

Tabella 1 - Risultati ottenuti in confronti nazionali e internazionali con il dispositivo ENEA

TEST	Risultati ufficiali Interconfronti			TEST	Risultati ufficiali Interconfronti		
	Precisione	Accuratezza	Qualità (*)		Precisione	Accuratezza	Qualità (*)
NRPB 2004	8,5%	9,6%	A	NIRS 2010	9,1%	5,9%	A
NRPB 2005	9,2%	3,8%	A	HPA 2010	5,6%	3,7%	A
APAT 2006	6,0%	-12,4%	B	Bfs 2011	4,6%	-14,6%	B
HPA 2006	5,8%	-10,6%	B	NIRS 2011	7,9%	11,8%	B
HPA 2007	6,5%	3,5%	A	HPA 2011	5,1%	1,8%	A
HPA 2008	9,0%	7,8%	A	Bfs 2012 set 1	3,6%	-8,5%	A
HPA 2009	7,3%	2,7%	A	Bfs 2012 set 2	4,2%	-8,9%	A
Bfs 2010	3,5%	-6,4%	A	HPA 2012	4,9%	-2,9%	A

(*) Classe di merito: A (la migliore) ÷ E (la peggiore)

Specifiche tecniche del sistema di misurazione radon ENEA

Caratteristiche contenitore (camera diffusione)

Materiale: Nylon conduttivo infrangibile
Classe: chiuso mediante gap d'aria
Progetto: ENEA (brevetto n. 0001374599)
Misure antistatiche contenitore: Materiale volume efficace in Nylon conduttivo
Misure antistatiche rivelatore: film Mylar alluminizzato

Caratteristiche rivelatore

Materiale: CR-39 (PADC) Intercast Europe S.p.A. (PR)
Spessore: (140±5) • 10 µm; **Superficie:** 900 mm²
Etichetta di riconoscimento: Codice numerico 5 cifre laser-inciso

Caratteristiche attacco chimico del rivelatore

Soluzione: NaOH, 6,25 N, 70 °C con agitazione meccanica
Tempo di attacco: 6,8 h (condizioni standard)

Conteggio tracce

Modalità di conteggio: automatico
Area del campo di conteggio: 0,45 mm²
N° campi contati per rivelatore: 65-105;
N° campi di fondo contati per rivelatore: 76-153
Messa a fuoco automatica mediante determinazione spessore rivelatore
Controllo illuminazione automatico a priori su campo centrale
Controllo illuminazione a posteriori su tutti i campi
Determinazione diretta overlapping
Determinazione diretta area efficace campo di lettura

Risposta del rivelatore

Sensibilità tipica: 4,18 ± 0,04 (tracce/cm²)/(kBq h m⁻³) per uno spessore rimosso di 10,2 µm
Fondo tipico (in unità di esposizione):
 13,9 ± 3,5 (kBq h m⁻³)
DS su fondo tipico (in unità di esposizione):
 3,1 ± 0,5 (kBq h m⁻³)

Esposizione di saturazione: 22 (MBq h m⁻³)
Minima esposizione rivelabile a priori (media ± 1DS):
 17 ± 2 (kBq h m⁻³)
Minima esposizione rivelabile a posteriori (media ± 1DS): 8 ± 1 (kBq h m⁻³)
Concentrazione minima rilevabile in 3 mesi: 8 (Bq m⁻³)
Dipendenza temperatura e umidità: trascurabile

Esposizioni di calibrazione

Metodo: Camere radon standard c/o ENEA e HPA, Bfs, NIRS
Range di calibrazione: 110÷2900 (kBq h m⁻³)

Quality Assurance (controlli di qualità)

Controllo d'accettazione partita rivelatori (fondo e sensibilità)
Controllo periodico fondo laboratorio
Controllo omogeneità e costanza illuminazione campo di lettura
Controllo sistema di lettura con rivelatori di riferimento
Controllo densimetrico soluzione attacco chimico
Controllo individuale spessore rimosso dall'attacco chimico
Controllo individuale sensibilità
Controllo individuale fondo in campo e in transit
Controllo automatico ageing e fading
Interconfronto internazionale annuale

Applicazioni del DPT

Luoghi di lavoro (lett. a e b art. 10-bis, comma 1, D.Lgs. 230/95 e s.m.i.)
 Abitazioni;
 Stabilimenti termali (lett. e art. 10-bis, comma 1, D.Lgs. 230/95 e s.m.i.)
 Miniere e grotte (lett. e art. 10-bis, comma 1, D.Lgs. 230/95 e s.m.i.)

NB: il Servizio si riserva di apportare tutte le modifiche migliorative possibili ai parametri indicati



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Servizio di valutazione della concentrazione di radon in aria



ENEA - Istituto di Radioprotezione
 Via Martiri di Monte Sole, 4
 40129 - Bologna
 e-mail: radon@enea.it

Responsabile tecnico
 Dott.ssa Silvia Penzo
 Tel. 051 6098345 - 051 6098361

Il Servizio di valutazione della concentrazione di radon in aria dell'ENEA

Il Servizio di valutazione della concentrazione di radon dell'Istituto di Radioprotezione (IRP-DOS) dell'ENEA è stato istituito per mettere a disposizione dei soggetti interessati all'applicazione delle norme in vigore relative alle esposizioni da attività lavorative a sorgenti naturali di radiazioni (capo III-bis, D.Lgs. 230/95 e s.m.i.) una struttura riconosciuta idonea per le misure di cui all'articolo 10-ter, comma 4, nell'ambito delle norme di buona tecnica, come indicato all'art. 107 comma 3 del medesimo D.Lgs.

Studi e ricerche sperimentali effettuati presso i laboratori ENEA di Montecuccolino (Bologna) nel campo della radioprotezione delle radiazioni ionizzanti di origine naturale hanno consentito la progettazione e realizzazione di un dispositivo innovativo per la misurazione del radon, fondato sull'impiego dei rivelatori passivi di tracce nucleari a base di PADC (Poly Allyl Diglicol Carbonato, CR-39), considerato uno dei materiali più sensibili ed affidabili.

Il Servizio ENEA mette a disposizione dell'utente i Dispositivi Passivi a Tracce (DPT) ENEA-IRP (contenitore + rivelatore) e le istruzioni operative. Il Servizio fornisce inoltre tutte le necessarie indicazioni tecniche per ottimizzare la misurazione, e la necessaria documentazione secondo quanto previsto dalla norma vigente.

Per le attività di cui alle lettere a) e b), dell'art. 10-bis, comma 1 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. viene raccomandata l'esposizione dei DPT per un periodo non inferiore a 3 mesi; l'utente può comunque optare per periodi di esposizione più lunghi (4, 6 mesi), o inferiori per particolari indagini o controlli.

Il Servizio garantisce la qualità delle misure per durate di esposizioni sia molto brevi, fino a 15 giorni, che superiori a 6 mesi, purché non in prossimità delle condizioni di saturazione della risposta del rivelatore. Per durate dell'esposizione superiori a 6 mesi il servizio valuta l'effetto sulla risposta del rivelatore di CR-39 del fenomeno di *fading* e *ageing* che dipende dalle condizioni di impiego presso il cliente, in modo da garantire la medesima qualità della misura, indipendentemente dalla durata dell'esposizione.

La richiesta di fornitura deve giungere tramite ordine/contratto almeno 15 giorni prima dell'inizio dell'esposizione.

Entro la decade precedente il termine del periodo d'esposizione, il Servizio fornisce all'utente la sola nuova partita di rivelatori da utilizzare nel periodo successivo, in sostituzione dei precedenti ed utiliz-

zando i medesimi contenitori inviati ad inizio controllo.

I risultati delle valutazioni, espressi sia in unità d'esposizione che di concentrazione (quest'ultima calcolata sulla base della durata dell'esposizione comunicata a cura e responsabilità dell'utente), sono inviati all'utente entro 30 giorni dalla data di ritorno al Servizio dei rivelatori esposti.

Condizioni economiche della fornitura

L'esecuzione del servizio di misurazione radon, mediante fornitura e lettura di dispositivi di campionamento ambientale di nostra produzione, per il monitoraggio ad integrazione con rivelatori passivi a tracce tipo CR-39, ha un costo unitario di 15,40 Euro + IVA per valutazione con un sovrapprezzo di 5,50 Euro + IVA relativo alle prime 25 valutazioni.

La prestazione comprende la spedizione e il noleggio della camera di diffusione (contenitore) e l'uso dei rivelatori fino al completamento del periodo di controllo, l'invio dei risultati e della relazione tecnica finale (per misurazioni di durata annuale).

Al termine del periodo di noleggio tutti i dosimetri, insieme ai rivelatori, devono essere restituiti al Servizio Radon a spese del cliente.

Nel caso di mancata restituzione del contenitore, o di rottura dello schermo in mylar, verrà addebitato, oltre al costo della lettura, il costo del contenitore stesso pari a Euro 16,50 + IVA.

Nella richiesta di fornitura devono essere specificati il numero di dispositivi, la durata complessiva del controllo e la periodicità di sostituzione del rivelatore.

I dispositivi passivi a tracce saranno forniti con disponibilità della consegna della fornitura entro 10 giorni dalla ricezione dell'ordine.

Prestazioni accessorie

Il Servizio può intervenire nei luoghi di lavoro per eseguire l'analisi preventiva della potenziale concentrazione di radon, allo scopo di definire un'ottimale periodicità di campionamento che soddisfi sia le esigenze normative che quelle economiche del cliente. È inoltre in grado di fornire, contemporaneamente alla misura del radon gas, la valutazione in termini di equivalente di dose ambiente ($H^*(d)$) dell'esposizione esterna del locale, necessaria per il completamento della valutazione del rischio (ai sensi del già citato capo III-bis del D.Lgs. 230/95).

Il Servizio offre, infine, un intervento integrato, in

grado di affrontare il problema della valutazione della dose individuale per i lavoratori in termini di valutazione del fattore di equilibrio, della distribuzione granulometrica dei figli del radon, anche in funzione della scelta delle eventuali azioni di rimedio.

Il Dispositivo Passivo a Tracce ENEA per la misura del radon in aria

Il DPT radon ENEA-IRP (brevetto n. 0001374599) è stato progettato e realizzato presso il laboratorio dell'Istituto di Radioprotezione (IRP) di Montecuccolino (Bologna). È composto da una camera di diffusione, o contenitore, e da un rivelatore di tracce nucleari (figura 1).

La camera di diffusione permette l'ingresso del solo radon, con una pronta risposta alle variazioni ambientali di concentrazione, grazie alla presenza di una sottile intercapedine che si realizza tra la calotta (3) e le pareti laterali (2) con la camera in posizione aperta ("on").

Le dimensioni e la geometria dell'intercapedine prevengono l'ingresso della polvere e della progenie del radon (^{222}Rn) e del toron (^{220}Rn), e mantengono trascurabile la presenza nel volume sensibile dello stesso toron. Il volume sensibile della camera è stato ottimizzato in funzione dell'efficienza del rivelatore per la radiazione alfa emessa dal radon e dalla progenie, in funzione dell'energia e dell'angolo d'incidenza sul rivelatore. L'omogeneità della deposizione dei prodotti di decadimento a vita media breve del radon sulle pareti del volume sensibile e quindi l'omogeneità superficiale di tracce sul rivelatore viene garantita mediante le carat-

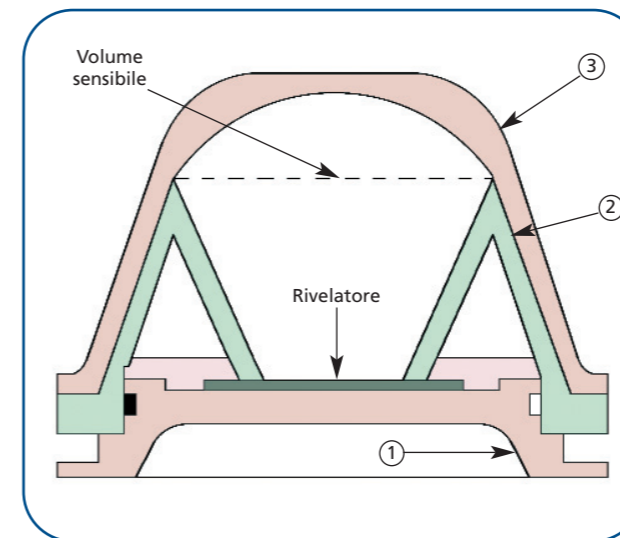


Figura 1 - Schema del dispositivo

teristiche di conduttività del materiale del contenitore che realizza una gabbia di Faraday.

L'elemento sensibile su cui si registrano le tracce delle radiazioni alfa è costituito da un rivelatore a tracce di PADC, un polimero organico commercialmente denominato CR-39. Il rivelatore consiste di una lastrina di dimensioni 24,7 x 36,7 mm² e spessore di 1,40 mm, identificato da un codice numerico laser inciso sulla faccia inferiore (figura 2).

Il rivelatore è fornito separatamente dalla camera, protetto da due film fino al momento dell'utilizzo; la messa in funzione del DPT si realizza inserendo il rivelatore nell'apposita sede ricavata nella base della camera, seguendo una serie di semplici e brevi operazioni, illustrate nelle istruzioni operative che vengono inviate insieme ai DPT. Al termine di questa fase, il riconoscimento del DPT da parte dell'utente avviene semplicemente leggendo attraverso il tappo trasparente - che serve da base del dispositivo - il codice di identificazione del rivelatore, che in tal modo diventa un codice di identificazione univoco del DPT con il locale di misurazione.

Garanzia di qualità

Il Servizio Radon partecipa annualmente a 1 o più interconfronti nazionali/internazionali, con i risultati indicati nella tabella 1. La qualità del Servizio si mantiene sufficientemente alta, ed in caso di risultati non soddisfacenti è prevista una revisione puntuale di tutte le fasi critiche del sistema di misurazione.

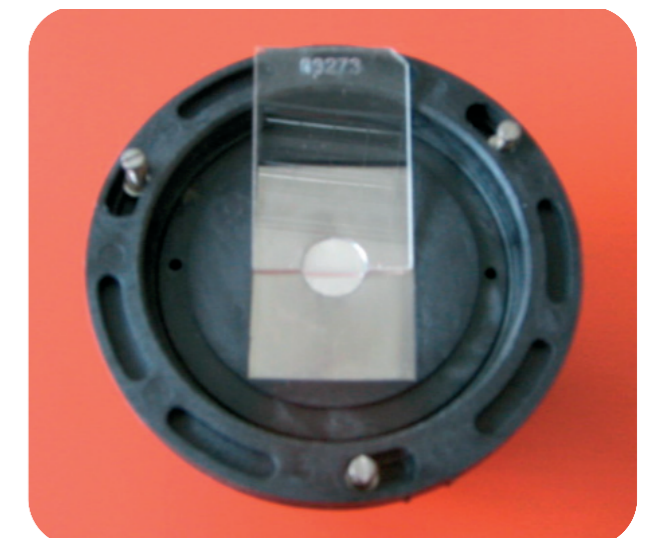


Figura 2 - Il rivelatore

Il dispositivo per la misurazione del radon utilizzato dal Servizio Radon dell'ENEA (brevetto n. MI2006A000703) è costituito da una camera d'esposizione in nylon grafitato e da un rivelatore di CR-39, posizionato nella sua parte inferiore.

La camera d'esposizione si compone di tre parti: la calotta, la base con le pareti laterali ed il tappo trasparente (figura 1).

La calotta e le pareti laterali sono unite tramite tre viti con molle che permettono la rotazione della camera dalla posizione chiusa a quella aperta. La geometria della camera d'esposizione è realizzata in modo da permettere la diffusione del solo radon gas, in modo rapido ed efficiente, all'interno della camera, dove si realizzano le condizioni ottimali per la registrazione delle radiazioni alfa nel rivelatore di CR-39.

Il rivelatore passivo di tracce nucleari è composto da una lastrina di Poly-Allyl Diglycol Carbonato (CR-39 Intercast), rettangolare con dimensioni circa 36 x 25 x 1,4 mm, protetto da due pellicole trasparenti. Sulla superficie posteriore (quella da non esporre al radon) vi è inciso un codice numerico di cinque cifre per l'identificazione del rivelatore (figura 2).

I dispositivi sono inviati all'utilizzatore mediante posta prioritaria, all'interno di un'apposita confezione che contiene le camere d'esposizione (in posizione chiusa), le presenti istruzioni e i rivelatori di CR-39.

Per ogni punto di controllo richiesto il Servizio spedisce all'utente una camera di esposizione ed un rivelatore SSNTD di CR-39.

Nel caso di più di un periodo consecutivo di esposizione (ad esempio nel caso di un controllo annuale



Figura 1 - Camera di esposizione

per il quale devono essere eseguite più misure consecutive secondo la periodicità scelta), al termine di ciascun periodo verrà inviato all'utente il solo nuovo rivelatore.

I rivelatori vengono inviati all'interno di buste di PVC contenute all'interno della confezione e protetti da due pellicole trasparenti (figura 3).

Modalità di impiego del dispositivo per radon gas

Definito il punto di misura in cui posizionare il dispositivo, l'utente deve inserire il rivelatore all'interno della camera d'esposizione. L'utilizzatore dovrà scegliere un rivelatore, annotarne il codice che identifica la posizione e/o il locale di lavoro da controllare, registrare la data e l'ora dell'operazione, quindi togliere i due film protettivi del CR-39 ed inserirlo nella camera d'esposizione. A tal fine deve togliere il tappo trasparente inserito a pressione nella parte inferiore della camera, posizionare il rivelatore nell'apposita sede in modo tale che la superficie su cui è inciso il codice numerico risulti non esposta al radon, cioè risulti verso l'esterno (figure 4, 5 e 6)

In questa operazione prestare attenzione a non rompere lo strato di mylar presente nella base della camera.

Il tappo deve quindi essere reinserito posizionandolo con sufficiente pressione, in modo che l'O-Ring di tenuta entri completamente nella base. Se le opera-



Figura 2 - Rivelatore SSNTD di CR-39



Figura 3 - Rivelatore SSNTD di CR-39 durante la spedizione dal Servizio Radon al cliente



Figura 4 - Rimozione del tappo

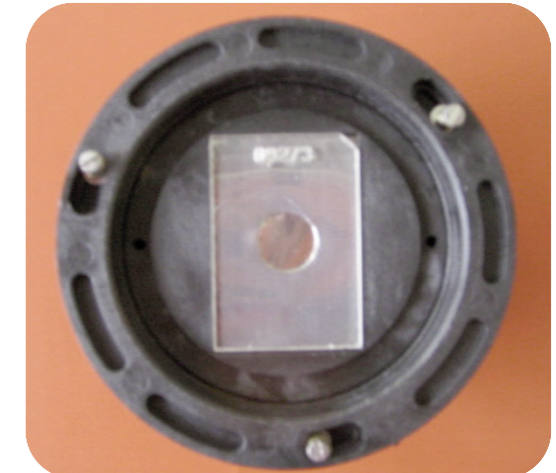


Figura 6 - Corretto posizionamento del rivelatore nella camera

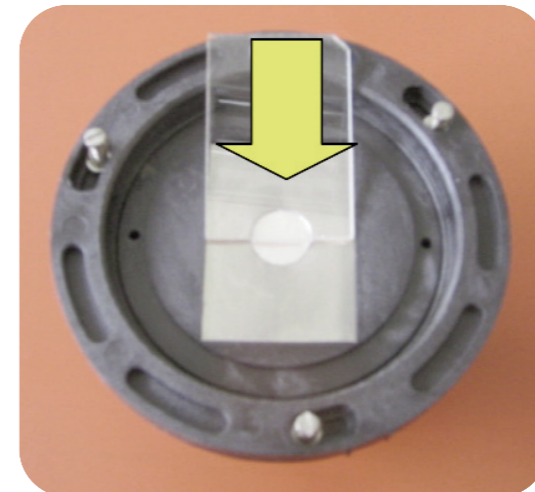


Figura 5 - Inserimento del rivelatore

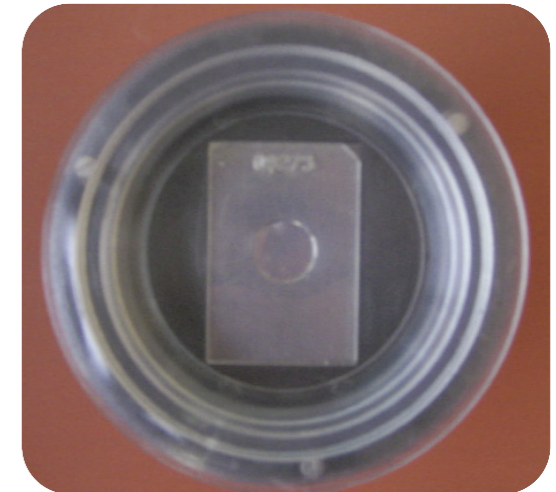


Figura 7 - Dispositivo pronto all'uso

zioni sono state eseguite correttamente, il codice di identificazione del rivelatore deve poter essere facilmente e correttamente letto guardando il tappo trasparente (figura 7).

Terminate queste operazioni il dispositivo entra in funzione semplicemente alzando e ruotando la calotta in senso orario (figura 8) fino al suo punto di fermo.

Da questo momento il dispositivo è attivo e andrà posizionato nel punto di misura prefissato.

Al termine del periodo di esposizione, l'operatore sostituisce il vecchio rivelatore con uno nuovo nel caso di un ulteriore controllo, oppure toglie il rivelatore, e ruota la camera d'esposizione in posizione chiusa.



Figura 8 - Apertura del dispositivo