

# R A D E L E C



## Manuale del Sistema E-PERM®

Versione 4.0.2  
17 giugno 2026

# Sommario

Introduzione al sistema E-PERM®.....	4
Componenti del kit iniziale.....	5
Prestazioni degli E-PERM® .....	6
Prestazioni relative di diversi rilevatori.....	6
Rapporto di controllo della qualità dell'USEPA.....	7
Componenti di base del sistema E-PERM® .....	8
Elettrete.....	10
Camere a ionizzazione.....	12
Camera S.....	14
Camera L.....	15
Camera L-OO.....	16
Camera H.....	17
Lettore di tensione (SPER-1E).....	18
Principio della camera a ionizzazione ad elettrete.....	20
Come misurare la tensione superficiale dell'elettrete.....	21
Elettreti di riferimento.....	23
Configurazioni E-PERM® .....	25
Esecuzione di un test sul radon.....	27
Strumenti di analisi.....	29
Radon Report Manager.....	29
Fogli di calcolo.....	30
Quick Calculator.....	30
Online Report Creator.....	30
Effetti ambientali sulle camere a ionizzazione ad elettrete.....	31
Temperatura.....	31
Umidità relativa.....	32
Elevazione e pressione.....	32
Presenza di ioni.....	34
Raggi X.....	34
Radiazione Beta.....	34
Radiazione gamma.....	35
Campi elettrici e magnetici.....	35
Correnti d'aria.....	36
Thoron.....	36
Sporco, polvere e particolato aerodisperso.....	37
Manutenzione dell'attrezzatura.....	38
Manutenzione della camera a ionizzazione e dell'elettrete.....	38
Manutenzione del lettore SPER-1E.....	39
Aggiornamento di software e fogli di calcolo.....	39



Intervallo dinamico.....	41
Analisi dell'incertezza.....	43
Decadimento intrinseco della tensione.....	46
Fattori di calibrazione e costanti.....	47
Costanti A e B.....	48
Costante G.....	49
Limite inferiore di rilevamento.....	50
Comprensione degli algoritmi E-PERM®.....	51
Domande frequenti.....	55
Risoluzione dei problemi del lettore di tensione SPER-1E.....	64
Ulteriori applicazioni per camere a ionizzazione ad elettretre.....	67
Specifiche tecniche E-PERM® e SPER-1E.....	68
Lettore di Tensione SPER-1E.....	69
SST.....	70
SLT.....	71
LST.....	72
LLT.....	73
LST-OO.....	74
LMT-OO.....	75
LLT-OO.....	76
HST.....	77
HLT.....	78
Esempio di rapporto sul radon.....	79
Catena di decadimento del radon.....	80
Tabella gamma di sfondo stimata.....	81
Glossario.....	82
Riferimenti.....	87
Epilogo.....	88



## Introduzione al sistema E-PERM®

E-PERM® è l'acronimo di Electret Passive Environmental Radon Monitor. Il sistema E-PERM® di Rad Elec ha rivoluzionato l'industria del radon con la sua tecnologia brevettata della camera a ionizzazione ad elettrete. Il metodo E-PERM® è utilizzato in più di 30 paesi in tutto il mondo ed è apprezzato per la sua precisione e il basso costo.

Un E-PERM® (noto anche generalmente come camera a ionizzazione ad elettrete) è un monitor di ionizzazione passivo e integrato costituito da un elettrete molto stabile caricato su una piccola camera in plastica elettricamente conduttiva. L'elettrete, un disco di Teflon® carico, funge sia da sorgente per la raccolta degli ioni che da sensore ionico integratore. Il gas radon si diffonde passivamente nella camera attraverso ingressi filtrati e le particelle alfa emesse dal processo di decadimento ionizzano le molecole d'aria. Gli ioni negativi prodotti all'interno della camera vengono raccolti sull'elettrete caricato positivamente, provocando una riduzione della sua carica superficiale (o tensione). Questa riduzione della carica superficiale (o tensione) è una funzione della concentrazione di radon, della durata del periodo di prova e del volume della camera. Questo cambiamento di tensione viene misurato con il lettore di tensione SPER-1E. I risultati possono essere calcolati con software, fogli di calcolo, strumenti online o anche con carta e matita. I rapporti dei clienti possono essere generati utilizzando il software Radon Report Manager (RRM).

I componenti di base del sistema E-PERM® comprendono elettrete, un lettore di tensione SPER-1E, camere di ionizzazione e strumenti di calcolo/analisi. Sono disponibili camere di diverso volume ed elettreti di diversa sensibilità per soddisfare un'ampia gamma di situazioni ambientali e di misurazione. In genere, gli elettreti più sensibili (noti come ST) vengono utilizzati per misurazioni a breve termine, mentre gli elettreti LT sono meno sensibili e vengono utilizzati per misurazioni di durata più lunga.

Visitate il nostro sito web all'indirizzo [www.radelec.com](http://www.radelec.com) per visualizzare tutorial, manuali e una vasta raccolta di articoli pubblicati. Se sei curioso, ti invitiamo a individuare questi materiali informativi nella sezione Documentazione del nostro sito web. Questi manuali e articoli spiegano la teoria alla base delle camere a ionizzazione ad elettrete e forniscono una serie di confronti tra la nostra tecnologia elettrete e altri metodi di misurazione del gas radon.



# Componenti del kit iniziale

Ciascun kit iniziale include quanto segue:

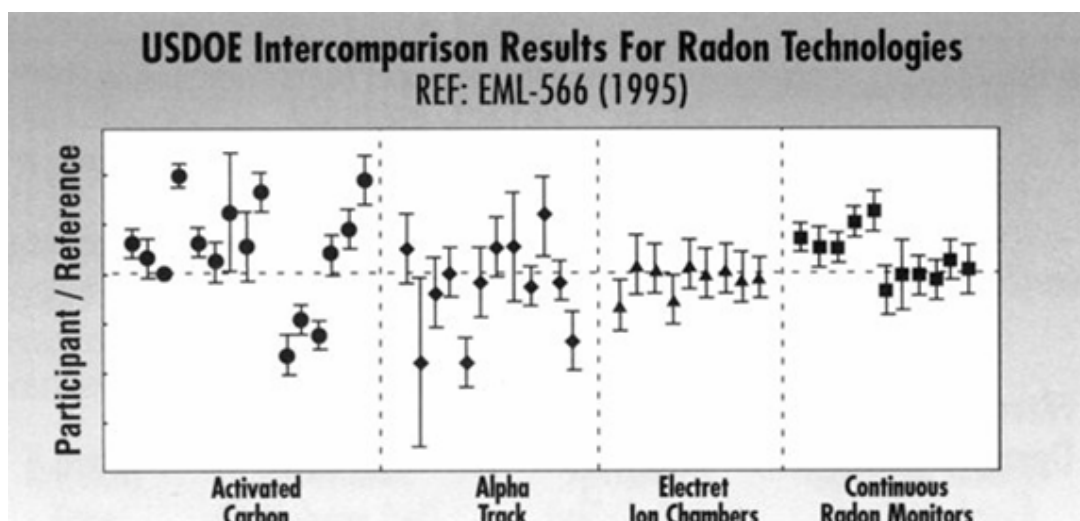
- **1 lettore di tensione SPER-1E** (con valigetta protettiva ed essiccante)
- **1 elettrete di azzeramento**
- **2 elettreti di riferimento** (costituiti da un unico set)
- **6 elettreti a breve termine (ST)**
- **6 camere a ionizzazione (S)**
- **3 manicotti di distribuzione o scatole antimanomissione**
- **software di gestione dei rapporti sul radon**
- **corso di specializzazione per l'utente E-PERM®**
- **manuale del sistema E-PERM®**
- **piano di garanzia della qualità**
- **confezione da 100 fascette piccole (~10 cm)**
- **confezione da 25 fascette grandi (~35 cm)**
- **10 fogli di nastro indicatore di manomissione**
- **5 copie di brochure di marketing**
- **10 ganci per porte "Test Radon in corso"**

**Lo scopo di questo manuale è quello di trasmettere la teoria e la pratica di base dietro l'esecuzione delle misurazioni in camera a ionizzazione ad elettrete.**



## Prestazioni degli E-PERM®

Gli E-PERM® hanno dimostrato una precisione superiore in studi indipendenti. L'Intercomparison del 1995 del Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti ha dimostrato che gli E-PERM® hanno funzionato altrettanto bene dei più costosi dispositivi di monitoraggio continuo del radon e hanno superato in prestazioni tutti gli altri dispositivi passivi.



Uno dei test di confronto cieco meglio documentati è stato condotto dall'USEPA nell'ambito del Radon Proficiency Program (RPP). Il loro rapporto (EPA 402-F-93-003-1) elenca i risultati cumulativi per il periodo da gennaio 1991 ad aprile 1997. Gli E-PERM® hanno avuto il tasso di superamento più alto di tutti i rilevatori partecipanti.

### Prestazioni relative di diversi rilevatori

Rivelatore Tipo	Carbone attivato	Alpha Track	E-PERM® ST	E-PERM® LT	Monitoraggio continuo	Scintillazione liquida
N. di rilevatori testati	1.164	113	2.206	1.083	670	216
Tasso di superamento (%)	81,1%	64,2%	92,3%	89,0%	85,9%	80,0%

Gli E-PERM® costituiscono oltre il 50% dei rilevatori testati nel Radon Proficiency Program negli anni '90 e hanno raggiunto un tasso di superamento molto elevato. Sono stati pubblicati numerosi test di confronto su varie riviste che corroborano questi risultati.



## Rapporto di controllo della qualità dell'USEPA

Il 9 dicembre 1997 l'USEPA, rappresentata da Shawn Price (coordinatore della garanzia di qualità di SC&A RPP), Melinda Ronca-Battista (specialista senior di QA di SC&A) e Samuel Poppell (responsabile del programma RPP) hanno condotto una visita in loco presso Rad Elec. Di seguito sono riportati gli estratti rilevanti del loro rapporto di cinque pagine pubblicato il 20 maggio 1998:

Rad Elec ha trascorso anni a identificare, mantenere e verificare che i fattori di calibrazione utilizzati siano corretti. Essenzialmente la calibrazione degli E-PERM® non è cambiata da diversi anni. Ciò lascia solo lo SPER-1 e gli elettretti di riferimento nelle mani degli utenti per la calibrazione annuale (il che significa che i rilevatori E-PERM® non richiedono calibrazione nelle mani degli utenti).

Il sistema E-PERM® è così adeguatamente documentato e affidabile che un utente dovrebbe mostrare una sistematica disattenzione per produrre risultati costantemente non validi. La cordialità, l'accessibilità e la professionalità del personale Rad Elec sono le ragioni principali per cui il loro prodotto è così popolare nel mercato di oggi. Se c'è qualche indicazione di scarsa qualità, l'utente può individuare il problema esaminando le procedure e confrontandole con le raccomandazioni del produttore. I tester del radon attenti alla qualità farebbero bene a esaminare il sistema E-PERM® per vedere come si adatta alle loro esigenze.

**Vero nel 1998 e vero oggi!**



## Componenti di base del sistema E-PERM®

Il sistema E-PERM® è composto da cinque componenti:

- Un **elettrete**, che è un disco di Teflon® caricato elettrostaticamente per la raccolta di ioni.
- Una **camera a ionizzazione** costruita in plastica conduttiva, sulla quale è possibile caricare un elettrete.
- Un **lettore di tensione** per misurare il potenziale superficiale (tensione) dell'elettrete.
- **Elettrete di riferimento**, che garantiscono il corretto funzionamento del lettore di tensione.
- Software (e/o fogli di calcolo) per calcolare le concentrazioni di radon e generare report.

## Componenti del sistema



+



**SPER-1E**  
Lettore di tensione

+



Software

Questi componenti sono necessari per effettuare misurazioni del radon sia a breve che a lungo termine e possono essere utilizzati sia all'interno che all'esterno. Quando un elettrete viene caricato su una camera a ionizzazione viene chiamato E-PERM®, a cui ci si riferisce anche come camera a ionizzazione ad elettrete (CIE).

Un E-PERM® è un **elettrete (di qualsiasi sensibilità) caricato in una camera a ionizzazione (di qualsiasi volume).**

La base tecnica per la misurazione del radon indoor utilizzando il sistema E-PERM® è stata ampiamente descritta in due articoli sull'Health Physics Journal. Questi documenti, elencati di seguito, possono essere [visualizzati online](#) e/o scaricati dal sito web di Rad Elec:

Health Physics Vol. 54, No. 1 (January), pp. 47-56, 1988  
Printed in the U.S.A.

0013-0139/88 \$10.00 + .00  
© 1988 Health Physics Society

● Paper

**AN ELECTRET PASSIVE ENVIRONMENTAL <sup>222</sup>Rn MONITOR BASED ON IONIZATION MEASUREMENT**

P. Kotrappa,\* J. C. Dempsey,\* J. R. Hickey and L. R. Stieff\*  
Plastic Casting Inc., 619 South Union Street, Olean, NY 14750

(Received 5 December 1986; accepted 2 August 1987)

**Abstract**—The electret passive environmental <sup>222</sup>Rn monitor (E-PERM) is an extension of electret dosimeters used for measurement of α and γ radiation. An E-PERM consists of a small cup or cassette, having an electret at the bottom, and a filtered inlet at the top. The <sup>222</sup>Rn gas entering through the filter and the decay products formed inside the cup generate ions which are collected by the electret. The reduction of charge (or surface potential) on the electret is a measure of time-integrated <sup>222</sup>Rn exposure. An E-PERM of 230-ml. volume with an electret of 0.23 on thickness gave a surface potential drop of 2.5 V for 37 Bq m<sup>-3</sup> (1 pCi L<sup>-1</sup>). The electret voltage was measured with a specially built surface potential voltmeter. This sensitivity was found adequate for a 1-wk measurement of <sup>222</sup>Rn in homes. For longer term measurements, an E-PERM of 40-ml. volume and an electret of 51-μm thickness was developed which gave a surface potential drop of 2.6 V for 37 Bq m<sup>-3</sup> (1 pCi L<sup>-1</sup>). Other combinations of chamber volume and electret thicknesses gave responses between these two values. The surface potential of electrets made from Teflon® BEET were shown to stay stable even under extreme conditions of relative humidity. The ion collection process in E-PERMs was also shown to be independent of humidity down to an electret surface potential of 100 V.

**1. INTRODUCTION**

AN ELECTRET (Se80) is a piece of dielectric material exhibiting a quasi-permanent electrical charge. The charge of the electret produces a strong electrostatic field capable of collecting ions of opposite sign. Until recently, electrets have been regarded as curious analogues of magnets, worthy only of academic interest. However, with the development of high dielectric fluorocarbon polymers such as Teflon, electrets have become reliable electronic components capable of maintaining constant electrostatic fields even under high temperature and humidity conditions (1a,75).

Marvin (Ma55) was the first to suggest that the reduction of charge on the electret was due to the collection of ions of opposite sign from the surrounding gas, and he proposed the use of an electret in a closed chamber as a γ dosimeter. His idea was not practical at that time because, as Wolfson (Wo61) soon showed, the charge was not stable in carbons which was the best electret material available at the time. Recently, however, Basser and Range (Ba78) used a pair of thin Teflon electrets of opposite charges to collect and measure the ions produced

inside an ionization chamber. They showed that the radiation dose calculated from this measurement, agreed well with the actual dose received by the chamber. They also demonstrated that the performance was insensitive to variations in humidities and temperatures in the range normally encountered in the environment. The dose information on their electrets was retained without loss over a period of more than 1 y. This study laid a sound scientific basis for the further development of electret dosimeters.

The next innovation in electret ion chamber development was a single electret dosimeter, reported by Kotrappa et al. (Ko82b). These workers showed that the drop in surface potential of their single electret dosimeter also behaved according to established ion chamber theory, and they went on to demonstrate its use as a personal dosimeter (Gu83). Similar work was carried out later by Pretzsch (Pr83a). The theoretical aspects of electrostatic fields in such ionization chambers were worked out by Fallone (Fa83).

Kotrappa (Ko84) also used this technique to measure the potential energy concentration of <sup>222</sup>Rn decay products. Pretzsch (Pr86) recently adapted the method for measurement of <sup>210</sup>Pb concentration in a flow through chamber. Kotrappa et al. (Ko81) found a rough correlation between the reduction of the surface voltage on a polycarbonate covered electret and the cumulative <sup>222</sup>Rn exposure in a passive chamber arrangement. They also observed that this charge reduction did not appear to be sensitive to humidity change.

\*Currently with Rad-Elec, Inc., P.O. Box 310, Georgetown, MD, 20874.  
\*\* Patent pending.  
† Teflon® FEP fluorocarbon, manufactured by E. I. du Pont de Nemours and Co. (Inc.), Wilmington, DE 19898.

Kotrappa, P., et al. "An Electret Passive Environmental <sup>222</sup>Rn Monitor Based on Ionization Measurement." *Health Physics*, Volume 54, No. 1, January 1988, pp. 47-56.

Kotrappa, P., et al. "A Practical E-PERM® (Electret Passive Environmental Radon Monitor) System for Indoor <sup>222</sup>Rn Measurement." *Health Physics*, Volume 58, No. 4, April 1990, pp. 461-467.

Health Physics Vol. 58, No. 4 (April), pp. 461-467, 1990  
Printed in the U.S.A.

0013-0139/90 \$10.00 + .00  
© 1990 Health Physics Society  
Paper No. 461

● Paper

**A PRACTICAL E-PERM™ (ELECTRET PASSIVE ENVIRONMENTAL RADON MONITOR) SYSTEM FOR INDOOR <sup>222</sup>Rn MEASUREMENT\***

P. Kotrappa, J. C. Dempsey, R. W. Ramsey and L. R. Stieff  
Rad Elec, Inc., 5530 J Spectrum Drive, Frederick, MD 21701

(Received 21 March 1989; accepted 15 November 1989)

**Abstract**—The technical and scientific basis for the measurement of indoor <sup>222</sup>Rn concentration using an E-PERM™ (Electret passive environmental radon monitor) has been described in our earlier work. The purpose of this paper is to describe further development of a practical and convenient system that can be used routinely for indoor <sup>222</sup>Rn measurement. The ion chamber is now made of electrically conducting plastic to minimize the response from natural γ radiation. A spring-loaded shutter method is used to cover and uncover the electret from outside the chamber. The electret voltage reader has been modified to improve the accuracy and the ease in operation. The calibration, performance, error analysis, and lower limits of detection for these standardized versions of E-PERMs are also described.

**INTRODUCTION**

THE SCIENTIFIC and technical basis for the measurement of <sup>222</sup>Rn using an E-PERM™ has already been described in an earlier publication (Kotrappa et al. 1988).

Presently, we would like to describe two standardized versions of E-PERMs which are commercially available to perform short-term and long-term measurement of indoor <sup>222</sup>Rn. (For further discussion in the paper, Rn means <sup>222</sup>Rn unless otherwise mentioned.) Both versions have passed a series of tests conducted by the U.S. Environmental Protection Agency. These units differ substantially from the units described in our earlier work.

An electret is a charged Teflon® disk carrying a quasi-permanent electric charge. The charge of the electret produces a strong electrostatic field capable of collecting ions of opposite sign. The amount of charge that an electret carries is characterized by its surface potential, diameter, and thickness.

An E-PERM™ consists of a small chamber having an electret at the bottom and a filtered inlet at the top. Radiation from Rn gas entering the chamber and the decay products formed inside the chamber generate ions that are collected by the electret. An E-PERM™ functions as an integrating ionization chamber, wherein the electret serves not only as a source of an electrostatic field but also as a quantitative sensor. The drop in surface voltage of the electret over a known time period is a measure of

time-integrated ionization during that time interval. These data can be converted readily into Rn concentration. The desired sensitivity, dynamic range, and statistical accuracies can be programmed into the design parameters of an electret ion chamber to get an optimum performance for a specific Rn measurement situation.

**DESIGN FEATURES OF E-PERM™ CHAMBER**

Our earlier study indicated that it is desirable to use a low-Z (atomic number) material for the ion chamber to minimize the response to the natural environmental γ radiation. Accordingly, the present E-PERM™ chambers and the electret holders are made of electrically conducting plastic. It was also indicated in our study that a mechanism must be provided to keep the electret covered in order to eliminate undesired background during storage or transport. The cup-in-cup arrangement described in that work proved to be somewhat complicated for homeowner use. To overcome this deficiency, a novel spring-loaded piston mechanism was adopted to turn the instrument on and off. Fig. 1 shows this feature. When the E-PERM is not in use or when it is in transit, the electret cover is kept down very close to the electret. This effectively cuts off the electret field to the interior of the chamber and shuts off the E-PERM™. The electret cover is attached to a screwcap on top of the E-PERM™ that is tightened to lock the electret cover. When the E-PERM™ is used, the screwcap is unscrewed and a spring lifts the electret cover up and away from the electret and holds it there to turn the E-PERM™ to the "on" position.

The filtered inlet is necessary to allow Rn into the chamber while excluding Rn progeny or environmental

\* E-PERM™ is a trademark of the product manufactured by Rad Elec, Inc., Frederick, MD 21701.  
† Teflon™ is a trademark of the product manufactured by E. I. du Pont de Nemours and Co., Wilmington, DE 19898.

Ci sono dozzine di articoli di ricerca pubblicati sul sito web di Rad Elec. Sei incoraggiato a leggerli!



## Elettrete

L'elettrete utilizzato nel sistema E-PERM® è un disco di Teflon® che è stato caricato elettricamente e successivamente lavorato mediante procedure speciali per stabilizzare la carica in un'ampia gamma di umidità e temperature. Questo disco dielettrico in Teflon® è fissato in un supporto, che può essere caricato su una camera a ionizzazione; la combinazione risultante è nota come camera a ionizzazione ad elettrete (commercializzata come E-PERM®). L'elettrete produce un campo elettrostatico all'interno della camera a ionizzazione, in grado di attrarre ioni caricati negativamente generati dal decadimento del radon e della sua progenie (o prodotti figli) all'interno della camera. La carica dell'elettrete viene gradualmente neutralizzata dalla raccolta di ioni e la tensione superficiale dell'elettrete diminuisce in proporzione alla concentrazione di radon, al volume della camera a ionizzazione e al tempo di esposizione.

Rad Elec produce tre tipologie di elettrete con caratteristiche diverse, identificate dalle rispettive etichette distinte. Gli elettreti a breve termine (ST) hanno un'elevata sensibilità e vengono utilizzati principalmente per misurazioni a breve termine (tipicamente da due a sette giorni). Questi elettreti ST sono identificati dalle loro etichette **blu**. Successivamente, gli elettreti a medio termine (MT) mostrano

una sensibilità tra le loro controparti ST e LT; sono stati ottimizzati per misurazioni di 91 giorni e sono identificati dalle etichette **bordeaux**. Infine, gli elettreti a lungo termine (LT) sono molto meno sensibili dei loro omologhi MT e ST e vengono utilizzati principalmente per misurazioni a lungo termine che durano da tre mesi a un anno. Questi elettreti LT sono identificati dalle rispettive etichette **rosse**.

**Le designazioni seriali ST Electret iniziano con S, le serie MT Electret iniziano con M e le serie LT Electret iniziano con L.**



## Breve Termine (ST)



## Medio Termine (MT)



## Lungo Termine (LT)

I nuovi elettretre vengono prodotti con oltre 700 volt e in genere possono essere utilizzati fino a quando la loro tensione non scende al di sotto di 100, risultando in un intervallo di tensione utilizzabile di oltre 600 volt. Gli elettreti con meno di 100 volt mostrano un campo elettrostatico più debole che non è così coerente nel raccogliere gli ioni in modo efficiente. Tuttavia, questi elettreti a voltaggio inferiore possono funzionare come eccellenti filtri di campo (raccomandati per buone pratiche di QA/QC) e, una volta completamente scarichi, possono essere restituiti a Rad Elec per ottenere un credito.

**La superficie dell'elettrete non deve mai essere toccata.**

Permettere a qualsiasi cosa di toccare la superficie dell'elettrete causerà una perdita di tensione e potrebbe portare a problemi di instabilità. Ogni elettrete viene spedito con il proprio "cappuccio protettivo" che può essere avvitato sull'elettrete e prevenire la scarica accidentale di tensione. I cappucci sono perfetti per conservare gli elettreti per lunghi periodi di tempo.

**La superficie dell'elettrete non deve mai essere toccata. Ciò porterà a problemi di perdita di tensione e instabilità.**

**Non utilizzare mai una bomboletta di aria compressa per pulire un elettrete. Contiene propellenti e refrigeranti che influiscono sull'elettrete.**

**Mantenere pulito l'elettrete, non toccarne la superficie e leggere le tensioni iniziale e finale a temperature simili.**

**È molto importante mantenere pulita la superficie dell'elettrete.**

Rad Elec consiglia di utilizzare azoto di grado industriale o un compressore d'aria privo di olio per "soffiare via" regolarmente la superficie dell'elettrete oltre a pulire le camere a ionizzazione e i cappucci. Quando si pulisce l'elettrete in questo modo, non toccare la superficie dell'elettrete con l'ugello o la pistola ad aria compressa. Rad Elec consiglia di pulire l'elettrete dopo la lettura della tensione finale (e/o prima della lettura della tensione iniziale).

Se utilizzati a una pressione appropriata di circa ~350 kPa (50 PSI), sia l'azoto sia i compressori d'aria senza olio hanno dimostrato di essere un metodo sicuro e affidabile per pulire le camere a ionizzazione ad elettrete.

**Al posto di una bombola di azoto, puoi anche utilizzare un compressore d'aria senza olio per pulire le camere ioniche ad elettrete. È molto importante che il compressore sia privo di olio.**



Gli elettreti dovrebbero idealmente essere letti in un ambiente controllato come un ufficio o un laboratorio. Le letture della tensione iniziale e finale devono essere lette approssimativamente alla stessa temperatura (entro  $\pm 5$  °C /  $\pm 10$  °F). Se gli elettreti sono freddi o caldi quando vengono recuperati, è importante concedere loro il tempo (un'ora o due sono sufficienti) per tornare a temperatura ambiente prima di effettuare la lettura della tensione.

## Camere a ionizzazione



### Camera L

Le camere a ionizzazione sono costruite in plastica conduttiva e sono disponibili in una varietà di volumi ben definiti. Quando un elettrete è montato su una camera a ionizzazione, viene chiamato E-PERM<sup>®</sup> (comunemente indicato come **camera a ionizzazione ad elettrete**).

Quando assemblato in questa configurazione, l'elettrete funge da sensore grazie al suo campo elettrostatico; questo campo attira gli ioni prodotti dal decadimento del radon. Man mano che gli ioni vengono raccolti, la tensione superficiale dell'elettrete diminuisce in proporzione alla concentrazione di radon e al tempo di esposizione. La diminuzione della tensione viene misurata utilizzando un lettore di tensione a elettrete, noto come lettore SPER-1E.

Il radon è un gas radioattivo inerte. Mentre si diffonde nella camera a ionizzazione attraverso aperture filtrate, le particelle alfa emesse dal decadimento del radon provocano la ionizzazione, che crea ioni positivi e negativi nell'aria. Quando questo decadimento avviene all'interno del volume fisso di una camera elettricamente conduttiva, gli ioni negativi vengono attratti verso la superficie dell'elettrete caricato positivamente. L'elettrete trasporta una carica positiva e quindi attrae gli ioni caricati negativamente nell'aria circostante mentre respinge gli ioni caricati positivamente verso le pareti interne della camera elettricamente conduttiva (che consente loro di essere neutralizzati).



### Camera S

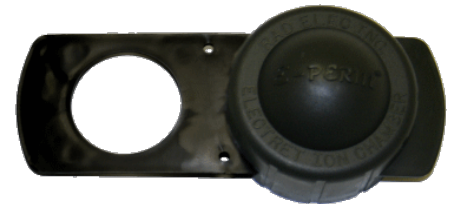




## Camera H

La maggior parte delle camere a ionizzazione richiede una correzione dell'elevazione al di sopra di una certa soglia, a causa della diminuzione della pressione atmosferica all'aumentare dell'altitudine. La diminuzione della pressione atmosferica aumenta la distanza tra atomi e molecole nell'aria. Ciò diminuisce il numero di ioni generati in un dato volume, quindi è necessario applicare una correzione matematica. Questa soglia è 1.219+ metri (4.000+ piedi) sopra il livello del mare per le camere S e 61+ metri (200+ piedi) sopra il livello del mare per le camere L e L-OO. Le camere H non richiedono alcuna correzione dell'elevazione. I fattori di correzione dell'elevazione vengono discussi più avanti in questo manuale.

Rad Elec produce camere a ionizzazione in diversi volumi, che consentono un'ampia gamma di tempi di esposizione e sensibilità. Volumi maggiori della camera consentono un aumento del numero di ioni effettivamente generati dal decadimento del radon. Se utilizzato insieme a uno dei tre tipi di elettrodi, il tester per radon può assemblare una configurazione E-PERM® su misura in grado di misurare accuratamente il radon per il loro protocollo specifico (che va da poche ore a oltre un anno).



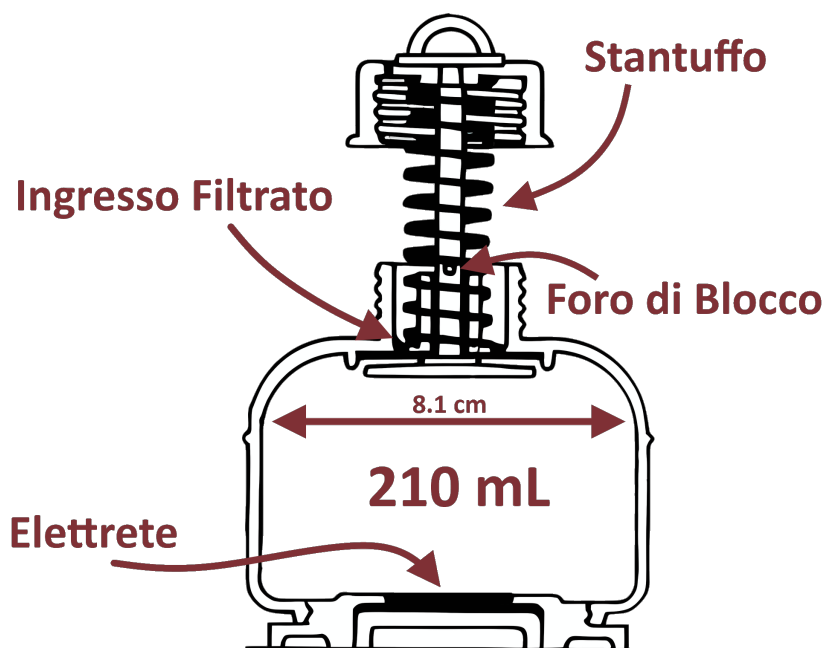
## Camera L-OO



## Camera S

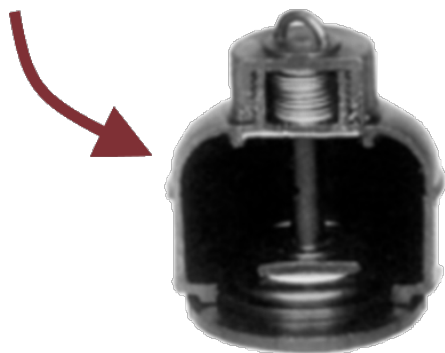
La camera S ha un volume di 210 ml con un meccanismo di chiusura sotto forma di tappo a vite caricato a molla. Quando questo tappo è chiuso, l'elettretre non misurerà il radon (e non perderà alcuna tensione a causa della ionizzazione). Ciò è dovuto ad uno stantuffo che copre la superficie dell'elettretre, riducendo così il volume della camera quasi a zero (e impedendo la misurazione di qualsiasi ionizzazione).

L'interno della camera deve essere ispezionato prima di ogni utilizzo per garantire che il filtro non sia allentato e che la camera stessa sia priva di polvere, fibre e sporco o detriti ambientali. Quando si ispeziona la camera, picchiettarla delicatamente su un tavolo per rimuovere eventuali tracce di sporco o detriti; questo è utile anche per determinare se il filtro è allentato. La camera deve essere pulita anche con azoto o con un compressore d'aria privo di olio per rimuovere eventuali particelle di sporco o polvere. Quando la camera S non è in uso, conservarla in una busta Tyvek® o ZipLoc® (come quella in cui è stata spedita al momento dell'acquisto).

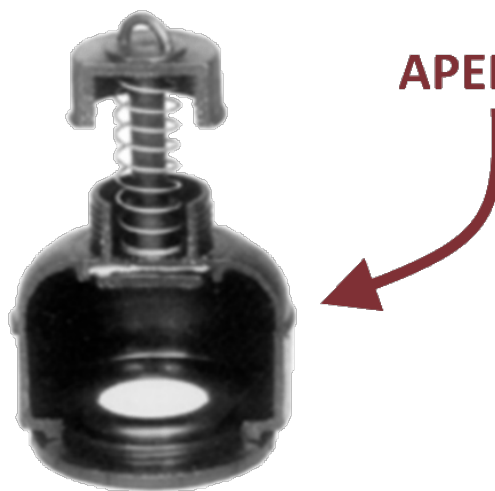


**Diagramma della Camera S**

**CHIUSO**



**APERTO**



**Perché si chiama Camera S? "S" è l'abbreviazione di "standard".**

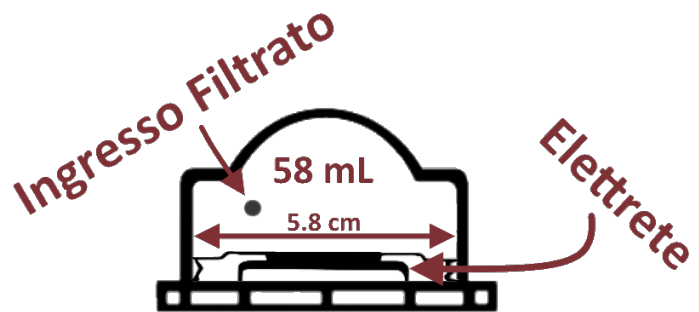
## Camera L



## Camera L

La camera L è una camera a ionizzazione a basso volume (58 ml). Non dispone di un meccanismo di chiusura, il che significa che gli elettretici dovranno essere caricati sulla camera presso il sito di prova o successivamente installati subito dopo aver caricato l'elettretico sulla camera. A causa dell'assenza di un meccanismo di chiusura, le camere a ionizzazione ad elettretico che utilizzano la camera L devono essere attivate il prima possibile dopo la lettura e il caricamento dell'elettretico. Anche la lettura della tensione finale dovrebbe essere misurata il più presto possibile dopo il periodo di esposizione, a meno che l'elettretico non venga rimossa dalla camera L e conservata nel suo cappuccio.

Il tempo totale di ritardo di non esposizione (vale a dire la somma del periodo di ritardo sia prima che dopo il periodo di esposizione previsto) dovrebbe essere inferiore al 5% del periodo di esposizione totale. Ciò contribuirà a garantire che la radiazione ionizzante di fondo misurata durante i periodi di ritardo (ad esempio durante il transito in caso di spedizione) sia ridotta al minimo rispetto al periodo di esposizione molto più lungo.



## Diagramma della Camera L

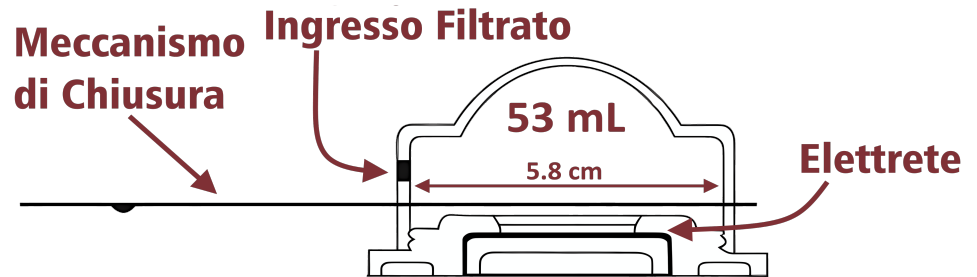
L'interno della camera L deve essere ispezionato prima di ogni utilizzo. Se all'interno della camera si trovano polvere e/o sporco, è possibile pulirla con azoto di tipo industriale o con un compressore d'aria senza olio. Per mantenere pulita la camera L prima dell'installazione, Rad Elec consiglia di conservarla e trasportarla all'interno di una borsa Ziploc® o Tyvek® (o in alternativa caricare su di essa un elettretico esaurito). A causa del suo volume relativo inferiore, la camera L tende ad essere utilizzata per misurazioni più lunghe, in genere con intervalli che vanno da 91 a 365 giorni.

**Perché si chiama camera L? "L" è l'abbreviazione di "low volume".**



## Camera L-00

La camera L-00 è una camera a basso volume (53 mL) con un meccanismo di chiusura integrato, che consente alle camere a ionizzazione ad elettretre che utilizzano camere L-00 di essere esposte (accese) o coperte (spente) utilizzando un meccanismo di chiusura. Questo meccanismo consente un controllo molto più preciso sulle date/ora di avvio e arresto eliminando la necessità di caricare gli elettreti mentre si è sul campo. Analogamente alla camera L, il volume più piccolo (rispetto alle Camere S e H) riduce la quantità totale di ionizzazione all'interno della camera. Ciò fa sì che la camera L-00 venga solitamente dispiegata per periodi più lunghi, tipicamente tra 30 e 365 giorni (a seconda del tipo di elettretre).



## Diagramma della Camera L-00

Per utilizzare il meccanismo di chiusura, caricare l'elettretre sul fondo della camera L-00. Tirare il meccanismo di chiusura in posizione chiusa (come mostrato di seguito), con il foro visibile sul meccanismo di chiusura. Posiziona un meccanismo di bloccaggio (come una graffetta, una coppiglia o un fermaglio) in uno dei fori di sicurezza per garantire che il meccanismo di chiusura non si apra accidentalmente finché l'esposizione non è pronta per iniziare. Per avviare il test, tirare il cursore in posizione aperta (come mostrato di seguito). Il foro nel meccanismo di chiusura non sarà visibile quando la camera L-00 è in posizione aperta. Utilizzare un meccanismo di bloccaggio per fissare la guida in posizione aperta. Per interrompere il test, tagliare o rimuovere prima il meccanismo di bloccaggio, quindi riportare il cursore in posizione chiusa. Fissare la camera L-00 in posizione chiusa con un meccanismo di bloccaggio a scelta.



## Camera H

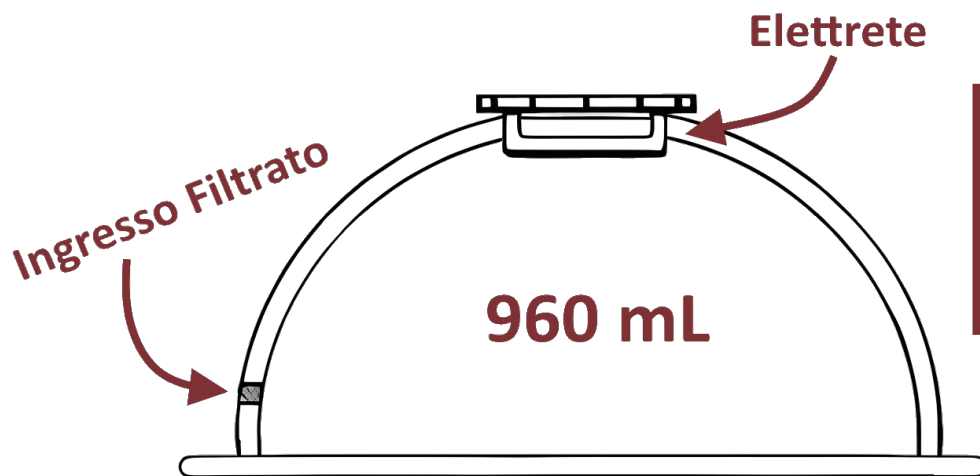
La camera H è una camera a ionizzazione ad alto volume da 960 ml. Essendo la camera a ionizzazione più grande attualmente prodotta da Rad Elec, la camera H è ideale per effettuare misurazioni rapide. Se combinata con un elettrete a breve termine (ST), questa configurazione può misurare concentrazioni di radon estremamente basse con un elevato grado di precisione; tale configurazione sarebbe una buona scelta per testare il radon ambientale o per misurazioni di durata molto breve.



## Camera H

Non è presente alcun meccanismo di accensione/spegnimento sulla camera H, il che significa che l'elettrete deve essere caricato nella camera immediatamente prima di iniziare la misurazione. Allo stesso modo, al termine dell'esposizione, l'elettrete deve essere immediatamente rimosso e riposto nel suo cappuccio di contenimento.

Come tutte le altre camere, la camera H deve essere ispezionata prima di ogni utilizzo. Dovrebbe essere priva di polvere o fibre prima di essere caricato con un elettrete. Se si trova polvere all'interno di una camera H, è possibile eliminarla utilizzando azoto (o un compressore d'aria senza olio). Quando non in uso, la camera H deve essere conservata in una busta Ziploc®.



Perché si chiama Camera H? "H" è l'abbreviazione di "high volume".

## Diagramma della Camera H



## Letto di tensione (SPER-1E)



Il lettore di tensione SPER-1E viene utilizzato per misurare la tensione (potenziale superficiale) di un elettrete. Il lettore SPER-1E è un voltmetro senza contatto ad alta precisione. Dovrebbe essere maneggiato con cura. Quando non in uso, il lettore deve essere conservato nella sua valigetta.

La parte anteriore del lettore SPER-1E comprende lo schermo, l'alloggiamento per l'elettrete, l'otturatore e la maniglia dell'otturatore.

Lo schermo mostra messaggi operativi, informazioni diagnostiche e letture di tensione. L'alloggiamento per l'elettrete è l'apertura circolare in cui viene posizionato l'elettrete per la misurazione. L'otturatore si trova sotto l'alloggiamento e protegge il sensore interno quando il lettore non è in uso. La maniglia dell'otturatore si trova in basso a destra; tirandola

**SPER è l'abbreviazione  
di Surface Potential  
Electret Readers.**

delicatamente verso di sé, si apre l'otturatore e lo strumento si accende oppure avvia una lettura. Il sensore dietro l'otturatore è molto sensibile e si danneggia facilmente, pertanto l'otturatore deve rimanere chiuso tranne quando si effettuano le letture.

**Il sensore dietro l'otturatore è molto sensibile e si danneggia facilmente. Tenere l'otturatore chiuso tranne quando si effettuano le letture. Non toccare, né permettere ad alcun oggetto di toccare, la scheda del sensore situata dietro l'otturatore.**

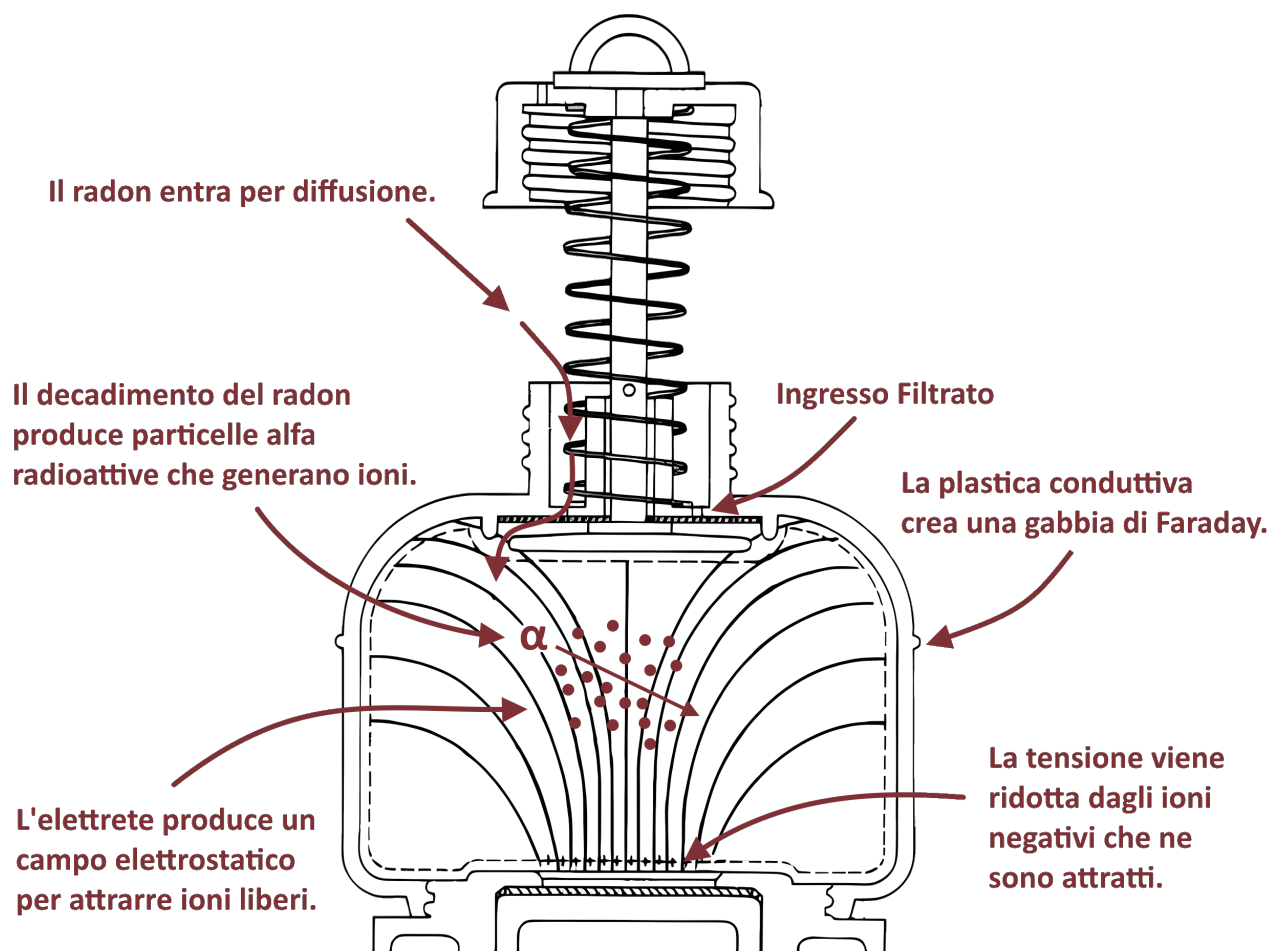
La valigetta per il trasporto contiene un essiccante per mantenere il lettore libero dall'umidità. Poiché l'essiccante assorbe l'umidità dall'ambiente, i suoi cristalli cambieranno lentamente colore. Rad Elec consiglia di controllare regolarmente l'essiccante per valutare il colore dei cristalli. Se necessario, l'essiccante può essere rinnovato inserendolo in un forno impostato a una temperatura specifica (tipicamente intorno a 225° Fahrenheit / 110° Celsius) per alcune ore. Istruzioni più dettagliate saranno scritte sul contenitore dell'essiccante.

**Il lettore di tensione deve essere calibrato annualmente.** Durante questo processo, Rad Elec eseguirà la manutenzione ordinaria del lettore, cambierà le batterie e calibrerà le letture su diversi intervalli di tensione noti e tracciabili. Al termine di questo processo, Rad Elec certificherà le tensioni degli elettretti di riferimento associati al lettore e rilascerà un certificato di calibrazione. [I moduli di calibrazione](#) possono essere trovati sul sito web di Rad Elec. Si prega di notare che questo servizio di calibrazione è a pagamento.

Sebbene la pratica specifica della lettura di un elettrete verrà discussa più avanti in questo manuale, il principio è facile da comprendere. Utilizzando il lettore di tensione SPER-1E, la tensione superficiale di un elettrete viene misurata prima e dopo un test del radon. Poiché la camera a ionizzazione ad elettrete è esposta al radon, la tensione superficiale viene ridotta. Questa riduzione della tensione superficiale è una misura della concentrazione di radon integrata nel tempo nell'ambiente.



## Principio della camera a ionizzazione ad elettrete



Il gas radon (e **non** la progenie presente nell'aria) si diffonde attraverso gli ingressi filtrati in una camera a ionizzazione a elettrete. Questa diffusione continua finché la concentrazione di radon all'interno della camera non è uguale alla concentrazione di radon all'esterno (tipicamente una stanza). La radiazione emessa dal decadimento del radon e della sua progenie formatasi all'interno della camera ionizza l'aria, che produce ioni sia positivi che negativi.

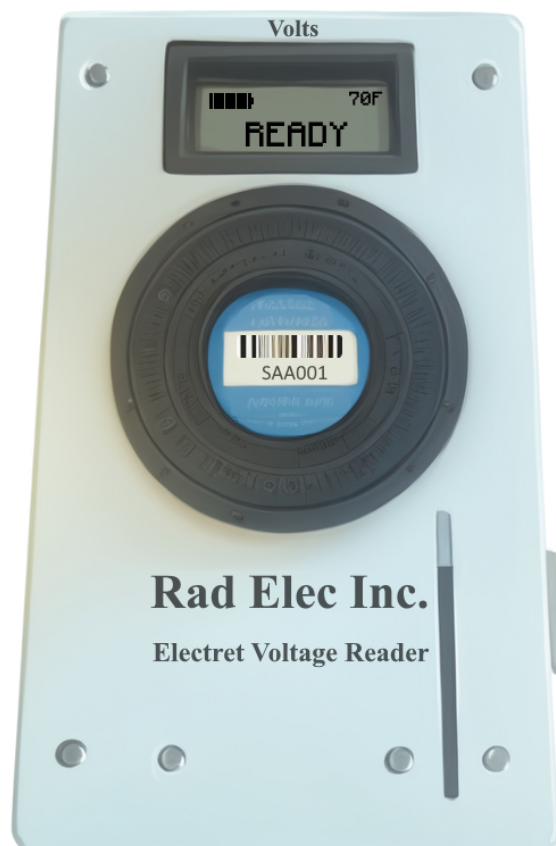
La superficie dell'elettrete caricata positivamente attrae gli ioni negativi (anioni) generati durante la ionizzazione. Quando gli anioni raggiungono la superficie dell'elettrete, la carica superficiale dell'elettrete si riduce. Gli ioni positivi (cationi) vengono spinti verso le pareti interne della camera a ionizzazione, dove si dissipano.

La riduzione della tensione superficiale dell'elettrete consente il calcolo della concentrazione di radon.

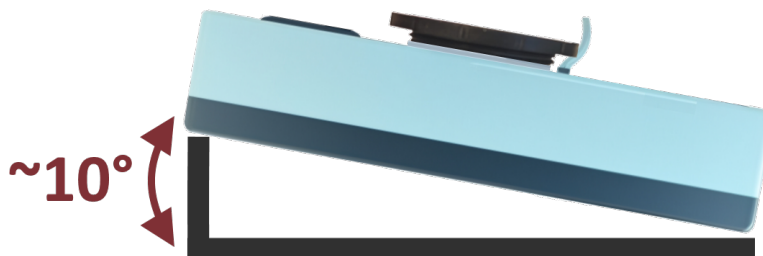
## Come misurare la tensione superficiale dell'elettrete

Comprendere e utilizzare la tecnica corretta per misurare la tensione superficiale di un elettrete è senza dubbio la parte più importante per condurre con successo una misurazione in una camera a ionizzazione ad elettrete. Nel complesso, ci sono alcuni punti chiave da tenere a mente: misurare più volte la tensione dell'elettrete per garantire una lettura accurata e utilizzare una tecnica appropriata (e coerente).

**1** Rimuovere l'elettrete dal coperchio o dalla camera a ionizzazione e posizionarlo a faccia in giù sulla presa circolare situata sul lettore SPER-1E. Tirare la slide sul lettore per accenderlo e lasciarlo riscaldare per qualche secondo. Durante l'avvio, SPER-1E visualizzerà alcune informazioni diagnostiche (come le condizioni della batteria e la temperatura ambiente in Fahrenheit). Dopo che queste informazioni diagnostiche sono state visualizzate, lo schermo visualizzerà "READY".



**2** Ruotare l'elettrete in modo che il numero di serie sia parallelo (e allineato) con l'etichetta "Electret Voltage Reader" incisa sullo SPER-1E. Per coerenza, Rad Elec consiglia di tenere il lettore nella sua valigetta. Appoggiare contro la schiuma all'interno della valigetta in modo che si trovi a un angolo di circa 10°. Ciò garantisce che la gravità attiri l'elettrete leggermente verso di te, per rimanere coerente.





3

Posizionare un cappuccio sopra l'elettrete, che coprirà il numero di serie. Posizionare delicatamente un dito indice sulla parte superiore centrale del cappuccio e tira la maniglia con l'altra mano. Quando tiri lo scivolo, i tuoi movimenti dovrebbero essere relativamente coerenti. Rilascia delicatamente la maniglia quando sullo schermo viene visualizzato un numero.

4

Il numero al centro dello schermo rappresenta la tensione attuale dell'elettrete. Lo stato della batteria viene visualizzato nell'angolo in alto a sinistra dello schermo e un piccolo numero a tre cifre nell'angolo in alto a destra rappresenta il tempo (in millisecondi) impiegato per l'azione.

5

Dopo aver atteso qualche secondo, ripetere la misurazione tirando nuovamente la maniglia. Quando si impara a leggere gli elettreti, Rad Elec consiglia di ripetere questo processo quattro o cinque volte.

**In genere sono necessari dai 300 ai 500 millisecondi per completare una misurazione della maniglia.**

6

Rimuovere l'elettrete dal lettore SPER-1E e proteggerlo sostituendo il cappuccio o restituendolo alla camera a ionizzazione in posizione chiusa. Se sono necessarie ulteriori letture dell'elettrete, ripetere i passaggi da 1 a 5 per ottenere la quantità desiderata.

7

Congratulazioni! Hai letto la tensione di un elettrete. Il lettore SPER-1E si spegnerà automaticamente dopo alcuni minuti di inattività.

## Elettreti di riferimento

Gli elettreti di riferimento sono una parte importante per garantire che il lettore di tensione SPER-1E misuri accuratamente la tensione superficiale degli elettreti. A ogni lettore di tensione vengono assegnati due elettreti di riferimento (che comprendono una coppia) oltre a un elettrete specializzato di "azzeramento" e vengono ricertificati ogni volta che il lettore di tensione viene calibrato. Gli elettreti di riferimento sono elettreti specializzati a bassa tensione estremamente stabili e le cui tensioni sono riconducibili al certificato di calibrazione del lettore SPER-1E. Lo scopo di questi elettreti di riferimento è confermare che il lettore di tensione SPER-1E funziona entro i suoi parametri calibrati.



**Gli elettreti di riferimento non dovrebbero mai essere utilizzati per la misurazione del radon.**

Gli elettreti di riferimento **non devono essere utilizzati per il test del radon**; il loro unico scopo è garantire che il lettore di tensione misuri correttamente le tensioni. Gli elettreti di riferimento dovrebbero misurare entro  $\pm 3$  volt dalle tensioni certificate. L'elettrete di azzeramento deve misurare entro  $\pm 3$  volt dallo zero.

Una linea di base settimanale e un registro dell'elettrete di azzeramento devono essere mantenuti e utilizzati come parte del piano di garanzia e controllo della qualità. Registrare la tensione di riferimento e le letture dell'elettrete di azzeramento come faresti con un normale elettrete. Conservare sempre gli elettreti di riferimento ed azzeramento nei relativi cappucci protettivi quando non vengono letti. Se le letture settimanali rimangono entro i limiti accettabili sopra menzionati ( $\pm 3$  volt), puoi essere certo che il tuo lettore di tensione SPER-1E funziona correttamente.

**Per garantire che il lettore SPER-1E effettui misurazioni accurate, gli elettreti di riferimento e di azzeramento devono rimanere entro  $\pm 3$  V delle tensioni certificate.**

Durante la lettura degli elettreti di riferimento, se uno degli elettreti, ma non entrambi, si discosta in modo significativo (maggiore di 3 volt) dalla tensione certificata, si può dedurre che il lettore SPER-1E



funziona ancora correttamente. È probabile che uno degli elettretti di riferimento si sia scaricato a causa di un tocco accidentale o di particelle ambientali (come polvere o fibre). In tal caso, pulire l'elettrete con azoto (o un compressore d'aria privo di olio) e monitorarlo nei giorni successivi finché non diventa stabile. Se un elettrete di riferimento scende al di sotto di 100 volt, dovrebbe essere sostituito con un nuovo elettrete di riferimento.

**Le letture di routine degli elettretti di riferimento e di azzeramento ti consentono di avere fiducia nelle tue misurazioni del radon!**

Tuttavia, durante la lettura degli elettretti di riferimento, se entrambi gli elettretti si discostano in modo significativo dalle tensioni certificate (maggiori di 3 volt), potrebbe essere necessario calibrare o riparare il lettore di tensione SPER-1E. Contatta Rad Elec e saremo lieti di aiutarti a risolvere il problema.

Gli elettretti di riferimento e di azzeramento non dovrebbero essere considerati sostitutivi della calibrazione effettiva. Questi elettretti forniscono solo un punto di riferimento per il lettore SPER-1E e non devono essere interpretati come un metodo di calibrazione in sé e per sé. Durante il processo di calibrazione ufficiale, il lettore SPER-1E viene calibrato su un intervallo di tensione molto più ampio.

**Tuttavia gli elettretti di riferimento e di azzeramento non servono in sostituzione della calibrazione.**



## Configurazioni E-PERM®

Gli E-PERM® comprendono due componenti indipendenti e intercambiabili: un **elettrete** e una **camera a ionizzazione**. Se combinato in una configurazione specifica, l'E-PERM® risultante (camera a ionizzazione ad elettrete) mostra una sensibilità che lo rende ideale per alcuni test sul radon. Ognuna di queste configurazioni ha uno schema di denominazione che tipicamente aggiunge il tipo di elettrete dopo il tipo di camera. Ad esempio, una camera S dotata di un elettrete ST è chiamata SST, mentre una camera H dotata di un elettrete LT è chiamata HLT.

La piccola differenza in questo modello di denominazione riguarda le Camere L-OO (con il meccanismo di chiusura), a cui è attaccato il suffisso -OO all'estremità della configurazione E-PERM®. Ad esempio, una camera L-OO dotata di un elettrete ST è chiamata LST-OO. I vari nomi delle configurazioni E-PERM® possono risultare impegnativi anche per coloro che utilizzano camere a ionizzazione ad elettrete da anni.

La sensibilità risultante di una configurazione E-PERM® è una funzione sia del tipo di elettrete che del volume della camera a ionizzazione. Volumi maggiori della camera a ionizzazione consentono il verificarsi di una maggiore quantità di ionizzazione simultanea, con conseguente misurazione più sensibile. Allo stesso modo, i tre tipi di elettrete sono divisi nelle rispettive sensibilità (che a sua volta è una funzione dello spessore del Teflon®). L'elettrete ST è il tipo di elettrete più sensibile perché ha il disco di Teflon® più spesso, mentre l'elettrete LT è l'elettrete meno sensibile perché è costruito con uno strato di Teflon® molto sottile.



Le configurazioni E-PERM® con una sensibilità totale maggiore saranno maggiormente influenzate dal decadimento del radon. Ciò significa che configurazioni molto sensibili, come l'HST (camera H + elettrete ST), sono destinate a misurare un ambiente standard per un breve periodo di tempo (da 8 a 24 ore). In alternativa, la configurazione HST può essere utilizzata per misurare un ambiente a bassa concentrazione nell'arco di pochi giorni.

Al contrario, le configurazioni con una sensibilità totale bassa risentono meno del decadimento del radon in ogni momento. La configurazione meno sensibile è la LLT-OO. Questa configurazione viene generalmente implementata per circa un anno, sebbene possa essere implementata per un periodo di tempo più breve quando sono previste elevate concentrazioni di radon.

Per la maggior parte dei test sul radon condotti negli Stati Uniti, la configurazione SST (camera S + elettrete ST) è la configurazione più diffusa. Questo perché la stragrande maggioranza dei test sul radon negli Stati Uniti sono esposti per due o quattro giorni. In Canada (e in molti altri paesi nel mondo), viene posta maggiore enfasi sulla caratterizzazione del radon nell'arco di diversi mesi; tali test a lungo termine utilizzerebbero tipicamente una configurazione LST-OO, SLT o LMT-OO. Se un test sul radon dovesse essere prolungato da 6 a 12+ mesi, allora una configurazione LLT-OO sarebbe la configurazione più appropriata da utilizzare.

Di seguito sono elencate le nove configurazioni E-PERM®. Sebbene vi sia una significativa sovrapposizione tra i periodi di esposizione tipici, questa tabella esemplifica la notevole versatilità delle camere a ionizzazione ad elettrete.

Configurazione E-PERM®	Tipo di camera	Tipo di elettrete	Esposizione tipica	Codice NRSB	Codice NRPP	Elencata da C-NRPP
SST	S	ST	2 a 7 giorni	51203	ES-8212	Sì
SLT	S	LT	30 a 120 giorni	51202	ES-8211	Sì
LST	L	ST	30 a 91 giorni	--	EL-8230	No
LLT	L	LT	180 a 365 giorni	51201	EL-8210	Sì
LST-OO	L-OO	ST	30 a 91 giorni	--	--	No
LMT-OO	L-OO	MT	91 a 180 giorni	--	ES-8236	Sì
LLT-OO	L-OO	LT	180 a 365 giorni	51201	EL-8210	Sì
HST	H	ST	6 alle 24 ore	--	--	No
HLT	H	LT	7 a 14 giorni	--	--	No



## Esecuzione di un test sul radon

Dopo aver appreso i vari componenti che compongono il sistema E-PERM®, è il momento di imparare come utilizzarli per condurre un test sul radon. Questa sezione fornirà istruzioni passo passo dall'inizio alla fine, anche se richiederà familiarità con i vari componenti del sistema e il loro funzionamento (che sono stati descritti in precedenza in questo manuale).

**Questa sezione descrive come condurre una misurazione duplicata, ma le istruzioni possono essere applicate a qualsiasi numero di rilevatori.**

**Esercitarsi a casa può aumentare la tua sicurezza con le misurazioni del radon.**

**1**

Nel tuo ufficio o laboratorio, misura la tensione per due elettretti. Questo valore è chiamato **tensione iniziale**. La tecnica specifica per leggere gli elettretti è discussa nel capitolo precedente, [Come Misurare la Tensione Superficiale dell'Elettrete](#).

**2**

Dopo aver letto gli elettretti, caricarli con attenzione nelle rispettive camere a ionizzazione se dispongono di un meccanismo di chiusura. Se non è possibile spegnere le camere ioniche, avvitare invece il cappuccio protettivo per ciascun elettrete.

**Non toccare mai la superficie dell'elettrete.**

**3**

Posizionare le camere a ionizzazione ad elettrete in una scatola antimanomission, un manicotto di distribuzione o un sacchetto Tyvek®. Metti alcune fascette in questo contenitore; possono essere utilizzati per fissare i rilevatori in un punto a scelta per evitare manomissioni.

**I test sul radon a breve termine (che vanno da 2 a 90 giorni) richiedono il mantenimento delle condizioni di un edificio chiuso per tutta la durata del test.**

**4**

All'arrivo sul sito del test, assicurarsi che siano soddisfatte le condizioni dell'edificio chiuso se si esegue un test del radon a breve termine. Se il periodo di esposizione desiderato è inferiore a quattro giorni, l'edificio chiuso deve essere mantenuto almeno 12 ore prima dell'inizio del test del radon. Informare gli occupanti del test del radon e delle condizioni di test richieste.



**Se una prova a breve termine dura almeno 96 ore, non sono richieste condizioni di edificio chiuso prima della prova.**

**5** Portare le camere a ionizzazione ad elettreti al livello più basso vivibile del sito di test e scegliere un luogo di installazione appropriato per i rilevatori. Se si utilizzano camere a ionizzazione con un meccanismo di chiusura, aprire le camere. Se si utilizzano camere senza meccanismo di chiusura, caricare gli elettreti nelle rispettive camere. Registrare la **data/ora di inizio** oltre alla **posizione**.

**6** Chiudere la scatola antimanoissione, la valigetta di distribuzione o la busta Tyvek®. Fare attenzione a non chiudere accidentalmente le camere a ionizzazione ad elettreti durante questo processo. Se sono presenti occupanti nel sito di prova, si consiglia di proteggere i rilevatori con fascette per evitare manomissioni.

**7** Esporre i rilevatori per il periodo di tempo desiderato (solitamente 48+ ore). Se il sito è occupato, discutere i requisiti per un test del radon a breve termine con gli eventuali occupanti.

**8** Al ritorno al sito di prova al termine della prova, condurre una rapida sorveglianza del sito per garantire che siano soddisfatte le condizioni dell'edificio chiuso. Individuare e chiudere le camere a ionizzazione ad elettreti. Se non si utilizzano camere con meccanismo di chiusura, rimuovere con attenzione gli elettreti dalle camere e conservarli nei relativi cappucci.

**9** Scrivere la **data/ora di fine** immediatamente dopo la chiusura delle camere (o dopo la conservazione degli elettreti nei rispettivi cappucci).

**10** Leggere le **tensioni finali** al ritorno in ufficio o in laboratorio.

**11** Conservare gli E-PERM® in modo sicuro caricandoli in camere chiuse o inserendoli nei relativi cappucci.

**12** Per analizzare il test del radon, calcolare i risultati inserendo le informazioni pertinenti nel software Radon Report Manager, in un foglio di calcolo ufficiale Rad Elec o in strumenti online come [Online Report Creator](#) o [Quick Calculator](#).

**Se necessario, pulire gli elettreti dopo aver letto le tensioni finali, ma prima di riporli.**



## Strumenti di analisi

Rad Elec offre diversi strumenti per analizzare le camere a ionizzazione ad elettrode, ognuno dei quali verrà descritto in questa sezione. Un vantaggio importante degli E-PERM® è la libertà di scegliere il proprio approccio. Poiché tutti i nostri algoritmi sono pubblicati, è possibile creare i propri fogli di calcolo o applicazioni maggiormente personalizzati in base alle proprie esigenze specifiche.

È necessario prestare la massima attenzione quando si creano fogli di calcolo o applicazioni, poiché anche una sola parentesi fuori posto può causare errori nel calcolo della concentrazione di radon. Se desideri che il tuo foglio di calcolo o la tua domanda venga revisionato, contatta Rad Elec e faremo del nostro meglio per esaminare il tuo lavoro.

Tenendo presente questo, Rad Elec consiglia di utilizzare i nostri metodi analitici ufficiali, come descritto di seguito.

### Radon Report Manager

Il Radon Report Manager (RRM) è il principale software analitico per le camere a ionizzazione ad elettrode, sebbene possa anche generare rapporti sui test del radon utilizzando un'ampia varietà di metodologie di test. Oltre a generare rapporti sui test del radon, l'RRM tiene traccia anche di molte statistiche che possono essere utili per la reportistica internazionale e le pratiche di laboratorio.

L'RRM è lo strumento di analisi più completo di Rad Elec e viene aggiornato regolarmente. Non sono previsti costi di abbonamento e l'applicazione può funzionare senza alcuna connessione Internet. Sebbene Radon Report Manager funzioni nativamente sui sistemi operativi Microsoft Windows®, lo staff di supporto tecnico di Rad Elec è felice di aiutarti se desideri installarlo su macOS o Linux.

Va oltre lo scopo di questo documento discutere tutte le caratteristiche e le operazioni del Radon Report Manager. Basti dire che il software RRM può generare decine di report e può essere personalizzato in base alle esigenze della vostra azienda. Alla fine di questo manuale è presente un esempio di rapporto di test standard sul radon generato dall'RRM. Se desideri saperne di più, il manuale del software può essere trovato nella sezione [Manuali](#) del sito web di Rad Elec.



## Fogli di calcolo

I fogli di calcolo offrono un metodo rapido e affidabile per analizzare i risultati, che si tratti di un singolo E-PERM® o di poche migliaia. I fogli di calcolo sono ideali quando i professionisti del radon non hanno bisogno di generare rapporti sui test del radon e non hanno bisogno di promemoria o indicazioni sugli obblighi di QA/QC. I fogli di calcolo possono essere scaricati dal sito Web di Rad Elec e vengono rilasciati sia nei formati Microsoft XLSX che Open/LibreOffice ODS.

Rad Elec crea anche fogli di calcolo per funzioni più specializzate, come:

- **Flusso di Radon**, per misurare il tasso di esalazione del radon dal suolo o da un'altra superficie.
- **Radon nell'acqua**, per misurare la concentrazione di radon nei campioni d'acqua.
- **Gamma di Fondo**, per misurare la radiazione gamma di fondo ambientale.
- **Thoron**, per misurare l'isotopo del radon dalla catena di decadimento del torio.
- E altro ancora...

## Quick Calculator

Il venerabile Quick Calculator è da molti anni un pilastro del sito web di Rad Elec. Finché Internet è disponibile, questo strumento online può essere utilizzato per calcolare i risultati del test E-PERM®. Tuttavia, non genererà un rapporto sul test del radon e i risultati non verranno salvati dopo aver abbandonato la pagina. La "Calcolatrice Rapida" rappresenta un modo conveniente per analizzare rapidamente i risultati quando sei in movimento.

## Online Report Creator

Online Report Creator di Rad Elec è una piattaforma basata su cloud per il calcolo dei risultati dei test sul radon. Come il calcolatore rapido, richiede un browser connesso a Internet. L'ORC le consente di generare rapporti personalizzati sui test del radon, inviarli via email a te stesso (o ai tuoi clienti) e salvare questi risultati in remoto in un database in modo da potervi accedere in seguito. Sebbene sia più complesso della Calcolatrice rapida, è anche molto più personalizzabile e potente.



# Effetti ambientali sulle camere a ionizzazione ad elettretre

Sebbene le superfici dell'elettretre siano vulnerabili alle scariche dovute a contatti accidentali o sporco, una camera a ionizzazione ad elettretre correttamente assemblata è abbastanza durevole e resistente a un'ampia gamma di effetti ambientali. Per utilizzare con successo le camere a ionizzazione ad elettretre, è importante comprendere gli effetti delle diverse condizioni ambientali sul sistema E-PERM®. Questa sezione descriverà le seguenti condizioni in maggior dettaglio:

- **Temperatura**
- **Umidità**
- **Raggi X**
- **Elevazione e Pressione**
- **Radiazione Beta**
- **Radiazione Gamma**
- **Presenza di ioni**
- **Correnti d'aria**
- **Thoron**
- **Campi elettromagnetici**
- **Particolato aerodisperso**
- **Sporco e Polvere**

## Temperatura

**Gli elettretre possono misurare il radon in un'ampia gamma di temperature, sia in ambienti interni che esterni.**

Le misurazioni E-PERM® non sono influenzate dalle normali variazioni di temperatura presenti nelle case o negli ambienti esterni. Sono stati utilizzati con successo dall'USEPA per effettuare misurazioni del radon ambientale all'aperto in tutte le stagioni dell'anno in tutti i cinquanta Stati. Questi e altri test controllati hanno dimostrato che l'effetto della temperatura sulla precisione degli E-PERM® è trascurabile.

Tuttavia, dovresti essere consapevole delle variazioni di temperatura che possono verificarsi durante la lettura della tensione di un elettretre. A causa dei diversi coefficienti di espansione del Teflon®, la superficie dell'elettretre tende a concava o leggermente convessa quando la temperatura cambia sostanzialmente. Ciò fa sì che la superficie dell'elettretre si avvicini leggermente o si allontani dal sensore nel lettore di tensione SPER-1E, il che può comportare una

**Gli elettretre dovrebbero essere letti in ambienti controllati sia per le letture della tensione iniziale che per quelle finali.**



piccola variazione nelle letture di tensione (tipicamente pochi volt).

**Se gli elettreti sono stati lasciati fuori durante la notte in inverno (o lasciati in un veicolo durante l'estate), portateli semplicemente dentro e aspettate un'ora o due prima di leggerli.**

La variazione di tensione può arrivare fino a 1-2 volt per ogni differenza di 4° C (10° F) tra due letture. Questa variazione di tensione dovuta alla temperatura non è permanente e tornerà alla normalità quando l'elettrete potrà equilibrarsi in un ambiente controllato (di solito in circa un'ora). In altre parole, se un elettrete è anormalmente caldo o freddo, è sufficiente attendere un'ora affinché ritorni alla temperatura ambiente prima di leggere la tensione.

## Umidità relativa

Anche i livelli più elevati di umidità relativa riscontrati nelle case o negli ambienti non influiscono sulle camere a ionizzazione ad elettrete. Infatti gli E-PERM® vengono abitualmente utilizzati per eseguire misurazioni del radon in ambienti con umidità relativa del 100%. Se gli elettreti sono esposti in ambienti in cui è consentita la formazione di condensa sulla loro superficie, è importante prestare la massima attenzione durante il recupero di questi rilevatori. Dovrebbero essere trasportati con tappi protettivi, quindi aperti in un ambiente controllato (preferibilmente con una bassa concentrazione di radon nota) e lasciati asciugare per un'ora.

Nonostante l'immunità di fatto all'umidità relativa delle camere a ionizzazione ad elettrete, lo stesso non si può dire del lettore di tensione SPER-1E. Lo SPER-1E è uno strumento elettronico sensibile e deve essere mantenuto asciutto per misurare correttamente la tensione superficiale dell'elettrete.

**A tutti gli effetti, le camere a ionizzazione ad elettrete sono immuni a livelli elevati di umidità. Lo stesso non si può dire per il lettore di tensione SPER-1E: non far cadere il lettore nell'acqua!**

## Elevazione e pressione

Le camere a ionizzazione ad elettrete sono influenzate da cambiamenti significativi di elevazione. Il meccanismo di questo cambiamento è dovuto ai cambiamenti della pressione barometrica (che

diminuisce all'aumentare dell'altitudine). Quando la pressione barometrica diminuisce, le molecole nell'aria diventano più sparse e questa dispersione riduce leggermente le possibilità di ionizzazione.

Questo cambiamento è più facilmente osservabile nelle camere a ionizzazione di volume più piccolo come le camere L e L-OO; in quanto tali, queste camere richiedono correzioni di elevazione ad altitudini superiori a 61 metri (200 piedi). Le Camere S, con un volume di 210 ml, non richiedono la correzione dell'elevazione ad altitudini inferiori a 1.219 metri (4.000 piedi). Le camere H, con un volume di 960 ml, non richiedono alcun fattore di correzione dell'elevazione ad altitudini abitabili.

**Le Camere H potrebbero richiedere fattori di correzione dell'elevazione sul Monte Everest. O nello spazio. Non ne siamo del tutto sicuri, perché non abbiamo fatto la ricerca... ancora!**

Le camere a ionizzazione ad elettretre non sono influenzate in modo significativo dai cambiamenti della pressione barometrica causati dalla maggior parte dei temporali. Tuttavia, tempeste massicce (come uragani, cicloni e tifoni) possono causare enormi cambiamenti nella pressione barometrica. Ciò influenzerà anche la velocità del flusso di radon dal suolo. Pertanto, probabilmente è meglio aspettare che passi l'uragano prima di effettuare un test del radon.

### Camera S



Per elevazioni <= 1219 metri

$$\text{ElevCF} = 1$$

Per elevazioni > 1219 metri

$$\text{ElevCF} = 0,79 + \left( \frac{6 \times 3,28084 \times \text{Elevazione (metri)}}{100000} \right)$$

### Camera L / L-OO



Per elevazioni <= 61 metri

$$\text{ElevCF} = 1$$

Per elevazioni > 61 metri

$$\text{ElevCF} = 1,005 + \left( \frac{4,5526 \times 3,28084 \times \text{Elevazione (metri)}}{100000} \right)$$

### Camera H



Per tutte le elevazioni

$$\text{ElevCF} = 1$$

*Nessuna correzione dell'elevazione!*



## Presenza di ioni

Gli ioni vaganti saranno sempre presenti in ogni stanza o luogo da testare. A volte si possono trovare grandi concentrazioni di ioni a causa della presenza di generatori di ioni artificiali o di fiamme libere. Gli

**Gli ioni ambientali, compresi quelli creati da fonti artificiali, vengono bloccati dai filtri della camera a ionizzazione.**

ioni ambientali – oltre a quelli creati da generatori di ioni artificiali o fiamme di gas – vengono completamente bloccati dagli ingressi filtrati situati all'interno delle camere a ionizzazione ad elettrete.

Oltre a impedire agli ioni vaganti di entrare negli E-PERM®, questi ingressi filtrati impediscono anche alla progenie del radon di contribuire alla perdita di tensione dell'elettrete.

## Raggi X

Le camere a ionizzazione ad elettrete sono sensibili agli ioni prodotti da radiazioni ionizzanti penetranti, come i raggi X. Nello specifico, i sistemi a raggi X degli armadietti (che sono spesso impiegati dalla sicurezza aeroportuale e utilizzati per controllare i bagagli) possono causare una scarica sostanziale della tensione superficiale dell'elettrete (a volte si perdono alcune dozzine di volt). Se trasporti camere a ionizzazione ad elettrete come bagaglio registrato durante il viaggio, assicurati di leggere i tuoi elettreti una volta arrivato a destinazione. Ciò contribuirà a garantire la precisione delle misurazioni.

## Radiazione Beta

La ricerca ha dimostrato che le camere a ionizzazione ad elettrete possono essere influenzate dai vicini emettitori di radiazioni beta. Le particelle beta percorrono circa un metro nell'aria, sebbene questa distanza possa essere influenzata dall'energia delle particelle e dalla densità dell'aria. Nella maggior parte dei casi, un emettitore beta non sarà in grado di influenzare una camera a ionizzazione ad elettrete se è a più di pochi metri di distanza, perché non avrà energia sufficiente per penetrare il guscio esterno della camera a ionizzazione. Sebbene ambienti estremamente polverosi con elevate concentrazioni di progenie di radon producano radiazioni beta, è improbabile che questi rari scenari producano una distorsione significativa.

## Radiazione gamma

Gli E-PERM® sono sensibili alle radiazioni gamma, che sono un'altra forma di radiazioni ionizzanti. A differenza dei raggi X, nella maggior parte dei siti di misurazione l'unica fonte di radiazioni gamma è la radiazione di fondo naturale. Ciò avrà un effetto minore, anche se misurabile, sulle camere a ionizzazione ad elettretre. Gli strumenti analitici di Rad Elec correggeranno automaticamente la gamma in base alle medie a livello statale; se si calcolano i risultati manualmente, la [tabella gamma](#) alla fine di questo manuale fornirà una raccolta dei livelli gamma medi di fondo per stato degli Stati Uniti o provincia canadese. Non abbiamo acquisito dati sui fondi gamma stimati per altri paesi, quindi i livelli devono essere stimati. Sono probabilmente compresi tra 50 e 100 nGy/ora.

Se nel sito si sospetta qualche altra fonte gamma, oltre ai normali livelli di fondo, è possibile misurarla facilmente e successivamente correggerla. Una misurazione gamma discreta può essere condotta sigillando un E-PERM® all'interno di un sacchetto Mylar® alluminizzato (o altro resistente al radon) e dispiegandolo insieme a camere a ionizzazione ad elettretre distribuite in modo standard. Il radon non potrà oltrepassare la barriera in Mylar® alluminizzato; tuttavia, la gamma non verrà attenuata.

## Campi elettrici e magnetici

La stragrande maggioranza dei campi elettrici e magnetici esterni non ha assolutamente alcun effetto sulle camere a ionizzazione ad elettretre. Gli E-PERM® sono costruiti in plastica elettricamente conduttiva, che crea una gabbia di Faraday che protegge l'elettretre dai campi elettromagnetici ambientali esterni.

**I campi elettromagnetici ad alta frequenza includono raggi gamma e raggi X. Queste sono radiazioni ionizzanti e sono considerate rischi per la salute. Anche l'esposizione a campi elettromagnetici ad alta frequenza scaricherà elettreti.**

I campi elettromagnetici si verificano sia in modo naturale (il nostro pianeta genera un campo elettromagnetico che aiuta a proteggerci dalle radiazioni cosmiche) che artificialmente (dai segnali WiFi alle onde radio). Questi campi elettromagnetici a frequenza più bassa – come quelli prodotti da telefoni cellulari, linee elettriche, onde radio, router di rete, ecc. – non avranno alcun effetto sulle camere a ionizzazione ad elettretre. Nell'intero spettro



elettromagnetico, solo le frequenze più alte (che comprendono i raggi gamma e X) rientrano nella categoria delle radiazioni ionizzanti. Oltre ad essere un rischio per la salute, questa radiazione scaricherà elettreti.

La ricerca ha dimostrato che campi magnetici estremamente forti (oltre 10.000 Gauss) sembrano avere un effetto sulla radiazione beta. A seconda dell'orientamento del campo magnetico, questo effetto può aumentare o diminuire i segnali beta. Questo è in gran parte accademico, poiché queste condizioni (forti campi magnetici con un emettitore di radiazioni beta) in genere non esistono in natura.

## Correnti d'aria

Le correnti d'aria non hanno alcun effetto sulla capacità degli camere a ionizzazione ad elettreti di rilevare la concentrazione media di radon di un ambiente, anche in un flusso d'aria corrente. Ciò è stato confermato da attente misurazioni all'interno e all'esterno di un tunnel in cui il flusso d'aria era significativamente elevato.

## Thoron

Thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) è un isotopo del radon; e proprio come il radon, è un gas radioattivo che fa parte di una lunga catena di decadimento. Tuttavia, a differenza del tempo di dimezzamento del radon di 3,8 giorni, il tempo di dimezzamento del thoron è di soli 55,6 secondi. Nella maggior parte degli ambienti, questa emivita più breve limita la distanza che il thoron può percorrere, il che significa che di solito è presente solo in concentrazioni molto piccole all'interno di una casa.

Sebbene la risposta al thoron vari leggermente tra le diverse camere a ionizzazione, gli E-PERM® in genere rilevano solo il 3% - 5% del thoron in un dato ambiente. A tutti gli effetti, ciò significa che un E-PERM® standard non sarà in grado di misurare una concentrazione statisticamente significativa di thoron. Se desideri misurare la concentrazione di thoron di un ambiente specifico, Rad Elec produce camere specializzate per Radon-Thoron (RT) che consentono tempi di risposta molto più rapidi; quando utilizzato insieme a camere standard, questo

**Il thoron è un gas radioattivo ionizzante, proprio come il radon. Tuttavia, la sua breve emivita solitamente fa sì che non raggiunga concentrazioni elevate all'interno delle case.**



approccio consente la caratterizzazione delle concentrazioni di thoron.

## Sporco, polvere e particolato aerodisperso

Lo sporco ambientale, la polvere e altri particolati presenti nell'aria non influiscono su una camera a ionizzazione ad elettretre correttamente dispiegata. Ciò è dovuto agli ingressi filtrati, che impediscono ai particolati (e progenie del radon) di entrare nella camera a ionizzazione. In breve, ciò significa che una camera a ionizzazione ad elettretre non è influenzata da particolato, sporco e polvere presenti nell'aria nell'ambiente di prova. Tuttavia, se prevedi di condurre test in condizioni estremamente sporche o all'aperto, Rad Elec consiglia di utilizzare i sacchetti Tyvek® per proteggere i tuoi E-PERM® in questi ambienti.

Quando si leggono gli elettreti, è importante prestare attenzione allo sporco e alla polvere presenti nell'aria. La superficie dell'elettretre caricata positivamente attirerà la polvere nelle immediate

**Non utilizzare in nessun caso bombole di aria compressa per pulire le superfici dell'elettretre; contengono propellenti che scaricheranno elettretre.**

vicinanze, il che significa che è vulnerabile a sporcarsi se esposta all'ambiente aperto (ovvero quando non caricata su una camera a ionizzazione). Se si lascia accumulare questa sporcizia sulla superficie dell'elettretre o all'interno della camera a ionizzazione, potrebbe scaricare l'elettretre durante l'esposizione o la spedizione; ciò porterebbe ad una distorsione falsa positiva nel calcolo del radon.



## Manutenzione dell'attrezzatura

Proprio come con qualsiasi altra apparecchiatura, la manutenzione ordinaria e la cura adeguata garantiranno che il sistema E-PERM® misurerà accuratamente il radon per molti, molti anni. Idealmente, la manutenzione preventiva dovrebbe essere effettuata su base regolare; questi intervalli varieranno a seconda del componente specifico. Tuttavia, è importante notare che l'attrezzatura di Rad Elec è progettata per essere riparabile; ciò significa che dovremmo essere in grado di gestire eventuali riparazioni nel caso in cui i tuoi strumenti o apparecchiature vengano danneggiati a causa di un incidente o di un malfunzionamento.

**Rad Elec calibra ancora i lettori SPER-1 prodotti nel 1990. Finché la tua attrezzatura riceverà cura e manutenzione adeguate, durerà per decenni. Siamo orgogliosi di produrre attrezzature che resistono alla prova del tempo.**

## Manutenzione della camera a ionizzazione e dell'elettretre

**Un compressore d'aria senza olio può fungere da sostituto adeguato per una bombola di azoto.**

È importante ispezionare sia gli elettreti che le camere a ionizzazione tra una distribuzione e l'altra, per garantire che la superficie dell'elettretre sia pulita e che la camera a ionizzazione sia priva di detriti. Vale la pena ispezionare anche gli ingressi filtrati per assicurarsi che il filtro sia intatto. Per le camere S, la molla deve essere controllata aprendo lo stantuffo e assicurandosi che si sollevi.

È meglio eseguire l'ispezione di pulizia dopo aver effettuato le letture finali della tensione. Per la pulizia degli elettreti Rad Elec consiglia di utilizzare l'azoto (che è un gas nobile e inerte) espulso tramite una pistola ad aria compressa. In alternativa, è possibile utilizzare un compressore d'aria senza olio; è fondamentale che il compressore d'aria sia privo di olio. Se dell'olio viene spruzzato sulla superficie di un elettretre, l'elettretre si destabilizzerà e si rovinerà. Non utilizzare in nessun caso bombole di aria compressa, poiché i refrigeranti e i propellenti compressi possono congelare il vapore acqueo sulla superficie dell'elettretre.



## Manutenzione del lettore SPER-1E

Per la maggior parte, la manutenzione preventiva del lettore di tensione SPER-1E comprende le seguenti pratiche:

- Conservare il lettore nella sua valigetta quando non in uso, preferibilmente in un ambiente controllato con bassa umidità.
- Controllare il dissecante ogni pochi mesi. I cristalli di gel di silice sono visibili attraverso la finestrella nella parte superiore del contenitore: appaiono blu quando sono asciutti e diventano rosa o bianchi man mano che assorbono umidità. Se necessario, riscaldare il dissecante in forno, normalmente a 225 °F / 110 °C per alcune ore, anche se le istruzioni specifiche saranno riportate sul contenitore del dissecante. Il riscaldamento in forno ne rinnoverà la durata utile.
- Se viene visualizzato il messaggio "BATT LO", rimuovere con attenzione il coperchio della batteria nella parte inferiore del lettore SPER-1E per sostituire le batterie.
- Ogni pochi mesi pulire delicatamente il recipiente metallico circolare con un panno di cotone.
- Leggere gli elettretti di riferimento e di azzeramento almeno una volta alla settimana (o ogni volta che si utilizza il lettore), per garantire che gli elettretti siano entro  $\pm 3$  volt dalle tensioni certificate.

È importante inviare il lettore di tensione a Rad Elec per il servizio di calibrazione annuale. Durante questo servizio, Rad Elec aggiornerà il firmware del lettore (se necessario), cambierà le batterie, sostituirà l'essiccante, effettuerà una pulizia di cortesia della valigetta del lettore e calibrerà lo strumento su una fonte di tensione tracciabile NIST. Successivamente gli elettretti di riferimento verranno certificati con le loro nuove tensioni.

**Se vivi al di fuori del Nord America, contatta il tuo distributore locale se hai domande sulla calibrazione. Potrebbero essere in grado di certificare in modo indipendente che il tuo lettore funziona correttamente.**

## Aggiornamento di software e fogli di calcolo

È una buona idea verificare periodicamente con Rad Elec per garantire che il software e i fogli di calcolo



siano aggiornati. Un buon momento per verificare la presenza di aggiornamenti è ogni volta che si esegue la calibrazione annuale del lettore o in qualsiasi altro intervallo opportuno durante l'anno. L'aggiornamento del software può essere eseguito più facilmente contattando Rad Elec all'indirizzo [info@radelec.com](mailto:info@radelec.com) o chiamando il nostro ufficio. Saremo lieti di inviarti le ultime versioni del software e dei fogli di calcolo!



## Intervallo dinamico

Nel contesto delle camere a ionizzazione ad elettrete, il range dinamico è la quantità totale di radiazioni ionizzanti nel tempo (ovvero la massima concentrazione totale di radon) che una specifica configurazione E-PERM® è in grado di misurare. La base per questo calcolo e stima di questi parametri è discussa in "[A Practical E-PERM System for Indoor <sup>222</sup>Rn Measurement](#)", originariamente pubblicato su *Health Physics*.

Per calcolare l'intervallo dinamico, dobbiamo prima comprendere l'intero intervallo di tensione utilizzabile di un elettrete, che va da circa 100 volt a 750 volt. Questa può anche essere chiamata la durata della vita dell'elettrete. Il limite inferiore di questo intervallo (circa 100 volt) viene raggiunto perché la raccolta degli ioni diventa meno efficiente quando

**In breve, la portata dinamica è la durata di vita effettiva misurabile di un elettrete caricato in una camera a ionizzazione.**

l'elettrete perde tensione. Al contrario, a intervalli di tensione estremamente elevati (circa 780+), può verificarsi la moltiplicazione degli ioni all'interno della camera a ionizzazione. Entrambi questi estremi

**Quando si misura il radon, evitare di utilizzare elettreti con tensioni iniziali inferiori a 100 volt. Questo perché le curve di calibrazione iniziano a perdere precisione al di sotto di questa soglia.**

possono creare distorsioni nelle misurazioni del radon e quindi definire l'intervallo di tensione utilizzabile o la durata della vita dell'elettrete.

Ciò stabilisce l'intervallo dinamico della concentrazione di radon integrata (tipicamente espressa in Bq/m<sup>3</sup>-giorni) che ciascuna configurazione E-PERM® può misurare durante la vita di un elettrete. L'intervallo dinamico di un singolo elettrete si ridurrà di pari passo con la sua tensione, in modo simile a una batteria che perde l'energia immagazzinata. Un elettrete che ha perso gran

parte del suo intervallo dinamico è ancora perfettamente in grado di misurare accuratamente il radon, a condizione che la sua tensione media durante l'esposizione rimanga al di sopra del limite inferiore del suo intervallo dinamico.

Un esempio di intervallo dinamico applicato è il seguente. Per una configurazione SST (camera S + ST



Electret), l'intervallo dinamico è di circa 12.650 Bq/m<sup>3</sup>-giorni. Ciò significa che un SST con un elettrete nuovo di zecca a 750 volt scenderebbe a 100 volt se esposto a 12.650 Bq/m<sup>3</sup> per 24 ore (ovvero un giorno) e consumerebbe l'intero intervallo dinamico. In alternativa, questo stesso elettrete scenderebbe da 750 a 100 volt se fosse esposto a 1.265 Bq/m<sup>3</sup> per 10 giorni, o a 12,65 Bq/m<sup>3</sup> per 100 giorni (che raggiungono tutti lo stesso intervallo dinamico di 12.650 Bq/m<sup>3</sup>-giorni).

Sebbene questi intervalli dinamici siano stati derivati utilizzando decenni di dati, sono ancora rappresentativi dei valori ideali. Saranno stime molto accurate per la stragrande maggioranza degli screening del radon a breve termine, ma sia la radiazione gamma di fondo che il decadimento intrinseco della tensione di un singolo elettrete ridurranno questi valori di intervallo dinamico nel tempo. In breve, le gamme dinamiche presentate nella tabella seguente rappresentano modelli ideali: le gamme dinamiche del tuo "mondo reale" saranno leggermente inferiori.

<b>Configurazione E-PERM®</b>	<b>Volume della camera (ml)</b>	<b>Intervallo dinamico (Bq/m<sup>3</sup>-giorni)</b>	<b>Intervallo dinamico (pCi/L-giorni)</b>
<b>SST</b>	210	12.650	342
<b>SLT</b>	210	146.900	3.970
<b>LST</b>	58	64.860	1.753
<b>LLT</b>	58	785.880	21.240
<b>LST-OO</b>	53	79.590	2.151
<b>LMT-OO</b>	53	269.690	7.289
<b>LLT-OO</b>	53	979.575	26.475
<b>HST</b>	960	2.150	58
<b>HLT</b>	960	26.120	706

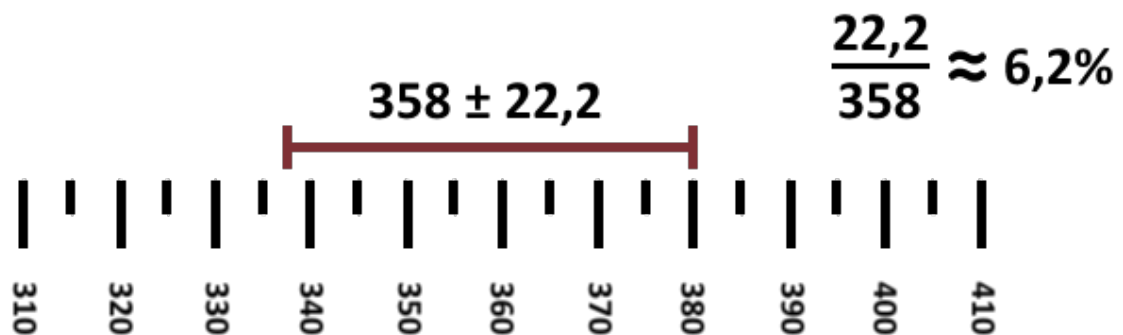


## Analisi dell'incertezza

Nel bene e nel male, l'incertezza è una componente centrale del nostro universo. È una stima dell'errore di una determinata misurazione; in altre parole, quanto è lontana questa specifica misurazione dalla verità? Non potremo mai essere sicuri al 100% che le nostre misurazioni del radon – o qualsiasi misurazione mai effettuata nel corso dell'intera storia umana – siano una rappresentazione accurata della cosa misurata. Calcolando l'incertezza di una determinata misurazione del radon, possiamo capire quanto siamo vicini alla verità.

**L'incertezza è una stima dell'intervallo di valori possibili in cui è possibile trovare il valore reale.**

L'incertezza è espressa in due modi: come percentuale o come valore assoluto. Entrambe queste espressioni di incertezza rappresentano un intervallo attorno al valore misurato. Ad esempio, assumiamo una concentrazione di radon di 358 Bq/m<sup>3</sup> con un'incertezza risultante di 22,2 Bq/m<sup>3</sup> (che corrisponde a circa il 6,2%). Questo valore viene generalmente riportato come 358 ± 22,2 Bq/m<sup>3</sup>. Ciò significa che la concentrazione effettiva di radon potrebbe essere pari a 335,8 Bq/m<sup>3</sup>, fino a 380,2 Bq/m<sup>3</sup> o qualsiasi valore intermedio. Tenendo presente questo, il calcolo dell'incertezza genera effettivamente maggiore fiducia nei risultati misurati (perché l'intervallo dei valori possibili è ora noto).



Dopo aver calcolato l'incertezza in questo esempio specifico, possiamo essere certi che la nostra concentrazione di radon misurata rientra approssimativamente nel 6% della concentrazione di radon effettiva. Questo valore percentuale può essere calcolato dividendo l'incertezza assoluta per la concentrazione di radon misurata. L'incertezza viene calcolata automaticamente quando si utilizza uno qualsiasi degli strumenti analitici di Rad Elec, ma questa sezione approfondisce i calcoli dietro questo processo.



Esistono tre fonti di incertezza, o errore, nelle misurazioni della camera a ionizzazione ad elettretre:

1

L'incertezza associata alle imperfezioni dei componenti del sistema. Ciò include una leggera incertezza di produzione nei volumi della camera, nello spessore dell'elettretre e in altri parametri dei componenti. Questo valore è stato misurato sperimentalmente intorno al 5% ed è quindi considerato una costante.

$$\text{Incertezza del sistema} = \pm 5\% \quad (\text{E1})$$

2

L'incertezza nella lettura della tensione dell'elettretre. Può esserci un'incertezza fino a un volt sia nelle letture della tensione iniziale che in quelle finali. L'errore nella differenza delle due letture è la radice quadrata di due (la somma grezza dell'incertezza totale della tensione), che viene divisa nel valore assoluto della differenza tra la tensione iniziale e quella finale ( $\Delta V$ ).

$$\text{Incertezza della lettura} = \pm \left( \frac{\sqrt{1+1}}{\left( \frac{\text{Tensione iniziale} - \text{Tensione finale}}{\Delta V} \right)} \times 100 \right) \% \quad (\text{E2})$$

3

L'incertezza associata al valore gamma di fondo. L'errore massimo introdotto dalle medie gamma di fondo elencate dall'EPA per ciascuno stato può introdurre un errore di circa  $3,7 \text{ Bq/m}^3$  (o  $\sim 0,1 \text{ pCi/L}$ ) ed è calcolato come una frazione della concentrazione di radon misurata. Come i due componenti di errore precedenti, l'incertezza gamma di fondo (E3) viene calcolata come percentuale.

<b>Incertezza di fondo (E3)</b>	<b>=</b>	<b>Unità SI</b>	<b>Unità imperiali</b>
		$\pm \left( \frac{3,7}{\text{Radon (Bq/m}^3\text{)}} \times 100 \right) \%$	$\pm \left( \frac{0,1}{\text{Radon (pCi/L)}} \times 100 \right) \%$



Queste tre componenti di incertezza possono essere combinate per creare l'**incertezza totale**, o errore totale, di una specifica misurazione del radon E-PERM®. Può essere determinato calcolando la radice quadrata della somma dei quadrati delle tre singole componenti dell'errore. Ciò è mostrato dalla seguente equazione:

$$\text{Incetezza totale} = \pm \sqrt{\left(\text{Incetezza del sistema}\right)^2 + \left(\text{Incetezza della lettura}\right)^2 + \left(\text{Incetezza di fondo}\right)^2} \%$$

Come mostrato sopra, l'incertezza totale è calcolata in percentuale; se si desidera un valore assoluto, questa percentuale può essere moltiplicata per la concentrazione di radon misurata.

**Se calcolata in percentuale, l'incertezza totale aumenterà naturalmente man mano che la concentrazione di radon misurata si avvicina allo zero.**

Caresana, M., et al. "Uncertainties Evaluation for Electrets Based Devices Used in Radon Detection." *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 113, No. 1, 18 April 2005, pp. 64-69.

Radiation Protection Dosimetry Advance Access published November 30, 2004

Radiation Protection Dosimetry (2006), Page 1 of 4  
doi:10.1093/rpd/ncl206

**UNCERTAINTIES EVALUATION FOR ELECTRETS BASED DEVICES USED IN RADON DETECTION**  
M. Caresana<sup>1</sup>, F. Campi, M. Ferrarini, L. Ghisli and A. Porta  
Dipartimento di Ingegneria Nucleare, Politecnico di Milano, via Pontio 34/3, 20133 Milano, Italy

*Received July 24 2004, amended September 15 2004, accepted October 26 2004*

In recent years uncertainty evaluation in measurement has achieved great importance. National and international standards offer guidelines to evaluate uncertainties, but these procedures are, until now, not well understood by the operators. This is because of the fact that a detailed uncertainty evaluation is not an easy operation and a standard rule to apply in all cases is not available. Every measurement procedure has its own uncertainty evaluation. In this work, attention is focused upon the electret ion chambers (EIC), widely used in radon concentration measurement. Measurements of gamma radiation sensitivity are performed in a secondary standard calibration laboratory and measurement of radon concentration sensitivity is performed in a radon chamber 0.8 m<sup>3</sup> in volume. Raw data are analysed to evaluate the calibration factors and the combined uncertainties are determined. The aim of the work is to give a practical method to assess the uncertainty of a radon measurement.

**INTRODUCTION**  
Electret ion chambers (EIC)<sup>(1-6)</sup> can be used both as gamma dosimeters and radon concentration meters. In the first case, the radon contribution to the signal (electret potential lowering) can be suppressed simply by hermetically sealing the detector in a radon-proof bag. In the second case, there is no practical method of suppressing the gamma radiation contribution to the signal. So this contribution is usually transformed into a 'radon equivalent concentration' (REC) arising from background gamma radiation, and represents a noise affecting the signal due to radon concentration. A complete characterization of these devices requires a measurement both of gamma radiation sensitivity and radon concentration sensitivity. The uncertainty associated with the gamma radiation and radon concentration calibration factors are evaluated according to ISO guidelines.<sup>(7)</sup>

**GAMMA IRRADIATION**  
Electrets, in the six configurations listed above, were irradiated to conventionally true air kerma values. Irradiations were performed in a secondary standard calibration laboratory using a <sup>60</sup>Co source and a collimated beam. The standard uncertainty associated with the conventionally true air kerma values is 2%.

Irradiation was organised as shown in Table 1. The air kerma values are selected to obtain a voltage drop of ~40-50 V for each irradiation. The number of irradiations are selected in order to achieve a discharge down to ~180 V. Below this voltage value the ion chamber is out of the saturation range.

**MATERIALS AND METHODS**  
Electret ion chambers are supplied by Rad Elec Inc. They are available in eight different configurations. Two different charged Teflon discs, named short-term (ST), with high sensitivity, and long-term (LT) electret, with low sensitivity, can be associated with four different chambers named D (10 cm<sup>3</sup>), L (50 cm<sup>3</sup>), S (200 cm<sup>3</sup>) and H (1000 cm<sup>3</sup>). Only the most widely used configurations were tested, that is, D chamber with short-term electret (SST), S chamber with long-term electret (SLT), chamber with long-term electret (LLT) L chamber with short-term electret (LST) and HST.

<sup>1</sup>Corresponding author: marco.caresana@polimi.it

1  
Radiation Protection Dosimetry © Oxford University Press 2004, all rights reserved

Configuration	Air kerma delivered (mGy)	Number of measurements useful for data analysis	Number of electrets used
SST	0.07	33	3
SLT	1	27	3
LLT	2.5	36	3
LST	0.2	26	3
SST	1	62	5
HST	0.015	24	5



## Decadimento intrinseco della tensione

Gli elettreti sono sottoposti a molteplici fasi di immunizzazione e normalizzazione durante tutto il processo di produzione al fine di stabilizzare la loro carica superficiale. Tuttavia, si verifica un leggero decadimento della tensione nel tempo. In molti modi, questa proprietà è simile alla perdita intrinseca di tensione di una batteria quando conservata per un lungo periodo; questo **decadimento intrinseco della tensione (DIT)** è ampiamente uniforme per ciascun tipo di elettrete ed è incluso negli algoritmi per il calcolo del radon.

Poiché è un valore così piccolo, il decadimento intrinseco della tensione può essere per lo più ignorato per esposizioni a breve termine; tuttavia, diventa sempre più importante per le misurazioni a lungo termine, dove la mancata contabilizzazione del DIT per molti mesi potrebbe incidere sulla precisione.

Per riassumere, il DIT viene preso in considerazione negli algoritmi E-PERM®. Finché utilizzi il software o i fogli di calcolo di Rad Elec per calcolare i risultati, non dovrai preoccuparti dei suoi effetti sulle concentrazioni di radon.

**Il decadimento intrinseco della tensione è paragonabile a quello di una batteria che perde lentamente tensione se conservata per un lungo periodo.**

**Il DIT è preso in considerazione nel nostro algoritmo, quindi non devi preoccuparti!**



**0,066667**  
Volt al giorno

**ST**



**0,066667**  
Volt al giorno

**MT**



**0,022223**  
Volt al giorno

**LT**

## Fattori di calibrazione e costanti

Ciascuna configurazione E-PERM® ha il proprio set di costanti di calibrazione, che derivano dalla sensibilità dell'elettrete e dal volume della camera a ionizzazione. Se utilizzato insieme alla **tensione del punto medio** (TPM) di uno specifico elettrete durante una misurazione, è possibile calcolare il **fattore di calibrazione** (FC) specifico. Questa sezione spiegherà il ruolo di queste costanti di calibrazione, che sono divise in tre costanti: **A**, **B** e **G**.

**A meno che tu non abbia intenzione di creare un tuo foglio di calcolo o un'applicazione di calcolo, o che tu non sia semplicemente molto curioso (e ti piace la matematica), non è necessario comprendere questa sezione. Il software e i fogli di calcolo di Rad Elec gestiranno tutti i fattori di calibrazione per te!**

Configurazione E-PERM®	Costante A	Costante B	Costante G
SST	0,314473	0,260619	0,087
SLT	0,031243	0,021880	0,087
LST	0,124228	0,040676	0,12
LLT	0,010189	0,003372	0,12
LST-OO	0,074671	0,037557	0,12
LMT-OO	0,013497	0,012499	0,12
LLT-OO	0,011965	0,002079	0,12
HST	7,2954	0,004293	0,07
HLT	0,60795	0,000358	0,07

Si prega di notare che le configurazioni HST e HLT utilizzano ancora i vecchi fattori di calibrazione lineare (senza utilizzare il logaritmo naturale).

$$\text{CIE FC} = A + (B \times \ln\left(\frac{TI + TF}{2}\right)) \quad \text{CIE FC} = A + (B \times \left(\frac{TI + TF}{2}\right))$$



dove...

- A = Costante A
- B = Costante B
- $\ln$  = Logaritmo naturale ( $\log_e$ )
- TI = Tensione iniziale
- TF = Tensione finale



## Costanti A e B

Le costanti **A** e **B** vengono utilizzate insieme alla **tensione del punto medio** (TPM) per calcolare il **fattore di calibrazione** (FC). La tensione del punto medio è la media delle tensioni iniziale e finale di un dato elettrete durante un periodo di esposizione; può essere calcolato sommando le tensioni iniziale e finale, quindi dividendo la somma per due. Ciò significa che il TPM dovrà essere ricalcolato per ciascun elettrete per ogni test sul radon.

$$\text{Tensione del punto medio (TPM)} = \frac{(\text{Tensione iniziale} + \text{Tensione finale})}{2}$$

A differenza del TPM – che è indipendente dalla configurazione E-PERM® e deve essere ricalcolato per ogni test del radon – le costanti A e B rimarranno le stesse finché la configurazione stessa (cioè SST, LMT-OO, LST, ecc.) non cambia. Dopo aver calcolato il TPM, le costanti A e B possono essere inserite nella seguente equazione per generare il fattore di calibrazione (FC).

$$\text{Fattore di calibrazione (FC)} = A + (B \times \ln(\text{TPM}))$$

Si noti che  $\ln$  è il logaritmo naturale, che deve essere applicato alla tensione del punto medio.

**Ricordati di lavorare dalle parentesi più interne verso l'esterno! Calcola il TPM prima di acquisire il suo logaritmo naturale, quindi moltiplica questo valore per la costante B. Dopo aver fatto tutto ciò, aggiungi la costante A per arrivare alla FC finale.**

L'applicazione del logaritmo naturale al TPM ci consente di tracciare con maggiore precisione la curva di un'interessante proprietà dell'elettrete in cui è leggermente più semplice estrarre un volt da un elettrete altamente carico (700+ volt) e leggermente più difficile estrarre un volt da un elettrete a bassa tensione (~100 volt). In breve, maggiore è la tensione di un elettrete, più facile sarà scaricarlo.

Utilizzando la tabella alla fine di questa sezione per trovare le





## Limite inferiore di rilevamento

Nel contesto delle camere a ionizzazione ad elettretti, il **limite inferiore di rilevamento** (LIR) è definito come la concentrazione di radon che può essere misurata con un'incertezza (o errore) totale del 50%. Quando l'incertezza totale supera il 50%, si perde la capacità di distinguere se la perdita di tensione dell'elettretti è dovuta al radon o ad un altro fenomeno. Questo limite viene raggiunto quando la concentrazione di radon misurata diventa inferiore al totale delle incertezze coinvolte nella misurazione; fortunatamente questo valore è piuttosto piccolo.

Il LIR è una funzione della configurazione E-PERM® e della durata dell'esposizione. In generale, il limite inferiore di rilevamento diminuisce all'aumentare del periodo di esposizione; ciò significa che target più piccoli possono essere misurati con precisione aumentando il tempo di esposizione.

Configurazione	Giorni	Concentrazioni di radon con varie incertezze						Incertezze specifiche	
		50%		25%		10%		148 Bq/m <sup>3</sup>	100 Bq/m <sup>3</sup>
		Bq/m <sup>3</sup>	pCi/L	Bq/m <sup>3</sup>	pCi/L	Bq/m <sup>3</sup>	pCi/L	(4,0 pCi/L)	(2,7 pCi/L)
SST	2	9,6	0,26	30,4	0,82	132,2	3,57	9,34%	11,93%
	7	7,6	0,20	16,0	0,43	7,6	0,20	5,99%	6,87%
SLT	30	8,4	0,23	21,9	0,59	8,4	0,23	7,96%	9,85%
	120	7,5	0,20	15,4	0,42	7,5	0,20	5,77%	6,51%
LST	30	7,5	0,20	15,8	0,43	50,3	1,36	6,06%	6,94%
	120	7,4	0,20	15,1	0,41	43,1	1,17	5,62%	6,27%
LLT	365	7,5	0,20	15,5	0,42	47,8	1,29	5,97%	6,78%
LST-OO	30	7,6	0,20	16,0	0,43	54,2	1,46	6,27%	7,25%
	91	7,5	0,20	15,2	0,41	43,9	1,19	5,67%	6,34%
LMT-OO	91	7,5	0,20	15,8	0,43	52,8	1,43	6,29%	7,23%
LLT-OO	365	7,5	0,20	15,6	0,42	50,0	1,35	6,14%	7,01%
HST	1	7,9	0,21	17,7	0,48	62,6	1,69	6,46%	7,65%
	2	7,5	0,20	15,7	0,42	47,6	1,29	5,82%	6,61%
HLT	7	8,8	0,24	23,8	0,64	96,9	2,62	7,84%	9,80%
	14	7,7	0,21	16,9	0,46	57,0	1,54	6,23%	7,28%

Tutti i valori presuppongono una tensione del punto medio (TPM) di 450, un livello gamma di fondo di 87 nGy/ora (10 µR/ora) e nessuna correzione dell'elevazione.



## Comprensione degli algoritmi E-PERM®

Sebbene i vari strumenti di analisi (come software, piattaforme online e fogli di calcolo) siano forniti per facilitare il calcolo delle concentrazioni di radon, questa sezione è destinata a coloro che desiderano

**Questi algoritmi possono essere incorporati nelle tue piattaforme software o fogli di calcolo.**

capire esattamente come ricavare la concentrazione di radon da un'esposizione che coinvolgono gli E-PERM®. Rad Elec consiglia di prestare attenzione quando si incorporano questi algoritmi nelle proprie piattaforme software, poiché anche una singola parentesi fuori posto può produrre risultati errati. Tuttavia, questi algoritmi sono presentati a coloro che hanno il desiderio e la curiosità di

prendere in mano il processo di calcolo.

1

Cercare le costanti di calibrazione (A, B e G) per la configurazione E-PERM® desiderata. La tabella seguente è composta dalle costanti di calibrazione (A e B) oltre alla costante di conversione gamma (G). Le costanti di calibrazione (A e B) derivano da una particolare configurazione di E-PERM® durante il processo di caratterizzazione, mentre la costante di conversione gamma (G) si basa interamente sulla camera a ionizzazione.

Configurazione E-PERM®	Costante A	Costante B	Costante G
SST	0,314473	0,260619	0,087
SLT	0,031243	0,021880	0,087
LST	0,124228	0,040676	0,12
LLT	0,010189	0,003372	0,12
LST-OO	0,074671	0,037557	0,12
LMT-OO	0,013497	0,012499	0,12
LLT-OO	0,011965	0,002079	0,12
HST	7,2954	0,004293	0,07
HLT	0,60795	0,000358	0,07



2

Misurare o stimare la radiazione gamma di fondo nel luogo in cui viene condotto il test. Se il sito del test è negli Stati Uniti o in Canada, la [tabella Gamma di sfondo](#) si trova alla fine di questo manuale. Altrimenti, sarà necessario stimare il livello di fondo (probabilmente tra 50 e 100 nGy/ora). A causa del minore impatto complessivo delle radiazioni gamma sui risultati E-PERM®, la stima della gamma di fondo è perfettamente accettabile. Se si sospetta che l'ambiente di test locale presenti livelli gamma elevati, è possibile utilizzare gli E-PERM® per misurare la gamma di fondo.

3


Calcolare il numero di giorni nel periodo di esposizione con tre cifre decimali. Ad esempio, se il periodo di esposizione è di 2 giorni e 3,5 ore, allora:

$$D = 2 + \frac{3,5}{24} = 2,146$$

4

Calcolare il fattore di calibrazione (CIE FC). La CIE FC è definita come la diminuzione della tensione dell'elettrode quando uno specifico elettrode e una specifica camera vengono esposti per un giorno a una concentrazione di 37 Bq/m<sup>3</sup> (1,0 pCi/L) di radon. Il CIE FC per E-PERM® è correlato logaritmicamente alla tensione dell'elettrode su un intervallo compreso tra circa 100 e 750 volt e viene utilizzata una formula di autocorrezione per sviluppare il fattore di calibrazione effettivo appropriato alla tensione media (o punto medio) in tutto il periodo di esposizione. Si prega di notare che le configurazioni della camera H utilizzano ancora un vecchio fattore di calibrazione lineare, come elencato di seguito.

$$\text{CIE FC} = A + (B \times \ln\left(\frac{TI + TF}{2}\right)) \quad \text{CIE FC} = A + (B \times \left(\frac{TI + TF}{2}\right))$$



Camera L



Camera S



Camera L-OO

dove...

A = Costante A

B = Costante B

$\ln$  = Logaritmo naturale ( $\log_e$ )

TI = Tensione iniziale

TF = Tensione finale



Camera H

5

Calcolare o stimare l'elevazione nel sito di prova. Ora calcola il fattore di correzione dell'elevazione (ElevCF). L'ElevCF viene applicato solo in determinate circostanze. Quando si distribuiscono le camere L o L-OO, un fattore di correzione viene applicato solo ad altitudini superiori a 61 metri (200+ piedi). Quando si distribuiscono le Camere S, un fattore di correzione viene applicato solo ad altitudini pari o superiori a 1.219 metri (4.000+ piedi). Le Camere H non sono influenzate dai prospetti abitabili, quindi non è richiesto alcun fattore di correzione.

**Se desideri saperne di più sui fattori di correzione dell'elevazione, consulta la sezione su elevazione e pressione**

## Camera S



Per elevazioni <= 1219 metri

$$\text{ElevCF} = 1$$

Per elevazioni > 1219 metri

$$\text{ElevCF} = 0,79 + \left( \frac{6 \times 3,28084 \times \text{Elevazione (metri)}}{100000} \right)$$

## Camera L / L-OO



Per elevazioni <= 61 metri

$$\text{ElevCF} = 1$$

Per elevazioni > 61 metri

$$\text{ElevCF} = 1,005 + \left( \frac{4,5526 \times 3,28084 \times \text{Elevazione (metri)}}{100000} \right)$$

## Camera H



Per tutte le elevazioni

$$\text{ElevCF} = 1$$

*Nessuna correzione dell'elevazione!*



6

Calcolare la concentrazione di radon. Utilizzando le variabili e le costanti calcolate nei passaggi da 1 a 5, ora sei pronto per calcolare la concentrazione di radon utilizzando la formula seguente. Tieni presente se stai calcolando i risultati in unità SI o imperiali.

$$\text{Concentrazione di radon (Bq/m}^3\text{)} = \left( \left( \frac{(TI - TF) - (STI \times \text{Giorni})}{\text{CIE FC} \times \text{Giorni}} \right) - \frac{(\overset{\text{mGy/hr}}{\gamma} \times G)}{8,696} \right) \times (\text{ElevCF}) \times 37$$

$$\text{Concentrazione di radon (pCi/L)} = \left( \left( \frac{(TI - TF) - (STI \times \text{Giorni})}{\text{CIE FC} \times \text{Giorni}} \right) - (\overset{\text{HR/hr}}{\gamma} \times G) \right) \times (\text{ElevCF})$$

dove...

TI = Tensione iniziale

TF = Tensione finale

STI = Scarica di tensione intrinseca 0,066667 per ST elettrete

Giorni = Durata dell'esposizione 0,022223 per LT elettrete

CIE FC = CIE fattore di calibrazione

$\gamma$  = Sfondo gamma

G = Costante G

ElevCF = Fattore di correzione dell'elevazione

Quando utilizzi equazioni che hai formulato da solo, conferma sempre i risultati confrontandoli con un foglio di calcolo o un'applicazione ufficiale che sia notoriamente corretta.

Ricordati di lavorare dall'interno verso l'esterno, risolvendo prima le sezioni all'interno delle parentesi più interne.



**Come dovrei conservare SPER-1E lettore ed E-PERM®?**

Con ogni lettore SPER-1E viene fornita una custodia protettiva. Accanto al lettore, questa custodia ha spazio sufficiente per contenere un essiccante, due elettreti di riferimento e un elettrete di azzeramento. Questa custodia protettiva è il luogo perfetto per riporre, spedire e viaggiare con il tuo lettore di tensione SPER-1E. Rad Elec consiglia di riporre il lettore nella sua custodia protettiva quando non viene utilizzato, in modo da mantenerlo asciutto e pulito. Questa pratica è particolarmente importante quando l'ambiente ha un'umidità elevata.

Quando non vengono utilizzati, gli elettreti devono essere conservati nei rispettivi cappucci. Se i tappi non sono pratici, va benissimo conservare gli elettreti caricati nelle camere a ionizzazione finché la camera è chiusa. Idealmente, gli elettreti dovrebbero essere conservati in un ambiente controllato come una casa o un ufficio. Se ciò non è possibile, è importante portare gli elettreti all'interno e lasciarli equilibrare in un ambiente controllato per un'ora o due prima di leggerli.

**Letture coerenti e stabili dell'elettrete sono molto importanti! Se incontri delle sfide, saremo felici di aiutarti.**

## Domande frequenti

**Cosa devo fare se le mie letture dell'elettrete fluttuano?**

Sebbene possano esserci alcuni motivi per cui gli elettreti "saltano" da una tensione all'altra, il primo passo è garantire una corretta tecnica di lettura. Ciò è descritto nella sezione **Come misurare la tensione superficiale** del manuale.

Se l'elettrete continua a saltare, il passo successivo è pulire! Utilizzare un ugello con azoto per rimuovere lo sporco accumulato sull'elettrete, facendo attenzione a non toccarne la superficie. Inoltre, pulire il lettore SPER-1E con un panno di cotone imbevuto di alcol isopropilico; successivamente, utilizzare l'azoto per rimuovere eventuali fibre o sporco rimasti. Durante questo processo, tenere chiusa la guida del lettore e non toccare la scheda sensibile del rilevatore.

Se sono stati eliminati tutti gli altri colpevoli, a volte la lettura della tensione sembrerà "saltare" durante periodi di umidità molto elevata se il lettore non viene conservato in un ambiente asciutto. Se si sospetta che la causa sia un'elevata umidità, conservare il lettore nella sua custodia accanto a un essiccante funzionante per un'ora o due; in alternativa è possibile spostare il lettore di tensione SPER-1E in un ambiente meno umido.

Se riscontri ancora problemi con letture stabili, inviaci un'e-mail a [info@radelec.com](mailto:info@radelec.com). Siamo felici di aiutarti!



### Come posso essere sicuro che il mio lettore di tensione funzioni correttamente?

Per confermare che il suo lettore funziona correttamente, leggi i suoi elettretti di riferimento e azzeramento. Se gli elettretti di riferimento si trovano entro  $\pm 3$  volt dalle rispettive tensioni certificate e l'elettrete di azzeramento è entro  $\pm 3$  volt dallo zero, allora hai appena dimostrato che il tuo lettore di tensione funziona correttamente.

Se solo un elettrete di riferimento si discosta dalla tensione certificata, il lettore di tensione funziona ancora correttamente; l'elettrete di riferimento anomalo è sporco o è stato scaricato inavvertitamente tramite tocco.

Tuttavia, se entrambi gli elettretti di riferimento si discostano di  $\pm 3$  volt dalle tensioni certificate, potrebbe essere necessario calibrare o riparare il lettore di tensione. Contatta Rad Elec (o il suo distributore locale) e saremo felici di aiutarti.

Tieni presente che queste letture di riferimento e zero le consentono di avere fiducia nelle tue misurazioni; tuttavia, Rad Elec consiglia comunque di calibrare il lettore annualmente.

### Quanto spesso dovrei sostituire le batterie nel lettore di tensione?

Non molto spesso. Se la batteria è scarica, noterai che l'icona della batteria sul display si riduce gradualmente.



Quando la tensione della batteria diventa sufficientemente bassa, quando si accende il lettore di tensione verrà visualizzato un avviso "LOW BAT". Ciò significa che è necessario sostituire le due batterie alcaline AA al più presto possibile. Questa operazione può essere eseguita capovolgendo il lettore e rilasciando delicatamente il pannello della batteria con un cacciavite. Infine, Rad Elec sostituirà le batterie come parte del servizio di calibrazione annuale.

### Con quale frequenza deve essere calibrato il mio lettore di tensione?

Il tuo lettore dovrebbe essere calibrato ogni anno, insieme agli elettretti di riferimento e di azzeramento. Sul retro del lettore è presente un adesivo di calibrazione che ti informerà quando è prevista la calibrazione successiva.

Il **modulo di calibrazione** è disponibile sul nostro sito web (nella sezione "Customer Forms").

### Quanto è durevole l'elettrete? Cosa succede se viene lasciato cadere o lanciato?

Gli elettreti sono abbastanza durevoli fintanto che sono conservati nei loro cappucci e sono in grado di resistere a shock meccanici moderati (ad esempio facendoli cadere da un tavolo su un pavimento in moquette). Dovrebbero essere evitati shock meccanici violenti, come lanciarlo contro il pavimento o un muro.

Se un elettrete subisce un violento shock meccanico o una scossa, Rad Elec consiglia di misurare nuovamente la sua tensione prima di distribuirlo.

### Cosa faccio con gli elettreti che hanno meno di 100 volt?

Gli elettreti con meno di 100 volt non dovrebbero essere utilizzati per misurazioni aggiuntive perché il campo elettrostatico più debole non è così coerente nel raccogliere gli ioni in modo efficiente. Tuttavia, questi elettreti costituiscono ottimi spazi vuoti. In alternativa, questi elettreti esauriti possono essere restituiti a Rad Elec in cambio di credito del negozio.

Si prega di non utilizzare società terze che offrono la ricarica di elettreti, poiché questi elettreti ricaricati non sono sottoposti ai rigorosi (e lunghi mesi!) processi di QA/QC. Questi elettreti "ricaricati" di terze parti non sono più approvati per l'uso con gli E-PERM®.

### Come posso distinguere tra loro il breve termine (ST), il medio termine (MT) e il lungo termine (LT)?

C'è un'etichetta colorata sul fondo di ciascun elettrete. Il **blu** è per il breve termine (ST), il **bordeaux** è per il medio termine (MT) e il **rosso** è per il lungo termine (LT).



**ST**



**MT**



**LT**

Inoltre, l'identificatore seriale univoco dell'elettrete inizierà con una lettera che ne indica il tipo.

### Riceverei una scossa elettrica se toccassi la superficie dell'elettrete?

No, non sentirai alcuno shock toccando la superficie dell'elettrete. Anche se la superficie di un nuovo elettrete è di 700+ volt, non può mai dare una scossa a causa della resistenza estremamente elevata della superficie dell'elettrete, che è fatta di politetrafluoroetilene (Teflon).

Tuttavia, toccare un elettrete ne causerà la scarica, con la potenziale perdita di centinaia di volt. Mettere da parte l'elettrete toccato per 15 minuti e poi leggerne nuovamente la tensione.



**Come faccio a sapere che i miei elettretti sono stabili e di buona qualità?**

Rad Elec ha un processo di QA/QC molto approfondito attraverso il quale ogni elettrete deve passare. Ogni elettrete viene sottoposto a una procedura di stabilizzazione articolata. Inoltre, per garantire una corretta calibrazione, nella nostra camera per radon accreditata NRSB viene controllato un numero statisticamente significativo di elettreti. All'acquirente viene fornito un certificato di qualità dell'elettrete con le informazioni sulla qualità dell'elettrete di Rad Elec per ciascun elettrete.

Oltre al processo QA/QC di Rad Elec, sei incoraggiato a condurre ulteriori "test di deriva" come specificato dalle tue procedure operative. Gli elettreti ST e MT non devono scaricare più di 6 volt al mese. Gli elettreti LT non devono scaricare più di 4 volt al mese se misurati su un periodo di tre mesi.

**Un test di deriva è un modo perfetto per garantire che i tuoi elettreti siano stabili. Si tratta fondamentalmente di un test in bianco sul campo esteso che dovrebbe essere condotto a casa, in ufficio o in laboratorio.**

**Cosa devo fare se accidentalmente faccio cadere un elettrete durante una lettura?**

È possibile che l'elettrete sia entrato in contatto con sporco o altri detriti durante la caduta, che si depositeranno sulla superficie carica dell'elettrete. In tal caso, potrebbe verificarsi una sostanziale caduta di tensione nella tensione dell'elettrete.

Pulire l'eventuale sporco sull'elettrete utilizzando azoto, facendo attenzione a non toccare la superficie dell'elettrete con l'ugello del gas. Per sicurezza, Rad Elec consiglia di effettuare un "test di deriva" su questo elettrete per assicurarsi che rimanga stabile.

**Posso conservare gli elettreti nelle loro camere ioniche?**

Sì! È possibile conservare un elettrete in una camera S o L-OO perché queste camere a ionizzazione hanno un meccanismo di chiusura. Assicurarsi che la camera a ionizzazione sia chiusa quando si conservano gli elettreti.

Non è possibile riporre un elettrete nelle camere H o L perché non dispongono di meccanismi di chiusura.

**So che non dovrei usare elettretti sotto i 100 volt, ma cosa devo fare se la lettura della tensione finale è inferiore a questa soglia?**

Finché la lettura della tensione finale è superiore allo zero, non hai assolutamente nulla di cui preoccuparti. Con i nostri attuali fattori di calibrazione logaritmica, la tensione del punto medio (che è la media delle tensioni iniziale e finale) può arrivare fino a 50 volt.

Se la lettura finale è pari a zero volt, segnala la concentrazione finale di radon come pari o superiore al suo valore. Ad esempio, se il risultato era 125 Bq/m<sup>3</sup>, riportare i risultati come  $\geq 125 \text{ Bq/m}^3$ .

**L'etichetta avvolta attorno alla Camera S ha uno scopo particolare? Si può rimuovere o sostituire?**

Sì, questa etichetta avvolta ha uno scopo; tiene insieme le sezioni superiore e inferiore della camera S. Si prega di non rimuovere questa etichetta, anche se è possibile aggiungere un ulteriore livello sopra di essa (ad esempio, se si desidera personalizzare l'E-PERM® con il nome della propria azienda). Sebbene non debba essere rimossa, l'etichetta può essere sostituita se dovesse strapparsi o danneggiarsi in altro modo. Contatta Rad Elec o il suo distributore locale e ti aiuteremo.

**Cosa devo fare se la mia tensione finale è inferiore a zero volt?**

Il radon (e qualsiasi altra radiazione ionizzante) non può ridurre l'elettrete al di sotto dello zero volt. Tuttavia, toccare la superficie dell'elettrete può ridurre la tensione superficiale a valori negativi. Sfortunatamente, una lettura di tensione negativa significa che i risultati non sono validi.

**Qual è la durata di conservazione di un elettrete?**

Finché l'elettrete viene conservato correttamente, la sua durata è di molti anni (se non decenni).

**Come posso evitare che qualcuno manometta gli E-PERM®?**

Esistono diverse pratiche antimanomissione che possono essere utilizzate. Rad Elec consiglia di posizionare gli E-PERM® in scatole antimanomissione, manicotti di distribuzione o sacchetti Tyvek® che possono essere fissati con fascette.

Ci sono anche piccoli fori in entrambe le camere S e L-OO che possono essere fissate con fascette, garantendo che le camere non possano essere chiuse senza tagliare la fascetta.



### Le camere S possono essere riparate se sviluppano problemi nel tempo?

La maggior parte dei componenti della camera S possono essere riparati in modo molto conveniente e hanno una durata estremamente lunga. Ad esempio, il filtro progenie e l'etichetta avvolta possono essere sostituiti con un costo minimo.

Dopo molti anni di utilizzo, le filettature della camera a ionizzazione potrebbero iniziare a consumarsi. A questo punto potrebbe essere necessario sostituire la camera. Tuttavia, se utilizzate in modo responsabile, le camere a ionizzazione dureranno dieci anni o più.

### Esiste un limite massimo di esposizione per gli E-PERM®?

Non nel senso tradizionale, anche se il tempo di esposizione finale per qualsiasi test specifico è quando l'elettrodo è completamente scarico. In altre parole, se il tuo elettrodo scende a zero volt, puoi solo essere sicuro che l'esposizione al radon sia almeno pari al valore calcolato, e molto probabilmente maggiore.

Puoi consultare la sezione sull'**Intervallo dinamico** per vedere le esposizioni massime per ciascuna configurazione E-PERM®.

### Qual è la sensibilità degli E-PERM®?

Non esiste una risposta semplice a questa domanda. Poiché gli E-PERM® sono veri rilevatori integrati, possono essere utilizzati per qualsiasi periodo di tempo per ottenere la sensibilità necessaria.

In generale, l'aumento della sensibilità può essere ottenuto aumentando la durata dell'esposizione e/o il volume della camera a ionizzazione. Se è necessario misurare concentrazioni di radon estremamente basse con elevata sensibilità, è necessario utilizzare una configurazione E-PERM® sensibile (come un SST o un HST) e/o estendere il periodo di esposizione.

Per ulteriori informazioni, fare riferimento alle sezioni **Intervallo dinamico** e **Analisi dell'incertezza** del manuale.

### Qual è la concentrazione minima misurabile di radon degli E-PERM®?

La concentrazione minima misurabile varia a seconda della configurazione dell'E-PERM® e del periodo di esposizione, ma solitamente è compresa tra 7 e 10 Bq/m<sup>3</sup> (circa 0,2 e 0,3 pCi/L).

Per una risposta più dettagliata, fare riferimento alla sezione **Limite inferiore di rilevamento** del manuale.

**La configurazione SLT può essere utilizzata per misurazioni del radon a breve termine?**

Sì, ma solo in ambienti con concentrazioni di radon elevate. Se non sei sicuro dei livelli di radon, è preferibile utilizzare una configurazione SST per un test del radon standard a breve termine.

Ad esempio, quando le concentrazioni di radon sono superiori a  $1.850 \text{ Bq/m}^3$  (circa  $50 \text{ pCi/L}$ ), è possibile utilizzare uno SLT per caratterizzare accuratamente questo ambiente in soli due giorni. Tuttavia, in ambienti con basse concentrazioni di radon, lo SLT non è sufficientemente sensibile per misurare con precisione il radon dopo soli due giorni. Questo perché l'elettretre perderebbe solo pochi volt e l'incertezza risultante sarebbe elevata.

Questo è il motivo per cui in genere non dovremmo implementare configurazioni E-PERM® a bassa sensibilità (come LLT-OO o SLT) per un test di due giorni. Se questi elettretre perdono solo uno o due volt, non possiamo essere certi se la perdita di tensione sia dovuta al radon o ad un altro fattore come la tecnica di lettura, un elettretre sporco o un altro fattore sconosciuto.

**La configurazione SST può essere utilizzata per misurazioni del radon a lungo termine?**

Sì, ma solo in ambienti a bassa concentrazione di radon. Se non sei sicuro o prevedi concentrazioni elevate, non è consigliabile utilizzare una configurazione SST per test sul radon per più di tre mesi.

Ad esempio, un SST perderebbe circa 600 volt se esposto per 90 giorni in un ambiente con quasi  $100 \text{ Bq/m}^3$  ( $\sim 2,5 \text{ pCi/L}$ ). Al contrario, un SLT perderebbe solo circa 50 volt nello stesso ambiente, rendendolo molto più adatto per misurazioni a lungo termine.

**Per inciso, il livello di radon ambientale di  $\sim 15 \text{ Bq/m}^3$  ( $0,4 \text{ pCi/L}$ ), elencato in *A Citizen's Guide to Radon* e pubblicato dall'EPA, è stato determinato utilizzando SST E-PERM®. Le camere a ionizzazione ad elettretre sono uno dei pochi dispositivi in grado di misurare il radon a basse concentrazioni in ambienti esterni in un'ampia gamma di temperature e umidità.**

**Posso misurare il radon in una casa non occupata senza riscaldamento o raffreddamento?**

Sì, un E-PERM® può essere utilizzato in ambienti non controllati (e anche all'aperto in condizioni estreme). Tuttavia, è importante ricordare che molti stati e protocolli di test richiedono che il termostato sia impostato su determinati intervalli. Infine, ricordare che le letture della tensione iniziale e finale devono essere effettuate a temperature simili.



**Posso installare un E-PERM® accanto a un televisore, un computer o un telefono?**

Sì, sì e sì. Le radiazioni emesse da questi dispositivi tendono ad essere regolamentate dai governi federali, e tali dispositivi non sono autorizzati a emettere livelli misurabili di radiazioni ionizzanti (che rappresenterebbero un pericolo per la salute). Un E-PERM® è anche una gabbia di Faraday. Pertanto, non vi è alcun effetto misurabile se posizionati adiacenti a dispositivi elettronici.

**Posso effettuare una misurazione del radon E-PERM® in un'area altamente polverosa?**

Sì, anche se Rad Elec consiglia di utilizzare gli E-PERM® nei sacchetti Tyvek®, che creeranno un'ulteriore barriera protettiva contro sporco, polvere e altri particolati ambientali.

**Posso utilizzare gli E-PERM® in un'area in cui viene utilizzato un generatore di ioni?**

Sì. Le camere a ionizzazione sono dotate di ingressi filtrati che impediscono agli ioni esterni di entrare nelle camere e scaricare l'elettretre.

**Posso installare gli E-PERM® su un piano di lavoro in granito o su un tavolo da biliardo?**

No, non è una buona idea perché il granito e l'ardesia potrebbero essere radioattivi. Ciò creerebbe un pregiudizio positivo localizzato nei risultati. È meglio andare sul sicuro e utilizzare gli E-PERM® altrove.

**Capisco che gli E-PERM® rispondono ai raggi gamma e X. Posso portarli ai controlli di sicurezza dell'aeroporto o trasportarli come bagaglio registrato?**

Gli E-PERM® vengono spediti in tutto il mondo e nella maggior parte dei casi non vengono sottoposti a controlli di sicurezza. Durante il trasporto o la spedizione delle camere a ionizzazione ad elettretre, assicurarsi che siano chiuse.

Negli ultimi anni, ci sono state segnalazioni attendibili secondo cui il trasporto di E-PERM® nel bagaglio registrato attraverso gli aeroporti può esporli a sistemi a raggi X e/o controlli aggiuntivi che hanno causato una significativa perdita di tensione dell'elettretre.

È interessante notare che questo fenomeno non è stato osservato durante il trasporto degli elettretre come bagaglio a mano. Fino all'acquisizione di ulteriori dati, Rad Elec consiglia di trasportare gli E-PERM® nel bagaglio a mano quando possibile e di verificare le tensioni dopo l'arrivo a destinazione.

**Posso utilizzare gli E-PERM® in presenza di un'elevata gamma di fondo dovuta alla presenza di sorgenti di radiazioni esterne?**

Se sospetti livelli elevati di gamma di fondo, dovresti condurre una misurazione di gamma di fondo. Questo può essere fatto in modo relativamente semplice sigillando un E-PERM® all'interno di un sacchetto Mylar® alluminato, che bloccherà il radon pur consentendo l'ingresso dei raggi gamma.



### **Cos'è una misurazione del radon falsa positiva?**

Una lettura falsa positiva significa che il valore misurato è superiore al valore reale.

### **Cos'è una misurazione del radon falsamente negativa?**

Una lettura falsa negativa significa che il valore misurato è inferiore al valore reale. I falsi negativi possono essere pericolosi perché gli occupanti riceveranno una dose di radiazioni maggiore di quella indicata dal valore misurato.

### **Se vengono introdotti errori, gli E-PERM® tendono a influenzare i risultati in modo positivo o negativo?**

Quando si verificano errori con gli E-PERM®, quasi invariabilmente introducono valori falsi positivi. Questo perché è molto difficile introdurre tensione nell'elettrode, mentre è molto più facile scaricare accidentalmente la tensione superficiale. Se l'elettrode viene toccato o fatto cadere, o se la sua superficie è sporca, c'è un'alta probabilità che un'ulteriore perdita di tensione provochi una polarizzazione falsa positiva.

Sebbene rari, letture false negative sono possibili lasciando accidentalmente la camera a ionizzazione in una posizione chiusa, chiudendo parzialmente la camera (di solito chiudendola accidentalmente con il coperchio di una scatola antimanomissione) o a causa di errori di immissione dei dati.

### **Cosa distingue i veri rilevatori di radon integrati dagli altri dispositivi?**

I veri rilevatori di radon integrati rispondono a tutti i cambiamenti nella concentrazione di radon durante il periodo di misurazione e non sono influenzati dall'inizio, dalla metà o dalla fine del periodo di esposizione. I veri rilevatori di radon integrati possono essere esposti per periodi più lunghi se le concentrazioni di radon sono basse e per un periodo più breve se le concentrazioni di radon sono elevate. Esempi di veri rilevatori di radon integrati includono camere ioniche ad elettrode, dispositivi a traccia alfa e monitor continui di radon.

Esempi di rilevatori di radon che non sono veri dispositivi di integrazione includono fiale a carbone attivo e scintillazione liquida. Sebbene questi rilevatori di radon possano essere molto accurati, assorbono (e desorbono) il radon durante i periodi di rilevamento; ciò significa che tendono a distorcere le loro misurazioni verso l'ultima parte del periodo di esposizione.

**Se hai altre domande a cui desideri rispondere (e/o aggiungere a questa sezione), inviaci un'e-mail a [info@radelec.com](mailto:info@radelec.com) o chiama il nostro ufficio al numero +1.800.526.5482.**



## Risoluzione dei problemi del lettore di tensione SPER-1E

**Sullo schermo viene visualizzato "BATT LO".**

Ciò significa che è ora di sostituire le batterie. Capovolgilo delicatamente lo SPER-1E e individua il pannello della batteria. Probabilmente dovrai rilasciare il pannello con un cacciavite. Rimuovere le vecchie batterie e sostituirle con due nuove batterie alcaline AA.

**Sul display non appare nulla.**

Tirando la maniglia il lettore dovrebbe accendersi. Se non si accende, le batterie potrebbero essere scariche o mancanti. Se la sostituzione delle batterie non risolve il problema, contattare Rad Elec o il distributore locale. Il tuo lettore dovrà essere riparato.

**Il lettore di tensione non si spegne dopo due minuti.**

Questo sintomo indica un difetto nell'interruttore responsabile dello spegnimento automatico del lettore. Sebbene il lettore possa ancora essere utilizzato, le batterie non dureranno a lungo. Dovrebbe essere inviato a Rad Elec per la riparazione.

**Le mie letture non sono riproducibili e/o fluttuano. Cosa posso fare per ottenere letture stabili?**

Se sei sicuro di utilizzare una tecnica di lettura corretta (come spiegato in precedenza nella sezione **Come misurare la tensione superficiale**), il passaggio successivo è garantire che la presa dell'elettrodo sia pulita. La presa dell'elettrodo è l'alloggiamento metallico circolare sul lettore di tensione SPER-1E in cui si trova l'elettrodo. Potrebbe sporcarsi e impedire un contatto solido con l'elettrodo, quindi dovresti pulirlo con un bastoncino di cotone imbevuto di alcol denaturato.

Utilizzare il bastoncino di cotone per pulire la presa dell'elettrodo sullo SPER-1E, rimuovendo eventuali detriti dalla superficie. Successivamente, soffiare il recipiente con azoto e assicurarsi che non rimangano residui o fibre. **Non aprire l'otturatore ed esporre l'interno del lettore durante la pulizia della presa dell'elettrodo.**

Seguendo i suggerimenti sopra riportati dovresti consentire di effettuare letture riproducibili. Se le tue letture continuano a fluttuare, assicurati che il lettore non sia rimasto all'aperto al caldo o al freddo e portalo in un'area climatizzata dove l'umidità è inferiore al 75%. Prova a tenere il lettore all'interno della sua custodia protettiva e cuoci delicatamente l'essiccante ogni pochi mesi per garantire che riduca al minimo l'umidità all'interno della custodia protettiva.



**Durante la lettura di un elettrete di riferimento, la sua tensione differisce di oltre  $\pm 3$  volt dalla tensione certificata.**

Se solo un elettrete di riferimento si discosta dalla sua tensione certificata, allora il lettore è perfettamente a posto. Se entrambi gli elettreti si discostano dalle tensioni certificate, il lettore potrebbe essere caduto (o aver subito un trauma meccanico significativo). In questo scenario, potresti provare a sostituire le batterie per vedere se fa la differenza, ma probabilmente lo SPER-1E dovrà essere inviato a Rad Elec per le riparazioni. Si prega di contattare Rad Elec o il distributore locale.

**Il lettore di tensione SPER-1E sta emettendo un suono acuto.**

Questo suono indica che la maniglia non è tornata nella posizione di riposo. Questo a volte può accadere perché la guida metallo-metallo blocca il movimento della maniglia. Prova a muovere delicatamente la maniglia avanti e indietro, cosa che di solito la scioglierà e le permetterà di tornare nella sua posizione iniziale.

È importante riportare delicatamente la maniglia nella posizione di riposo, altrimenti il lettore rimarrà acceso e scaricherà le batterie.

**Devo "azzerare" il mio lettore di tensione SPER-1E ogni volta che lo accendo?**

No. Tuttavia, letture frequenti dell'elettrete di azzeramento (insieme alle letture dell'elettrete di riferimento) aiutano a garantire che l'apparecchiatura funzioni correttamente.

**L'essiccante nella mia custodia protettiva ha cambiato colore.**

Ciò significa che l'essiccante ha assorbito una grande quantità di umidità e deve essere ripristinato. Questo può essere fatto mettendolo in forno a bassa temperatura (di solito intorno ai 110 °C / 225 °F) per diverse ore. Le istruzioni specifiche sono scritte sul contenitore metallico dell'essiccante.



**Nella schermata appare “ER FAST”.**

Questo normalmente significa che la maniglia dell'otturatore è stata tirata troppo rapidamente. Attendere alcuni secondi e provare a tirare nuovamente la maniglia con delicatezza. Il movimento di apertura della maniglia deve essere fluido e costante; questa manovra dovrebbe richiedere circa mezzo secondo dall'inizio alla fine. Dopo che la maniglia dell'otturatore arriva alla fine della sua corsa e la tensione appare sulla schermata, è possibile rilasciare delicatamente la maniglia in modo che torni alla posizione di riposo.

**Nella schermata appare “ER OPEN”.**

Questo significa che la maniglia dell'otturatore è stata mantenuta aperta troppo a lungo. Per correggere il problema, rilasciare la maniglia e permetterle di tornare in posizione chiusa. Tirare nuovamente la maniglia per iniziare una nuova lettura. Una volta che la lettura appare sulla schermata, rilasciare la maniglia con delicatezza ma prontamente, per evitare questo messaggio.

**Nella schermata appare “ERSLIDE”.**

Questo significa che si è verificato un errore durante il tiro della maniglia dell'otturatore. Per correggerlo, tirare delicatamente la leva all'indietro. Mantenere la maniglia in posizione aperta mentre la schermata mostra **READING**. Quando il valore di tensione appare sulla schermata, rilasciare la maniglia.

**Nella schermata appare “ER SLOW”.**

Questo significa che la maniglia dell'otturatore è stata tirata troppo lentamente. Attendere alcuni secondi e provare a tirare nuovamente la maniglia un po' più rapidamente. Il movimento deve essere fluido e costante e dovrebbe richiedere circa 500 millisecondi, cioè mezzo secondo, dall'inizio alla fine.

# Ulteriori applicazioni per camere a ionizzazione ad elettrete

Le camere a ionizzazione ad elettrete sono molto versatili e possono essere impiegate per misurare altri tipi di radiazioni ionizzanti. L'elenco seguente illustra alcune di queste applicazioni oltre alla misurazione del radon nell'aria:

- Misurazione istantanea del radon
- Misura del radon nell'acqua
- "Sniffer" di radon elettrete per la diagnostica della mitigazione
- Misure di radiazioni gamma ambientali
- Concentrazione di  $^{226}\text{Ra}$  dal suolo
- Monitor del radon dosimetro del personale
- Misura del flusso indisturbato di radon dal suolo e da altre superfici
- E-PERM<sup>®</sup> modificato per la misurazione passiva del thoron ( $^{220}\text{Rn}$ )
- E-PERM<sup>®</sup> modificato per la misurazione passiva del trizio ( $^3\text{H}$ ) aerodisperso
- Concentrazione di trizio ( $^3\text{H}$ ) nell'acqua e contaminazione sulle superfici
- E-PERM<sup>®</sup> modificato per la misurazione della radiazione alfa da una superficie contaminata
- Un sistema di calibrazione per l'integrazione di E-PERM<sup>®</sup> utilizzando lo standard NIST
- E-PERM<sup>®</sup> modificato per la misurazione passiva della contaminazione da uranio e plutonio nei suoli
- Misurazione dell'emanazione di radon da ripiani in granito e materiali da costruzione
- Misura della concentrazione della progenie del radon nell'aria
- Elettreti per misurare la concentrazione di ioni nell'aria
- Camera per radon del vano portaoggetti tracciabile secondo lo standard NIST sull'emanazione di radon
- Misurazione del radon nel gas naturale (nelle condutture), butano, etano e propano

**Vi invitiamo a contattarci  
se hai domande su queste  
applicazioni aggiuntive.**



## Specifiche tecniche E-PERM® e SPER-1E

Questa sezione contiene le specifiche tecniche di ciascuna configurazione E-PERM®, nonché del lettore di tensione SPER-1E. Il suo scopo è fornire un riepilogo conciso ma dettagliato dei vari elettreti e delle camere a ionizzazione, insieme alle dimensioni del voltmetro, ai suoi componenti di misurazione, alle interfacce di ingresso/uscita e alle interfacce utente.

### Elettreti

- L'elettrete è un disco in Teflon® caricato elettricamente e stabilizzato mediante i processi di produzione proprietari di Rad Elec. È montato in un supporto di plastica elettricamente conduttiva ed è coperto da un cappuccio di protezione.
- Carica superficiale iniziale, o potenziale iniziale, di oltre 700 volt.
- Un elettrete non deve essere utilizzato con una tensione iniziale inferiore a 100 volt, anche se la sua tensione finale può essere inferiore a questa soglia. I fattori di calibrazione logaritmici rimangono validi fino a una tensione media, o MPV, di 50 volt.
- La scarica intrinseca di tensione degli elettreti ST e MT non deve superare 6 volt al mese, pari a 1,5 volt alla settimana, se misurata dopo 28 giorni. La scarica intrinseca di tensione degli elettreti LT non deve superare 4 volt al mese se misurata su un periodo di tre mesi.
- Utilizzabile in tutte le applicazioni E-PERM®.

### Lettore di tensione SPER-1E

- Questo voltmetro è un sensore di campo elettrico senza contatto ad altissima impedenza che funziona secondo il principio di un elettrometro.
- Intervallo: da 0 a  $\pm 2.000$  volt
- Risoluzione:  $\pm 1$  volt
- Regolazioni: Azzeramento e Calibrazione
- Richiede calibrazione annuale
- Progettato e prodotto negli Stati Uniti
- Altamente modulare e riparabile

### Elettrete di riferimento

- Elettrete altamente stabili certificati per una tensione nota da Rad Elec.
- Utilizzato per verificare che il lettore di tensione SPER-1E funzioni correttamente.

### Prestazione

- Se utilizzati in conformità con tutte le procedure consigliate (distribuzione, recupero, analisi, manutenzione e calibrazione), si prevede che gli E-PERM® forniscano un'eccellente precisione (incertezza totale inferiore al 10%).

**Consulta gli altri nostri manuali per informazioni tecniche sulla misurazione del radon nell'acqua, nel suolo e nel gas naturale.**



# Lettores di Tensione SPER-1E

## Lettores di Tensione SPER-1E

### Struttura Fisica

Dimensioni	110,5 mm x 189 mm x 40,5 mm (4,35" x 7,44" x 1,6")
Materiale del lettore	ABS ad alto impatto
Massa con batterie	633 g (22,3 oz)

### Componenti di Misurazione

Elettrodo (campo elettrico)	Rame ad alta purezza
Alloggiamento dell'elettrodo	Alluminio 6061

### Errore

Misurazione della tensione dell'elettrodo	$\pm 1$ volt a fondo scala
---	----------------------------

### Condizioni Tipiche di Funzionamento

Temperatura	0 a 40 °C (32 a 104 °F)
Umidità Relativa	$\leq 75\%$ (senza condensa)
Luogo d'Uso	Ambienti Interni
Altitudine Massima	$\leq 5.180$ m ( 17.000 ft)
Grado di Inquinamento	2

### Interfaccia Utente

Tipo di Schermo	LCD Alfanumerico a 7 cifre
Lettura della Tensione dell'Elettrodo	$\leq 1.600$ Volt
Accensione (ON)	Maniglia dell'otturatore
Spegnimento (OFF)	Spegnimento automatico dopo 2 minuti di inattività
BATT LO	Tensione della batteria $\leq 2,25$ V
ER FAST	La maniglia è stata tirata troppo rapidamente
ER OPEN	L'otturatore è rimasto aperto troppo a lungo
ERSLIDE	Errore durante l'apertura dell'otturatore
ER SLOW	La maniglia è stata tirata troppo lentamente
ER WAIT	La lettura precedente non è ancora stata cancellata

### Interfacce di ingresso/uscita (I/O)

Mini-USB	Non abilitato / Non usare
PS/2	Non abilitato / Non usare
RS-232 / Serial	Stampa la lettura della tensione dell'elettrodo

### Alimentatore

Ingresso	90 ~ 264 VCA
Uscita	6 VCC, 2,5 A
Connettore tipo Barrel	1,35 mm ID x 3,5 mm OD x 10 mm L (0,05" ID x 0,14" OD x 0,39" L)
Polarità	Centro Positivo
Batterie	2 x AA, 1,5 VCC, alcaline

### Accessori Inclusi

Elettrodi di Riferimento (2)	Potenziale stabile tipico di 250 V
Elettrodo di Azzeramento	Potenziale di 0 V, per calibrazione a zero del lettore
Contenitore dell'Essiccante	Gel di Silice
Valigetta Protettiva	Imbottita, ABS ad alto impatto

**Se lo SPER-1E viene utilizzato in modo non specificato in questo manuale, le funzioni di sicurezza dell'apparecchiatura possono risultare compromesse.**





**Camera S**

## SST

Elettrete a breve termine alla camera S

### Specifiche tecniche



**Elettrete ST  
(breve termine)**

### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (210 ml) ottimizzata per misurazioni del radon nell'arco di 2-7 giorni.

### Portata massima

Circa 12.580 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (340 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

### Concentrazione minima misurabile

9,61 Bq/m<sup>3</sup> (0,26 pCi/L) a 2 giorni

7,58 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 7 giorni

### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

9,34% a 2 giorni

5,99% a 7 giorni

### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 30,42 Bq/m<sup>3</sup> (0,82 pCi/L) a 2 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 132,24 Bq/m<sup>3</sup> (3,57 pCi/L) a 2 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,95 Bq/m<sup>3</sup> (0,43 pCi/L) a 7 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 50,52 Bq/m<sup>3</sup> (1,37 pCi/L) a 7 giorni

### Sensibilità a Thoron

Meno del 3%

### Sensibilità alle radiazioni gamma

16,28 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione





## Camera S

# SLT

Elettrete a lungo termine alla camera S

### Specifiche tecniche

#### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (210 ml) ottimizzata per misurazioni del radon nell'arco di 30-120 giorni.

#### Portata massima

Circa 146.900 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (3.970 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

#### Concentrazione minima misurabile

8,39 Bq/m<sup>3</sup> (0,23 pCi/L) a 30 giorni

7,49 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 120 giorni

#### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

7,96% a 30 giorni

5,77% a 120 giorni

#### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 21,89 Bq/m<sup>3</sup> (0,59 pCi/L) a 30 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 97,44 Bq/m<sup>3</sup> (2,63 pCi/L) a 30 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,43 Bq/m<sup>3</sup> (0,42 pCi/L) a 120 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 45,84 Bq/m<sup>3</sup> (1,24 pCi/L) a 120 giorni

#### Sensibilità a Thoron

Meno del 3%

#### Sensibilità alle radiazioni gamma

16,28 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

#### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione



## Elettrete LT (lungo termine)





## Camera L

# LST

Elettrete a breve termine alla camera L



## Elettrete ST (breve termine)

### Specifiche tecniche

#### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (58 ml) ottimizzata per misurazioni del radon nell'arco di 30-120 giorni.

#### Portata massima

Circa 64.861 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (1.753 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

#### Concentrazione minima misurabile

7,53 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 30 giorni

7,44 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 120 giorni

#### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

6,06% a 30 giorni

5,62% a 120 giorni

#### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,75 Bq/m<sup>3</sup> (0,43 pCi/L) a 30 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 50,30 Bq/m<sup>3</sup> (1,36 pCi/L) a 30 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,14 Bq/m<sup>3</sup> (0,41 pCi/L) a 120 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 43,14 Bq/m<sup>3</sup> (1,17 pCi/L) a 120 giorni

#### Sensibilità a Thoron

Meno del 3%

#### Sensibilità alle radiazioni gamma

22,2 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

#### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione



**Camera L**

## LLT

Elettrete a lungo termine alla camera L

### Specifiche tecniche

#### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (58 ml) ottimizzata per misurazioni del radon nell'arco di 91-365 giorni.

#### Portata massima

Circa 785.880 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (21.240 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

#### Concentrazione minima misurabile

8,41 Bq/m<sup>3</sup> (0,23 pCi/L) a 91 giorni

7,49 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 365 giorni

#### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

10,12% a 91 giorni

5,97% a 365 giorni

#### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 24,58 Bq/m<sup>3</sup> (0,66 pCi/L) a 91 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 151,28 Bq/m<sup>3</sup> (4,09 pCi/L) a 91 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,48 Bq/m<sup>3</sup> (0,42 pCi/L) a 365 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 47,75 Bq/m<sup>3</sup> (1,29 pCi/L) a 365 giorni

#### Sensibilità a Thoron

Meno del 3%

#### Sensibilità alle radiazioni gamma

22,2 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

#### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione



**Elettrete LT  
(lungo termine)**





## Camera L-00

# LST-00

Elettrete a breve termine alla camera L-00

### Specifiche tecniche



## Elettrete ST (breve termine)

### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (53 ml) ottimizzata per misurazioni del radon nell'arco di 30-91 giorni.

### Portata massima

Circa 79.587 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (2.151 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

### Concentrazione minima misurabile

7,57 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 30 giorni

7,45 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 91 giorni

### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

6,27% a 30 giorni

5,67% a 91 giorni

### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 16,05 Bq/m<sup>3</sup> (0,43 pCi/L) a 30 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 54,15 Bq/m<sup>3</sup> (1,46 pCi/L) a 30 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,20 Bq/m<sup>3</sup> (0,41 pCi/L) a 91 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 43,86 Bq/m<sup>3</sup> (1,19 pCi/L) a 91 giorni

### Sensibilità a Thoron

Meno del 3%

### Sensibilità alle radiazioni gamma

22,2 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione



## Camera L-00

# LMT-00

Elettrete a medio termine alla camera L-00

### Specifiche tecniche



## Elettrete MT (medio termine)

### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (53 ml) ottimizzato per misurazioni del radon di 91 giorni.

### Portata massima

Circa 269.693 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (7.289 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

### Concentrazione minima misurabile

8,48 Bq/m<sup>3</sup> (0,23 pCi/L) a 30 giorni

7,53 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 91 giorni

7,49 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 120 giorni

### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

10,37% a 30 giorni

6,29% a 91 giorni

6,00% a 120 giorni

### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 25,50 Bq/m<sup>3</sup> (0,69 pCi/L) a 30 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 158,46 Bq/m<sup>3</sup> (4,28 pCi/L) a 30 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,81 Bq/m<sup>3</sup> (0,43 pCi/L) a 91 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 52,76 Bq/m<sup>3</sup> (1,43 pCi/L) a 91 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,50 Bq/m<sup>3</sup> (0,42 pCi/L) a 120 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 48,18 Bq/m<sup>3</sup> (1,30 pCi/L) a 120 giorni

### Sensibilità a Thoron

Meno del 3%

### Sensibilità alle radiazioni gamma

22,2 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione





## Camera L-00

# LLT-00

Elettrete a lungo termine alla camera L-00



## Elettrete LT (lungo termine)

### Specifiche tecniche

#### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (53 ml) ottimizzata per misurazioni del radon nell'arco di 91-365 giorni.

#### Portata massima

Circa 979.575 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (26.475 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

#### Concentrazione minima misurabile

8,81 Bq/m<sup>3</sup> (0,24 pCi/L) a 91 giorni

7,51 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 365 giorni

#### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

11,65% a 91 giorni

6,14% a 365 giorni

#### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 30,61 Bq/m<sup>3</sup> (0,83 pCi/L) a 91 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 195,24 Bq/m<sup>3</sup> (5,28 pCi/L) a 91 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,61 Bq/m<sup>3</sup> (0,42 pCi/L) a 365 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 49,99 Bq/m<sup>3</sup> (1,35 pCi/L) a 365 giorni

#### Sensibilità a Thoron

Meno del 3%

#### Sensibilità alle radiazioni gamma

22,2 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

#### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione



**Camera H**

# HST

Elettrete a breve termine alla camera H



**Elettrete ST  
(breve termine)**

## Specifiche tecniche

### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (960 ml) ottimizzata per misurazioni di radon a breve termine altamente sensibili nell'arco di 1-2 giorni. Un intervallo dinamico basso significa che è necessario prestare particolare attenzione per garantire che l'elettrete non si esaurisca.

### Portata massima

Circa 2.146 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (58 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

### Concentrazione minima misurabile

7,88 Bq/m<sup>3</sup> (0,21 pCi/L) a 1 giorni

7,54 Bq/m<sup>3</sup> (0,20 pCi/L) a 2 giorni

### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

6,46% a 1 giorni

5,82% a 2 giorni

### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 17,72 Bq/m<sup>3</sup> (0,48 pCi/L) a 1 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 62,61 Bq/m<sup>3</sup> (1,69 pCi/L) a 1 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 15,70 Bq/m<sup>3</sup> (0,42 pCi/L) a 2 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 47,57 Bq/m<sup>3</sup> (1,29 pCi/L) a 2 giorni

### Sensibilità a Thoron

Meno del 5%

### Sensibilità alle radiazioni gamma

12,95 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione





**Camera H**

# HLT

Elettrete a lungo termine alla camera H

## Specifiche tecniche

### Metodologia e scopo

Vera camera a ionizzazione ad elettrete integrata (960 ml) ottimizzata per misurazioni del radon nell'arco di 7-14 giorni.

### Portata massima

Circa 26.122 Bq/m<sup>3</sup>-giorni (706 pCi/L-giorni) con il nuovo elettrete

### Concentrazione minima misurabile

8,84 Bq/m<sup>3</sup> (0,24 pCi/L) a 7 giorni

7,74 Bq/m<sup>3</sup> (0,21 pCi/L) a 14 giorni

### Errore totale previsto a 148 Bq/m<sup>3</sup> (4,0 pCi/L)

7,84% a 7 giorni

6,23% a 14 giorni

### Errore previsto

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 23,82 Bq/m<sup>3</sup> (0,64 pCi/L) a 7 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 96,88 Bq/m<sup>3</sup> (2,62 pCi/L) a 7 giorni

Errore inferiore al 25% per concentrazioni superiori a 16,89 Bq/m<sup>3</sup> (0,46 pCi/L) a 14 giorni

Errore inferiore al 10% per concentrazioni superiori a 56,95 Bq/m<sup>3</sup> (1,54 pCi/L) a 14 giorni

### Sensibilità a Thoron

Meno del 5%

### Sensibilità alle radiazioni gamma

12,95 Bq/m<sup>3</sup> @ 43,48 nGy/ora (5 µR/hr), contabilizzato tramite correzioni nei calcoli

### Non influenzato da (nelle condizioni normali tipiche delle abitazioni)

Temperatura

Flusso d'aria

Luce del sole

Ioni ambientali

Polvere ambientale

Umidità senza condensa (meno del 100% di umidità relativa)

Campi magnetici (fino a 10.000 Gauss)

Tensioni elettriche (fino a 5.000 volt)

Urti normali durante la movimentazione e la spedizione



**Elettrete LT  
(lungo termine)**



# Esempio di rapporto sul radon



555 Bismuth Blvd.  
Frederick, MD 21704  
(555) 555-5555

## Radon Test Report

November 09, 2023

Batch #: 110923-1

**Customer:**

New Customer  
123 Main Street  
Frederick MD 21704

**Test Site:**

123 Main Street  
Frederick MD 21704

E-PERM® Electret Ion Chambers were used for radon screening measurements that were conducted at the above referenced test site by: ABC Radon Testing Company

**The Results are as follows:**

Serial	Type	Location	Test Start Date	Test End Date	Results (pCi/L)
SAA001	SST	Basement	09-Nov-2023 12:00 PM	11-Nov-2023 12:53 PM	5.5
SAA002	SST	Basement	09-Nov-2023 12:00 PM	11-Nov-2023 12:53 PM	5.8
<b>Average Radon Concentration in:</b>			<b>Basement</b>		<b>5.6 pCi/L</b>
SAA003	SST	Game Room	09-Nov-2023 12:07 PM	11-Nov-2023 01:03 PM	3.3
<b>Average Radon Concentration in:</b>			<b>Game Room</b>		<b>3.3 pCi/L</b>
SAA004	SST	Upper Bedroom	09-Nov-2023 12:15 PM	11-Nov-2023 01:09 PM	1.1
<b>Average Radon Concentration in:</b>			<b>Upper Bedroom</b>		<b>1.1 pCi/L</b>

**Deployed By:** Radon Technician  
**Retrieved By:** Radon Technician  
**Analyzed By:** Radon Technician  
**Reader S/N:** E0001      **Reader Calibration Due:** 02-Nov-24  
**Conditions:** Requirements for Closed-Building Met  
**Tampering:** None Observed  
**Weather:** No Abnormal Weather Conditions  
**Vents:** Not Applicable / Fan Not Applicable  
**Mitigation:** No System Installed

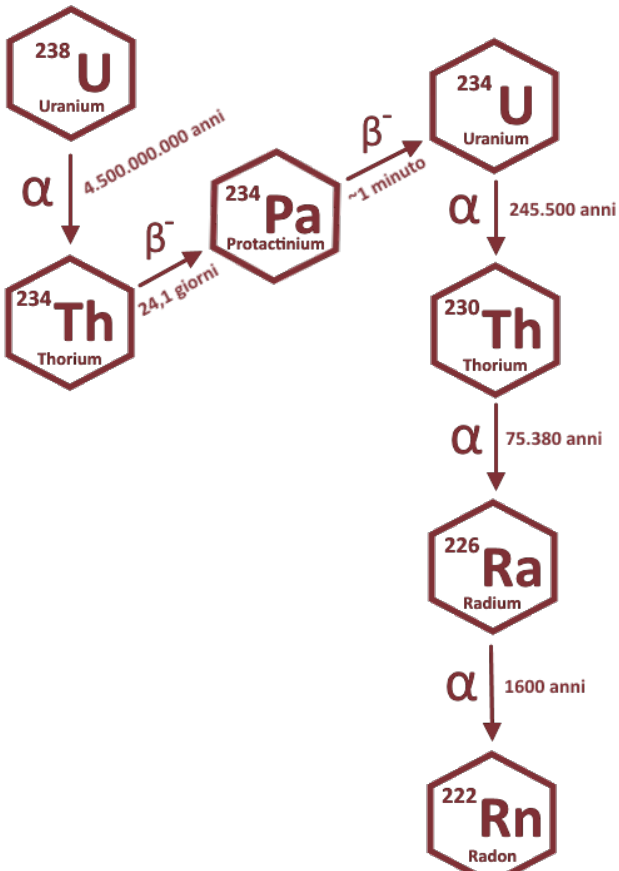
### Radon Health Risk Information

Radon is the second leading cause of lung cancer after smoking. The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) and the Surgeon General strongly recommend that further action be taken when a home's radon test results are 4.0 pCi/L or greater. The national average indoor radon level is about 1.3 pCi/L. The higher the home's radon level, the greater the health risk to you and your family. Reducing your radon levels can be done easily, effectively and fairly inexpensively. Even homes with very high radon levels can be reduced below 4.0 pCi/L. Please refer to the EPA website at [www.epa.gov/radon](http://www.epa.gov/radon) for further information to assist you in evaluating your test results or deciding if further action is needed.

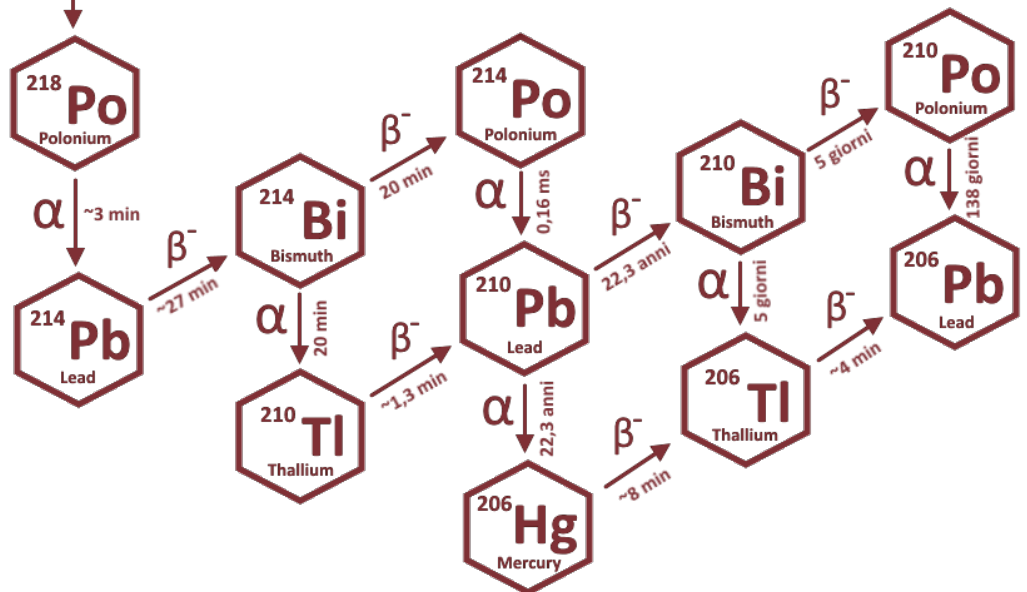
Signature: Sample Signature Date: 07-Dec-2023



# Catena di decadimento del radon



## Progenie del Radon



## Tabella gamma di sfondo stimata

Stato	$\mu\text{R/ora}$	nGy/ora		Stato	$\mu\text{R/ora}$	nGy/ora
Alabama	6,5	56,6		Montana	8,6	74,8
Alaska	7,3	63,5		Nebraska	7,7	67,0
Arizona	8,0	69,6		Nevada	7,6	66,1
Arkansas	6,5	56,6		New Hampshire	7,4	64,4
California	6,6	57,4		New Jersey	7,1	61,8
Colorado	11,8	102,7		New Mexico	10,4	90,5
Connecticut	7,8	67,9		New York	7,3	63,5
District of Columbia	6,4	55,7		North Carolina	6,9	60,0
Delaware	6,1	53,1		North Dakota	7,8	67,9
Florida	5,3	46,1		Ohio	7,3	63,5
Georgia	7,0	60,9		Oklahoma	7,6	66,1
Hawaii	7,3	63,5		Oregon	7,4	64,4
Idaho	8,7	75,7		Pennsylvania	6,6	57,4
Illinois	7,1	61,8		Rhode Island	7,0	60,9
Indiana	7,4	64,4		South Carolina	6,7	58,3
Iowa	7,5	65,3		South Dakota	7,8	67,9
Kansas	7,7	67,0		Tennessee	6,9	60,0
Kentucky	7,3	63,5		Texas	6,1	53,1
Louisiana	5,4	47,0		Utah	9,3	80,9
Maine	7,5	65,3		Vermont	7,4	64,4
Maryland	6,2	53,9	Virginia	6,4	55,7	
Massachusetts	7,3	63,5	Washington	7,4	64,4	
Michigan	7,4	64,4	West Virginia	7,7	67,0	
Minnesota	7,4	64,4	Wisconsin	7,5	65,3	
Mississippi	5,4	47,0	Wyoming	10,4	90,5	
Missouri	7,4	64,4				
Provincia / Territorio	$\mu\text{R/ora}$	nGy/ora		Provincia / Territorio	$\mu\text{R/ora}$	nGy/ora
Alberta	8,6	74,8		Nunavut	7,6	66,1
British Columbia	8,0	69,6		Ontario	7,4	64,4
Manitoba	7,6	66,1		Prince Edward Island	7,5	65,3
New Brunswick	7,5	65,3		Quebec	7,5	65,3
Newfoundland & Labrador	7,5	65,3		Saskatchewan	8,2	71,3
Nova Scotia	7,5	65,3		Yukon	8,0	69,6
Northwest Territories	8,4	73,1				



## Glossario

Term	Definition
<b>Camera a ionizzazione</b>	Una camera a ionizzazione è costruita in plastica elettricamente conduttiva e funge da volume ben definito affinché avvenga la ionizzazione quando è accoppiata con un elettretre. Quando un elettretre viene caricato su una camera a ionizzazione, crea una camera a ionizzazione ad elettretre. All'aumentare del volume di una camera a ionizzazione, aumenta anche la sua sensibilità al radon.
<b>Camera H</b>	Una grande camera a ionizzazione il cui volume è di 960 mL. Viene utilizzato quasi esclusivamente per periodi di esposizione molto brevi o in ambienti in cui è necessario misurare con precisione basse concentrazioni di radon. Può anche essere modificato in un monitor di flusso per misurazioni del flusso di radon all'aperto. Non influenzato dall'elevazione.
<b>Camera L</b>	Una piccola camera a ionizzazione il cui volume è di 58 ml. È comunemente usato per periodi di esposizione più lunghi.
<b>Camera L-OO</b>	Una piccola camera a ionizzazione il cui volume è di 53 ml. Un meccanismo di chiusura consente a questa camera a ionizzazione di avviare e terminare facilmente le esposizioni. È comunemente usato per periodi di esposizione più lunghi.
<b>Camera S</b>	Una camera a ionizzazione di medie dimensioni il cui volume è di 210 ml. Uno stantuffo consente di avviare e interrompere facilmente le esposizioni. È comunemente usato per periodi di esposizione più brevi che durano da pochi giorni a diverse settimane.
<b>Campo elettromagnetico</b>	Una regione localizzata con proprietà elettriche e magnetiche distinte prodotta dal movimento della carica elettrica. Si verifica a causa di fonti sia naturali (ad esempio il campo magnetico terrestre) che artificiali (ad esempio le reti elettriche). Le frequenze medio-basse (onde radio, segnali WiFi, microonde) sono radiazioni non ionizzanti e non influiscono sulle camere a ionizzazione ad elettretre.
<b>Cappuccio di elettretre</b>	Un cappuccio filettato che può essere avvitato sugli elettreti per conservarli per lunghi periodi di tempo. Ogni elettretre viene fornito con il proprio cappuccio, sebbene questi cappucci siano liberamente intercambiabili tra tutti gli elettreti. In inglese, questo è chiamato "keeper cap".
<b>Concentrazione di radon</b>	La quantità di radon presente in un ambiente. Negli Stati Uniti viene solitamente misurato in pCi/L (picoCurie per litro), mentre nel resto del mondo lo misura in Bq/m <sup>3</sup> (Becquerel per metro cubo).



<b>Concentrazione minima misurabile</b>	La concentrazione di radon più bassa che può essere misurata entro un determinato intervallo di incertezza (tipicamente 10%, 25% e 50%). Con un'incertezza del 50%, questo è sinonimo del limite inferiore di rilevamento.
<b>Condizioni di struttura chiusa</b>	La pratica di garantire che tutte le porte, finestre e aperture rimangano chiuse per un test sul radon a breve termine (definito negli Stati Uniti come qualsiasi test della durata inferiore a 91 giorni). Tutti i test sul radon a breve termine devono mantenere condizioni di struttura chiusa per tutta la durata del test sul radon. Per i test sul radon di durata inferiore a 96 ore, le condizioni della struttura chiusa devono essere mantenute 12 ore prima dell'inizio del test.
<b>Decadimento intrinseco della tensione (DIT)</b>	La velocità di scarica della tensione latente (o passiva) per gli elettreti, anche se immagazzinati. Si tratta di un valore molto piccolo, che va da 0,022223 (LT) a 0,066667 (ST e MT) volt al giorno. Le costanti DIT vengono prese in considerazione negli algoritmi CIE.
<b>Duplicato</b>	Un duplicato è una pratica di garanzia della qualità in cui una camera a ionizzazione ad elettrete viene dispiegata simultaneamente insieme a un altro dispositivo di misurazione del radon (cioè nella stessa posizione con identiche date/orari di inizio e fine).
<b>E-PERM®</b>	Acronimo di Electret Passive Environmental Radon Monitor. Sinonimo di camera a ionizzazione ad elettrete.
<b>E-RPISU®</b>	Acronimo di Electret Radon Progeny Integrating Sampling Unit. È uno strumento prodotto da Rad Elec che viene utilizzato per misurare la concentrazione di radon, la sua progenie e il rapporto di equilibrio di un dato ambiente.
<b>Elettrete</b>	Un disco di Teflon® che è stato caricato elettricamente e lavorato in modo da rimanere stabile in un'ampia gamma di umidità e temperature. Quando caricato su una camera a ionizzazione, attirerà gli ioni e perderà tensione (che consente di misurare la concentrazione di radon).
<b>Elettrete, LT</b>	Elettrete a lungo termine indicato con un'etichetta rossa e i cui seriali iniziano con la lettera "L". Questi elettreti sono circa 10 volte meno sensibili degli elettreti a breve termine, il che li rende ideali per esposizioni a lungo termine e/o ambienti con grandi concentrazioni di radiazioni ionizzanti. A seconda della specifica configurazione E-PERM®, un LT elettrete può essere utilizzato da pochi mesi a un anno o più.
<b>Elettrete, MT</b>	Elettrete a medio termine è indicato con un'etichetta bordeaux e i cui seriali iniziano con la lettera "M". Questi elettreti hanno una sensibilità all'incirca a metà strada tra un elettrete a lungo termine (LT) e un elettrete a breve termine (ST).



<b>Elettrete, ST</b>	Elettrete a breve termine indicato con un'etichetta blu e i cui seriali iniziano con la lettera "S". Questi elettreti sono molto sensibili e possono produrre una caratterizzazione ad alta risoluzione delle radiazioni ionizzanti di un ambiente in un breve periodo di esposizione, che in genere varia da due a 90 giorni.
<b>Elettrete di azzeramento</b>	Un elettrete con superficie in acciaio inossidabile privo di tensione. Dovrebbe sempre leggere approssimativamente zero volt. Oltre agli elettreti di riferimento, è possibile utilizzare l'elettrete di azzeramento per garantire che il lettore di tensione SPER-1E funzioni correttamente.
<b>Elettreti di riferimento</b>	Elettreti a bassa tensione realizzati per essere estremamente stabili. Due elettreti di riferimento sono accoppiati con un lettore di tensione SPER-1E. Poiché le loro tensioni sono certificate, possono essere utilizzate per garantire che il lettore funzioni correttamente. Sono esclusivamente per scopi di QA/QC; non possono essere utilizzati per misurare il radon.
<b>Fattore di calibrazione (FC)</b>	Un valore che deriva dalla specifica configurazione E-PERM e dalla tensione del punto medio di un'esposizione specifica. Dopo essere stato calcolato, il fattore di calibrazione rappresenta la perdita di tensione di una camera a ionizzazione ad elettrete specifica per picocurie per litro ( $37 \text{ Bq/m}^3$ ) ogni 24 ore.
<b>Gabbia di Faraday</b>	Un involucro utilizzato per proteggere qualcosa dai campi elettromagnetici. Nel contesto delle camere a ionizzazione ad elettrete, le camere a ionizzazione sono costruite in plastica elettricamente conduttiva che protegge l'elettrete dai campi elettromagnetici esterni.
<b>Gamma di fondo (<math>\gamma</math>)</b>	La radiazione gamma di fondo ( $\gamma$ ) è una forma altamente penetrante di radiazione elettromagnetica ionizzante che deve essere stimata o misurata per le misurazioni nella camera a ionizzazione ad elettrete.
<b>HLT</b>	Una configurazione E-PERM® comprendente un elettrete a lungo termine (LT) caricato su una camera H.
<b>HST</b>	Una configurazione E-PERM® comprendente un elettrete a breve termine (ST) caricato su una camera H. Questa è la configurazione E-PERM più sensibile; in genere, un HST verrà distribuito solo per 6-24 ore.
<b>Incertezza</b>	Un intervallo che rappresenta i possibili valori veri con una probabilità dichiarata. Tenendo presente questo, l'intervallo di incertezza indica l'affidabilità di una misurazione specifica.
<b>Lettore</b>	Soprannome per il voltmetro SPER-1E, utilizzato per leggere gli elettreti. Dovrebbe essere conservato nella sua valigetta protettiva.

<b>Limite di azione</b>	Il limite di azione è la soglia di concentrazione di radon alla quale si raccomanda la mitigazione (o altra azione correttiva adeguata). L'Organizzazione Mondiale della Sanità raccomanda un limite di azione di 100 Bq/m <sup>3</sup> . Negli Stati Uniti, l'USEPA ha fissato un livello di azione di 4,0 pCi/L per il gas radon e 0,016 WL per la progenie.
<b>Limite inferiore di rilevamento</b>	I limiti matematici della metodologia di rilevamento, al di sotto dei quali l'incertezza totale supera il 50%. Questa è la concentrazione di radon più bassa che può essere misurata e solitamente è intorno a ~8 Bq/m <sup>3</sup> (0,2 pCi/L) per le varie configurazioni E-PERM®.
<b>LLT</b>	Una configurazione E-PERM® che include un elettrete a lungo termine (LT) caricato su una camera L. Non ha un meccanismo di chiusura. Questa configurazione è destinata a test del radon estremamente lunghi (da 6 mesi a oltre un anno).
<b>LLT-OO</b>	Una configurazione E-PERM® comprendente un elettrete a lungo termine (LT) caricato su una camera L-OO. Questa configurazione è destinata a test del radon estremamente lunghi (da 6 mesi a oltre un anno).
<b>LMT-OO</b>	Una configurazione E-PERM® comprendente un elettrete a medio termine (MT) caricato su una camera L-OO. Questa configurazione è ottimizzata per esposizioni di 91 giorni.
<b>LST</b>	Una configurazione E-PERM® comprendente un elettrete a breve termine (ST) caricato su una camera L. Non ha un meccanismo di chiusura. Questa configurazione viene in genere distribuita per alcune settimane fino a un mese.
<b>LST-OO</b>	Una configurazione E-PERM® comprendente un elettrete a breve termine (ST) caricato su una camera L-OO. Questa configurazione viene in genere distribuita per alcune settimane fino a un mese.
<b>Potenziale di superficie</b>	La carica elettrica positiva presente sulla superficie di un elettrete. Questo valore varia tipicamente tra 0 e 750, anche se Rad Elec consiglia di ritirare gli elettreti i cui potenziali superficiali sono scesi al di sotto di 100 volt. Chiamata anche tensione superficiale.
<b>QA/QC</b>	Assicurazione e controllo qualità. Il QA/QC è la pratica con cui si garantisce che la propria attività di test del radon soddisfi gli standard del settore effettuando controlli di routine (come l'implementazione di duplicati, campi vuoti e picchi) e identificando eventuali potenziali insidie. L'assicurazione della qualità tende ad essere più orientata al processo (per prevenire i problemi prima che si verifichino), mentre il controllo della qualità tende ad essere più orientato al prodotto (per identificare e correggere i problemi dopo che si sono verificati).



<b>Radon</b>	Un gas inerte, nobile, radioattivo che fa parte della catena di decadimento dell'uranio con un tempo di dimezzamento di circa 3,8 giorni; a temperature e pressioni terrestri, è noto per essere l'unico gas in questa catena di decadimento altrimenti solido. Il radon è invisibile e inodore e non può essere rilevato senza metodi di analisi adeguati.
<b>Rapporto di equilibrio</b>	Il rapporto tra la progenie del radon in un ambiente che può essere inalato. Se il rapporto di equilibrio è del 15%, ciò significa che il 15% della progenie ambientale è effettivamente "aerosolizzata" (attaccata alle particelle presenti nell'aria) e può essere inalata, mentre il restante 85% non può essere inalato perché si è attaccato alle pareti, mobili, filtri, ecc. Il rapporto di equilibrio viene espresso in percentuale e solitamente si presume sia compreso tra il 40 e il 50%.
<b>SLT</b>	Una configurazione E-PERM® comprendente un elettret a lungo termine (LT) caricato su una camera S.
<b>SPER-1E</b>	Lo SPER-1E è l'attuale generazione della macchina utilizzata per leggere le tensioni degli elettreti. È l'acronimo di Surface Potential Electret Reader. Comunemente chiamato "lettore", questo strumento è un voltmetro senza contatto ad alta precisione utilizzato per misurare il potenziale superficiale (tensione) dell'elettrete.
<b>SST</b>	Una configurazione E-PERM® comprendente un elettret a breve termine (ST) caricato su una camera S.
<b>Tensione finale (TF)</b>	La carica superficiale di un elettret misurata da un lettore di tensione SPER-1E <i>dopo</i> che è stato utilizzato per uno specifico test sul radon. Per calcolare la concentrazione di radon sono necessarie sia la tensione iniziale che la tensione finale.
<b>Tensione iniziale (TI)</b>	La carica superficiale di un elettret misurata da un lettore di tensione SPER-1E <i>prima</i> che venga utilizzato per uno specifico test sul radon. Per calcolare la concentrazione di radon sono necessarie sia la tensione iniziale che la tensione finale.
<b>Vuoto</b>	Un vuoto è una pratica di garanzia della qualità in cui una camera a ionizzazione ad elettret viene preparata per l'implementazione normalmente, ma lasciata in posizione chiusa. Poiché viene lasciato in posizione chiusa, non perderà tensione a causa del radon. Questa è una pratica di garanzia della qualità per garantire che la tua analisi sia in grado di misurare l'assenza di radon. Gli spazi vuoti dovrebbero comprendere il 5% (1 su 20) del totale dei rilevatori distribuiti.

## Riferimenti

- Caresana, M., et al. "Uncertainties Evaluation for Electrets Based Devices Used in Radon Detection." *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 113, Issue 1, 18 April 2005, pp. 64-69.
- Kotrappa, P., and L.R. Stieff. "Elevation Correction Factors for E-PERM Radon Monitors." *Health Physics*, Volume 62, No. 1, January 1992, pp. 82-86.
- Kotrappa, P., et al. "A Practical E-PERM® (Electret Passive Environmental Radon Monitor) System for Indoor <sup>222</sup>Rn Measurement." *Health Physics*, Volume 58, No. 4, April 1990, pp. 461-467.
- Kotrappa, P., et al. "Advanced Calibration Equations for E-PERM® Electret Ion Chambers." *Proceedings of the 2013 International Radon Symposium*, September 2013, pp. 10-19.
- Kotrappa, P., et al. "An Advanced E-PERM® System for Simultaneous Measurement of Concentrations of Radon Gas, Radon Progeny, Equilibrium Ratio and Unattached Radon Progeny." *Proceedings of the 2003 International Radon Symposium – Volume II*, October 2003.
- Kotrappa, P., et al. "An Electret Passive Environmental <sup>222</sup>Rn Monitor Based on Ionization Measurement." *Health Physics*, Volume 54, No. 1, January 1988, pp. 47-56.
- Kotrappa, P., et al. "Performance of Electret Ionization Chambers in Magnetic Field." *Health Physics*, Volume 90, No. 4, April 2006, pp. 386-389.
- Sun, Kainan, et al. "Field Comparison of Commercially Available Short-Term Radon Detectors." *Health Physics*, Volume 91, No. 3, September 2006, pp. 221-226.
- Vargas, A., and X. Ortega. "Influence of Environmental Changes on Integrating Radon Detectors: Results of an Intercomparison Exercise." *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 123, Issue 4, March 2007, pp. 529-536.
- Welch, Lawrence E., et al. "Evaluating the E-PERM RT Chamber for Use Measuring Rn-220 in a Cave Environment." *Radon and Vapor Intrusion Symposium, 2022 Indoor Environments (AARST)*.

**Ti invitiamo a consultare la sezione  
Pubblicazioni sul nostro sito web.  
C'è una tonnellata (figurativa) di  
documenti di ricerca e articoli sulle  
camere ioniche ad elettrete.**



## Epilogo

Se sei arrivato fin qui, grazie per aver letto il manuale per l'utente del nostro sistema E-PERM®. Questo manuale funge da documento di riferimento principale ed è molto importante per noi di Rad Elec creare una guida che sia ben organizzata e utile. Tutti noi siamo impegnati ad ascoltare i suggerimenti dei nostri clienti, quindi contattateci se avete feedback per migliorare questo manuale e/o la nostra attrezzatura.

Ci auguriamo che riteniate le camere a ionizzazione ad elettretre una metodologia accurata, versatile e altamente scalabile per i test del radon. Se desiderate saperne di più sulle varie applicazioni e ricerche dietro le camere a ionizzazione ad elettretre, vi invitiamo a visitare la sezione [Pubblicazioni](#) del nostro sito web.

Vi preghiamo di contattarci se avete domande, dubbi o idee brillanti!

R A D  E L E C

