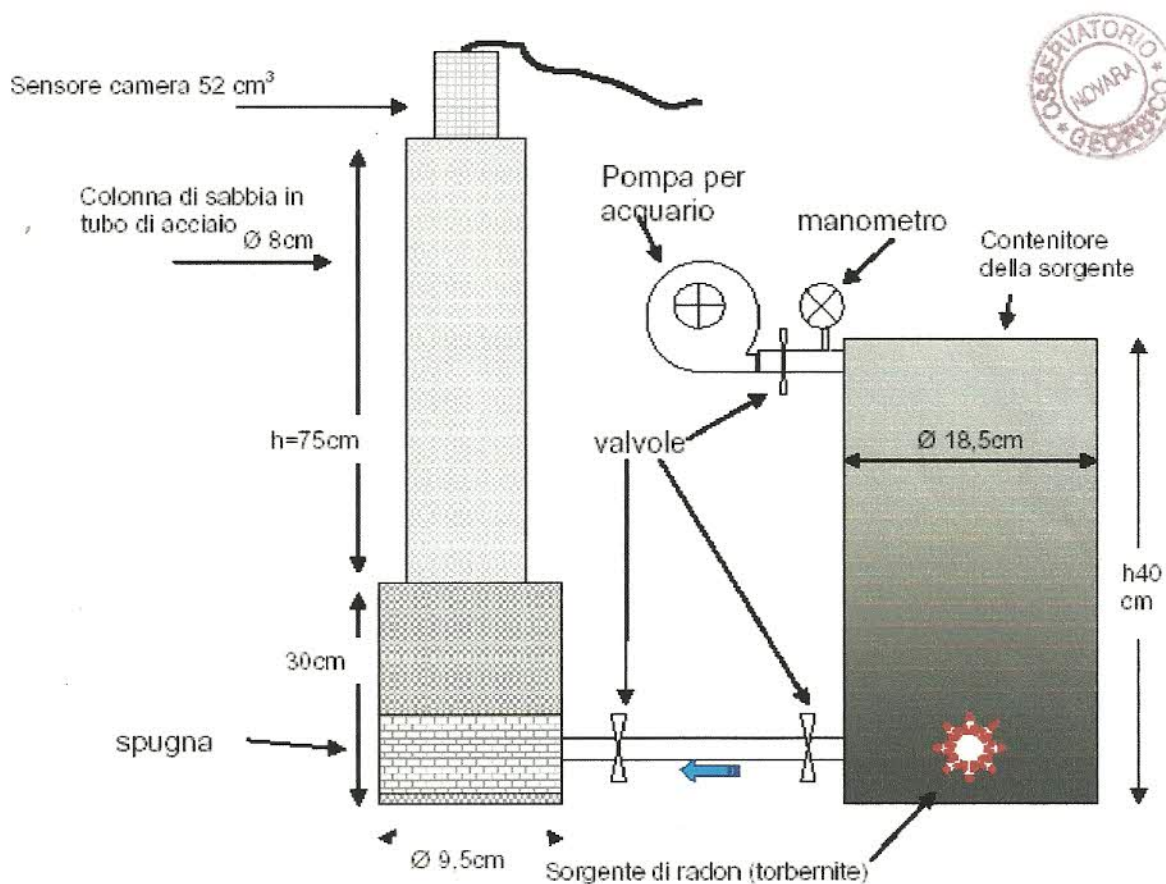
Osservatorio Geofisico di Novara

SBUFFI DI RADON

ESPERIMENTO IN LABORATORIO

Lo scopo dell'esperimento è la comprensione della dinamica degli sbuffi di Radon registrati nei pozzetti di rilevamento installati dall'Osservatorio Geofisico di Novara in alcune località della provincia attraverso una simulazione di laboratorio. L'ipotesi che sta alla base dell'esperimento è che il Radon rilevato al suolo vi giunga trasportato da altri gas (gas naturali) che dal profondo del sottosuolo esalano verso la superficie.

Lo schema seguente illustra con sufficiente chiarezza l'ipotesi che si intende verificare.



Considerazioni preliminari e parametri dell'esperimento

L'attività **A** del minerale usato è stata determinata inserendo un campione di **torbernite** in un contenitore cilindrico ($\varnothing=24\text{cm}$ $H=18\text{cm}$) contenente un sensore volumetrico ($V=20\text{cm}^3$). Si è poi atteso che i conteggi/ora raggiungessero la saturazione e si stabilizzassero. In tale condizione il numero di decadimenti registrato (4900 e/h) pareggiava il numero di atomi di Radon prodotti per effetto dell'attività del minerale. Il dato sopra riportato riguardava il solo volume di captazione dello strumento (20cm^3) e per la durata di un'ora. Dunque, essendo il volume del contenitore pari a 8139cm^3 ...

$A = (4900 \cdot 8139) / (3600 \cdot 20) = 554\text{Bq}$ (atomi di radon emanati dal minerale ad ogni secondo) ovvero, 33240 al minuto

Come unità di tempo per le rilevazioni dei conteggi nell'esperimento è stato scelto il minuto. Tale unità è sufficientemente piccola, rispetto al tempo di dimezzamento del Radon (3,8g) da poterla considerare un **dt** cioè un infinitesimo. Tale scelta permise inoltre di introdurre alcune semplificazioni nell'analisi dello sviluppo temporale del fenomeno. Infatti è plausibile pensare che, nell'intervallo di tempo di un minuto, la concentrazione del radon, sul fondo del contenitore in prossimità della valvola di uscita, non fosse influenzata dall'effetto di **diluizione** dovuta al **debolissimo** flusso di aria iniettato dalla pompa dall'alto. In sostanza si è immaginato che il fenomeno procedesse per steps.

L'aria veicolo del Radon, prima di raggiungere il sensore volumetrico (52cm^3) doveva diffondersi lungo una colonna di sabbia (vedi figura) che ne impediva il rimescolamento vorticoso. In buona sostanza ciò che venne registrato dal sensore, anche se con un ritardo temporale, fu l'andamento, minuto dopo minuto, della crescente concentrazione del Radon nella colonna di sabbia.



$$3,8 \times 24 = 91,2 = 0,007600998$$



Descrizione numerica dell'esperimento

La costante di decadimento del Radon, relativa all'unità di tempo in minuti, è data dalla relazione:

$$(0,5 \cdot 24 \cdot 60) = 0,000962704$$

$$K = \ln(2)/t_{1/2} = 0,69314718 / (3,8 \cdot 24 \cdot 60) = 0,0001266716339$$

Tale costante rappresenta la probabilità che ha un atomo di Radon di decadere nel minuto successivo in cui viene preso in considerazione.

Altri simboli e costanti

t = istante di tempo espresso in minuti dall'inizio esperimento.

$t+1$ = istante di tempo successivo a t , cioè un minuto dopo.

$N(t)$ = numero di atomi di Radon presenti nel serbatoio all'istante t .

$N(t+1)$ = numero di atomi di Radon presenti nel serbatoio all'istante $t+1$.

$K \cdot N(t)$ = numero di atomi che decadranno nel minuto successivo a t .

$V = 10747 \text{ cm}^3$ volume del serbatoio con minerale.

$N(t)/V$ = concentrazione di Radon nel serbatoio all'istante t . (atomi/cm³)

$\emptyset = \text{cm}^3/\text{minuto}$ flusso aria immesso dalla pompa.

$N(t)/V \cdot \emptyset$ = numero di atomi di Radon asportati dal flusso di aria \emptyset .

$A = 33240$ numero di atomi emanati dal minerale in ogni minuto.

Nota il numero di atomi di Radon presente nel serbatoio con minerale al tempo t , è possibile calcolare il numero di atomi presenti nello stesso serbatoio al tempo $t+1$ con il calcolo seguente:

$$N(t+1) = N(t) + A - K \cdot N(t) - N(t)/V \cdot \emptyset$$

La concentrazione di Radon sul fondo del serbatoio all'istante t è data dalla relazione:

$$C(t) = N(t)/V$$

Un flusso d'aria di intensità \emptyset con concentrazione di Radon $C(t)$ passa dal serbatoio alla colonna contenente sabbia. Tale travaso ha come conseguenza l'arricchimento della concentrazione di Radon nella colonna e il relativo impoverimento nel serbatoio.





Ecco ciò che avviene nella colonna e in particolare sulla sua sommità dove sta il sensore, anche se con qualche minuto di ritardo...

Altri simboli e costanti:

$N_c(t)$ = numero di atomi di Radon presenti nella colonna all'istante t .

$N_c(t+1)$ = numero di atomi di Radon presenti nella colonna all'istante $t+1$.

$K \cdot N_c(t)$ = numero di atomi che decadranno nel minuto successivo a t .

$V_c = 5893$ cm³ volume della colonna

$N_c(t)/V$ = concentrazione di Radon nel serbatoio all'istante t . (atomi/cm³)

$\emptyset = \text{cm}^3/\text{minuto}$ flusso aria pompa.

$C(t) \cdot \emptyset$ = apporto di atomi alla base della colonna

$N_c(t)/V \cdot \emptyset$ = atomi di Radon dispersi dal flusso di aria \emptyset alla sommità.

$cts_{(t=0)}$ numero di conteggi/min prima dell'azionamento pompa.

$V_s = 52$ cm³ volume camera del sensore.

$S\%$ = percentuale in volume della sabbia presente in colonna.

V_{Ceff} = volume effettivo di aria nella colonna (tolto il volume della sabbia)

Nota il numero di atomi di Radon presente nella colonna con sabbia al tempo t , è possibile calcolare il numero di atomi presenti nella stessa al tempo $t+1$ con il calcolo seguente:

$$N_c(t+1) = N_c(t) + c(t) \cdot \emptyset - K \cdot N_c(t) - N_c(t)/V_{\text{Ceff}} \cdot \emptyset$$

Prima di procedere alla simulazione numerica dell'esperimento, occorre determinare il numero iniziale di atomi di Radon presenti sia nel serbatoio che nella colonna, in condizione di equilibrio e prima dell'azionamento della pompa.

Per quanto riguarda il serbatoio, la condizione di equilibrio è espressa dall'equazione:

$$K \cdot N_{(t=0)} = A$$

$$0.00011266716339 \cdot N_{(t=0)} = 33240$$

$$N_{(t=0)} = 262412075$$





Invece, il numero di atomi presenti nella colonna, prima dell'azionamento della pompa, è calcolabile dal numero di conteggi/min del sensore.

$$N_{c(t=0)} = (cts_{(t=0)} / Vs * V_{Ceff}) / K$$

Per finire, la formula successiva permette il calcolo dei conteggi espressi dal sensore ad ogni stante t:

$$cts(t) = N_c(t) / V_{Ceff} * Vs * K$$

Essendo le formule illustrate, di tipo ricorsivo, per visualizzare l'evoluzione temporale del fenomeno, ben si presta l'utilizzo di un foglio elettronico.

BUON DIVERTIMENTO !!!

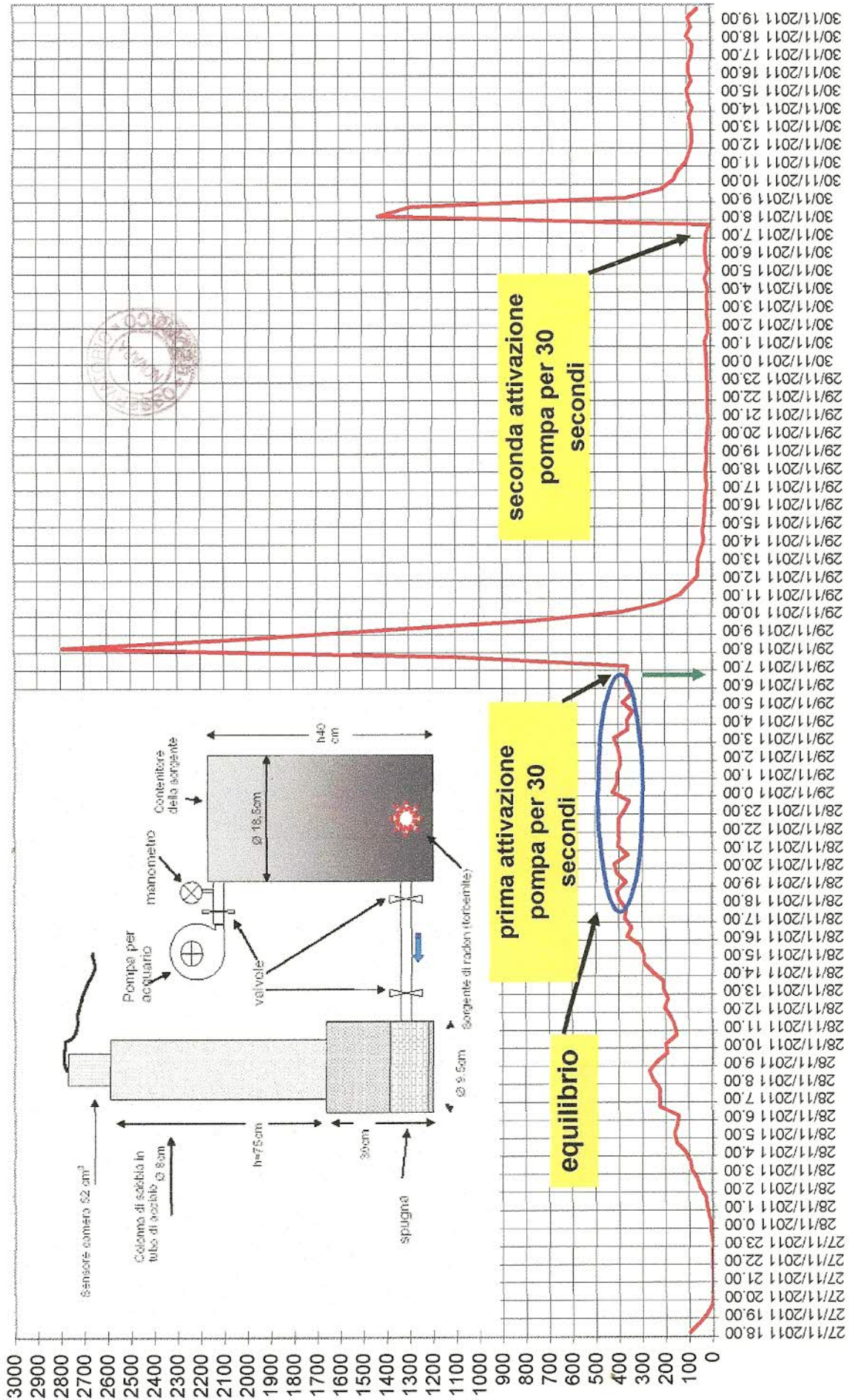
Autori dell'esperimento:

Giuseppe De Antoni
Tiziano Milan
Claudio Santini

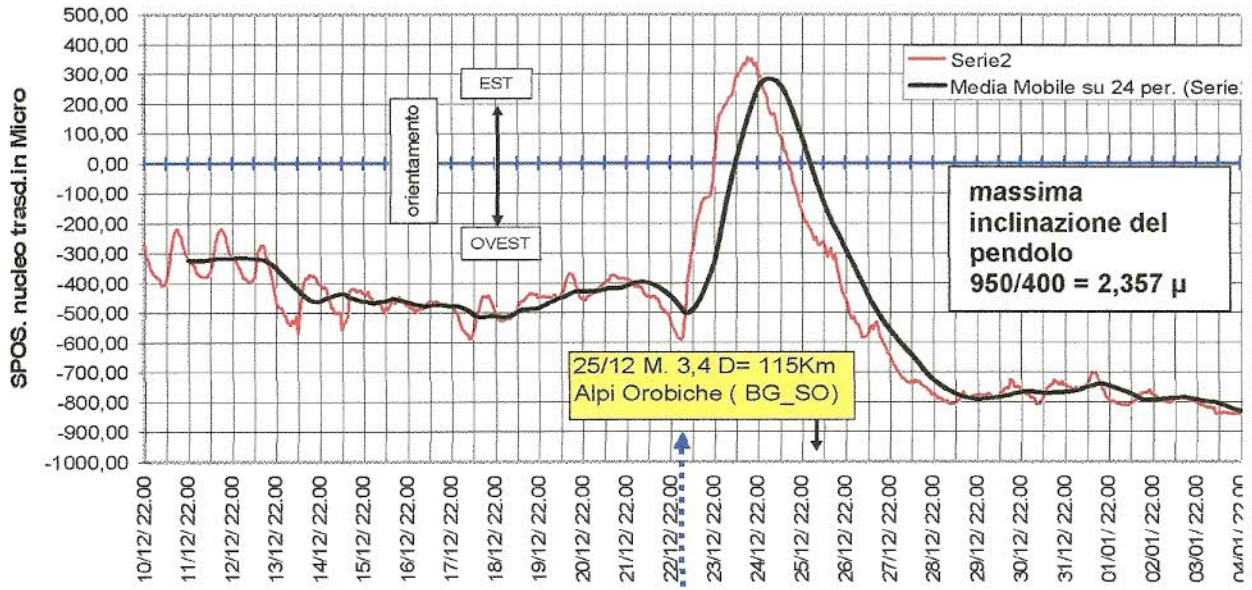


Novara 24/12/2011

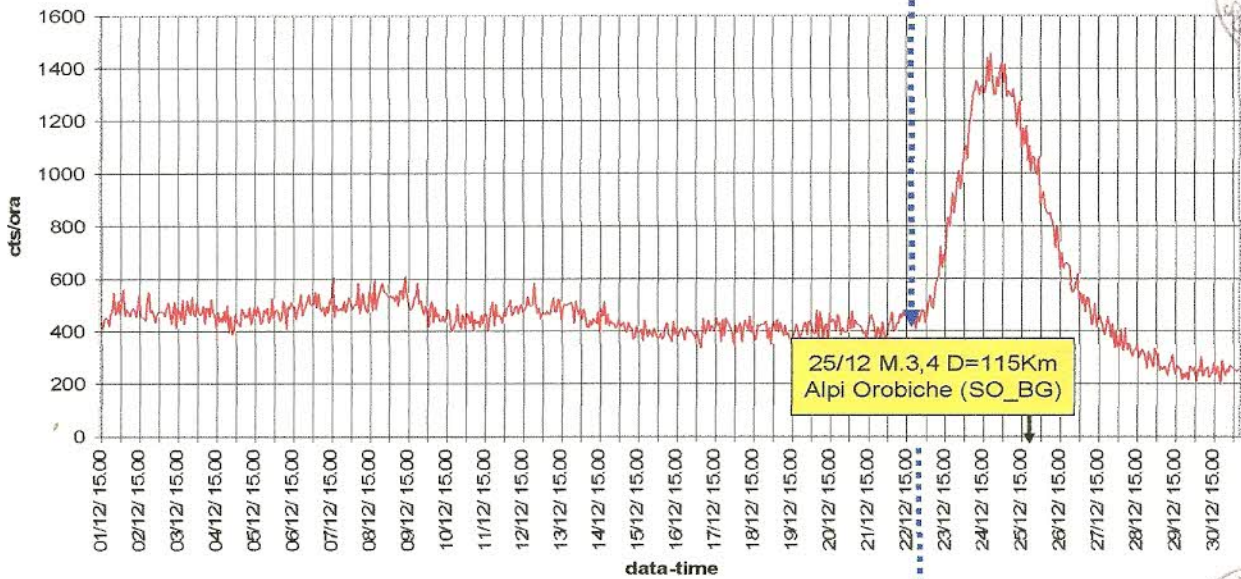
Grafico1



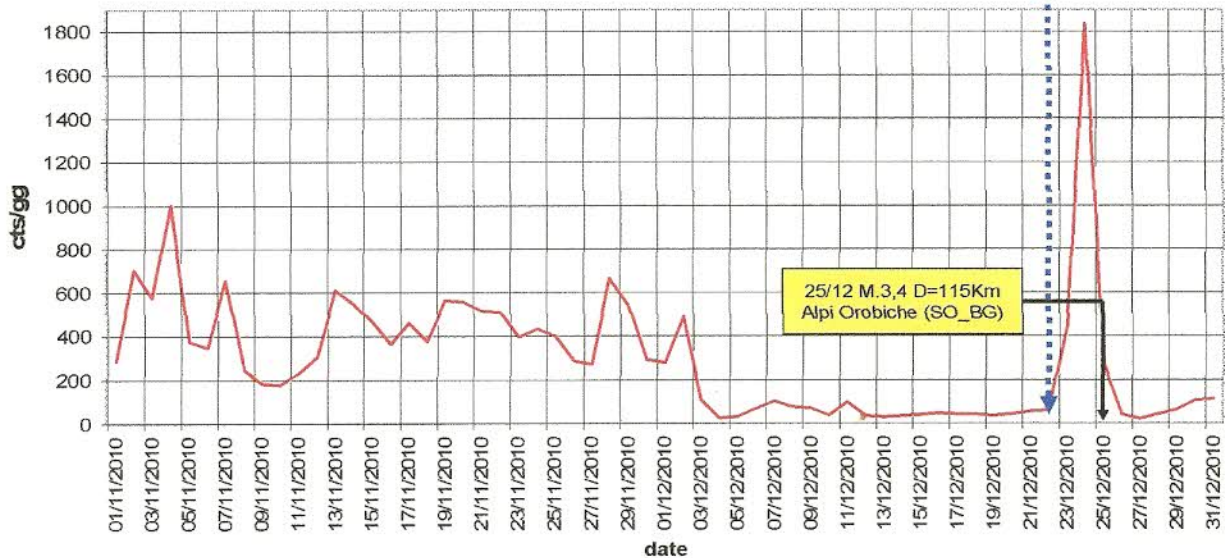
VARIAZIONI CLINOMETRICHE DAL 10/12 AL 04/04 2011



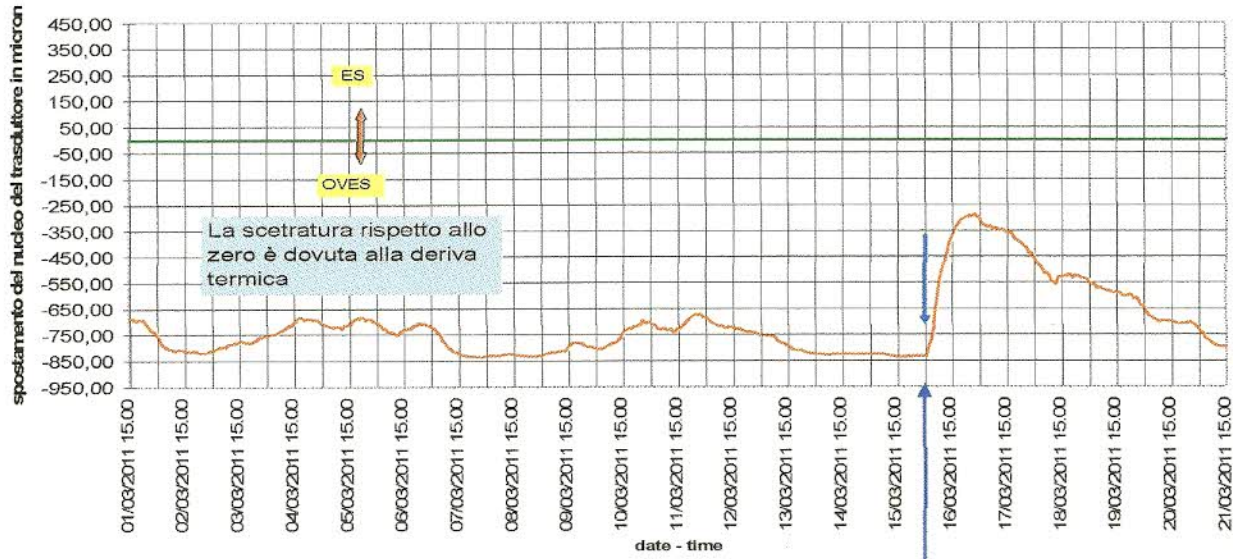
RADON ASSESSORATO AMBIENTE NOVARA DAL 01/12 AL 31/12 2010



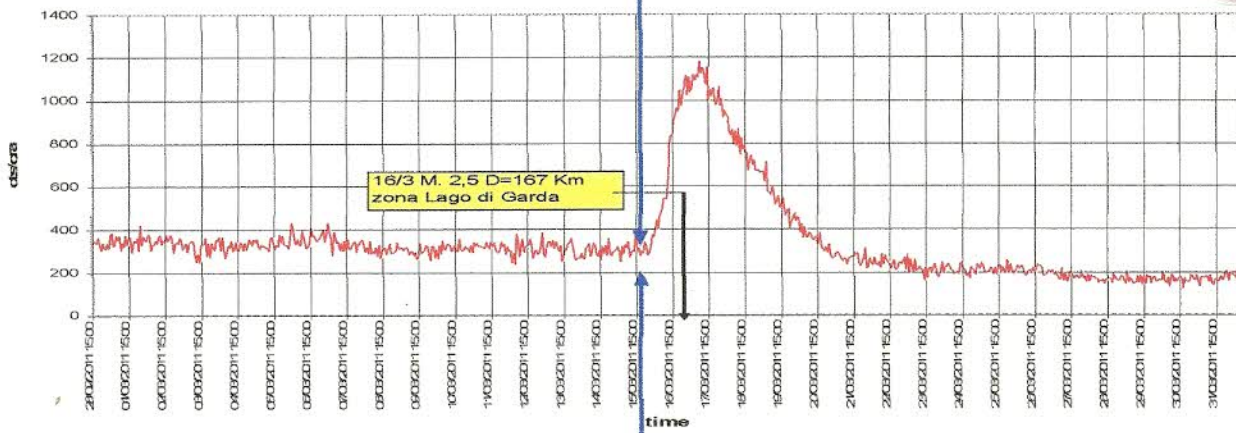
RADON POZZETTO ESTERNO SEDE MESI DAL 01/11 AL 31/12 2010



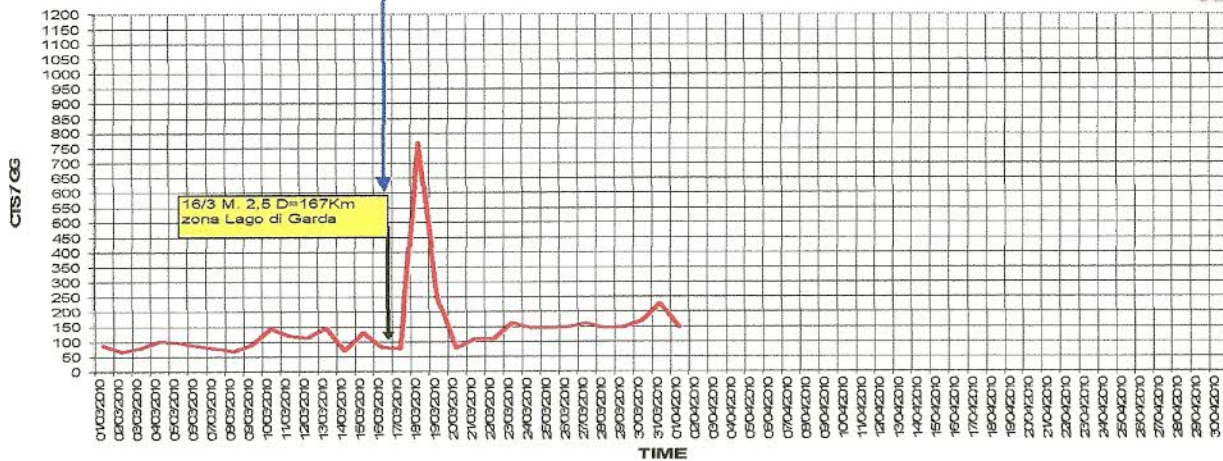
VARIAZIONI CLINOMETRICHE PRESSO LA SEDE DELL'OSSERVATORIO DAL 01/03 AL 22/03 2011



RADON ASSESSORATO AMBIENTE NOVARA MESE DI MARZO 2011



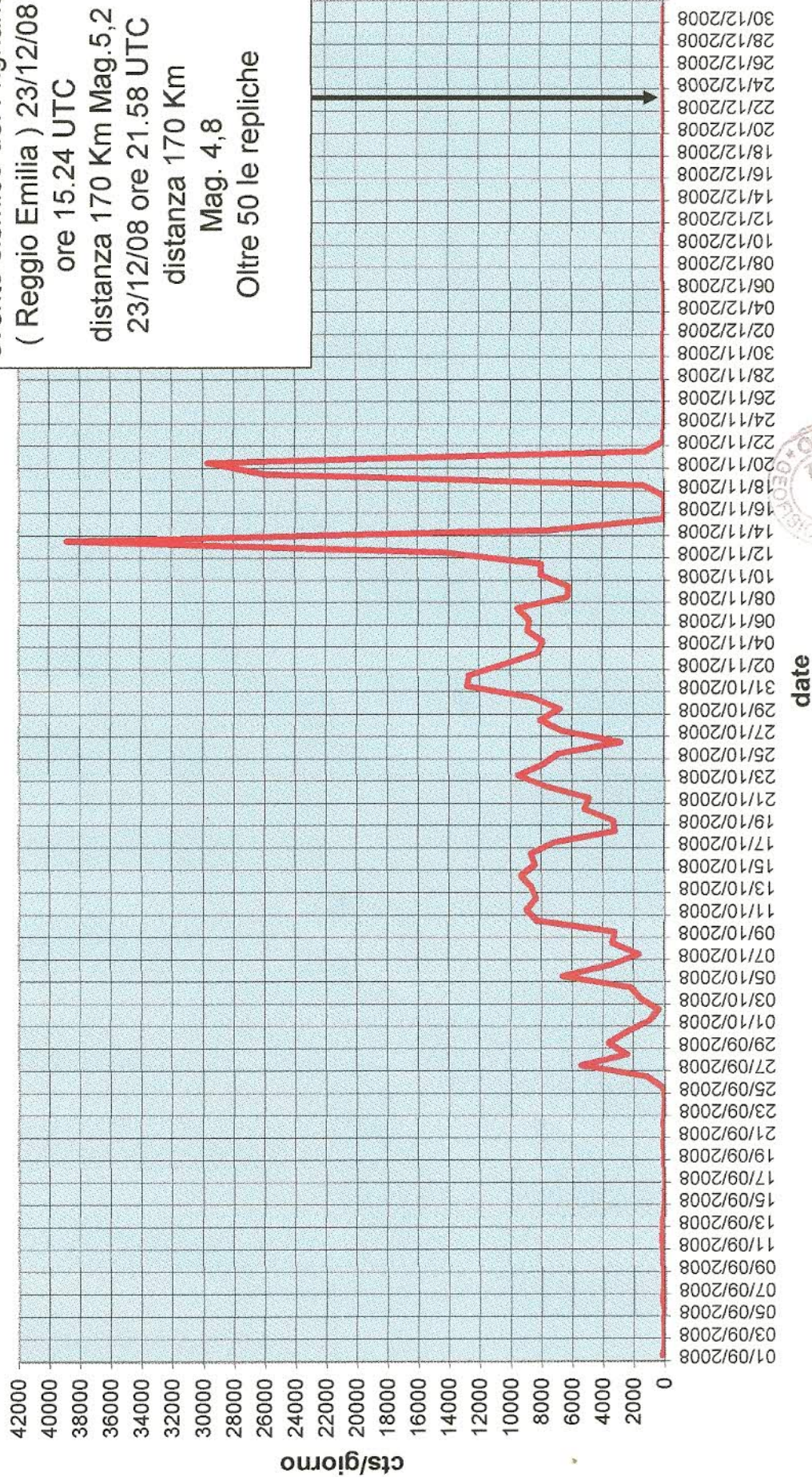
RADON POZZETTO ESTERNO SEDE OSSERVATORIO DAL 01/03/010 AL 01/04/011





RADON NOVARA conteggi giornalieri dal 01/sett/2008 al 31/dic/2008

evento sismico del Frignano
(Reggio Emilia) 23/12/08
ore 15.24 UTC
distanza 170 Km Mag.5,2
23/12/08 ore 21.58 UTC
distanza 170 Km
Mag. 4,8
Oltre 50 le repliche



Si ringrazia: il prof. Cigolini e il suo gruppo di ricerca dell'Università di Torino, il Comune di Novara, il Comune di Pogno, il Comune di Gozzano e tutti gli altri Enti o privati per la loro disponibilità e collaborazione. Un particolare ringraziamento va al presidente dell'Osservatorio e a tutti i soci che hanno sostenuto il "Progetto Radon".

