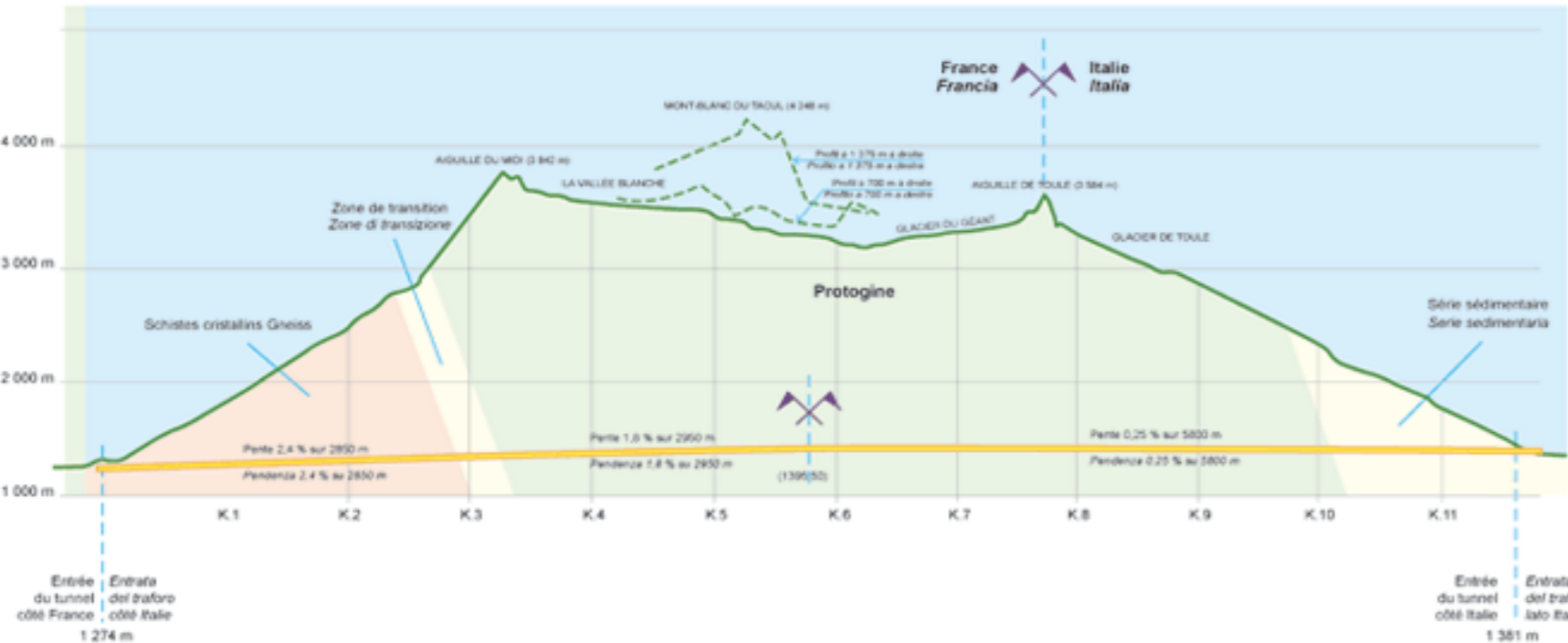


# Misure di radon al tunnel del Monte Bianco

## IL TUNNEL



Il tunnel del Monte Bianco collega, con i suoi **11.6 km**, la valle di **Courmayeur**, in Italia, con quella di **Chamonix**, in Francia. Venne inaugurato il 16 luglio **1965** e fu sottoposto a lavori di modernizzazione negli anni 1999-2002 a seguito di un grave incidente.

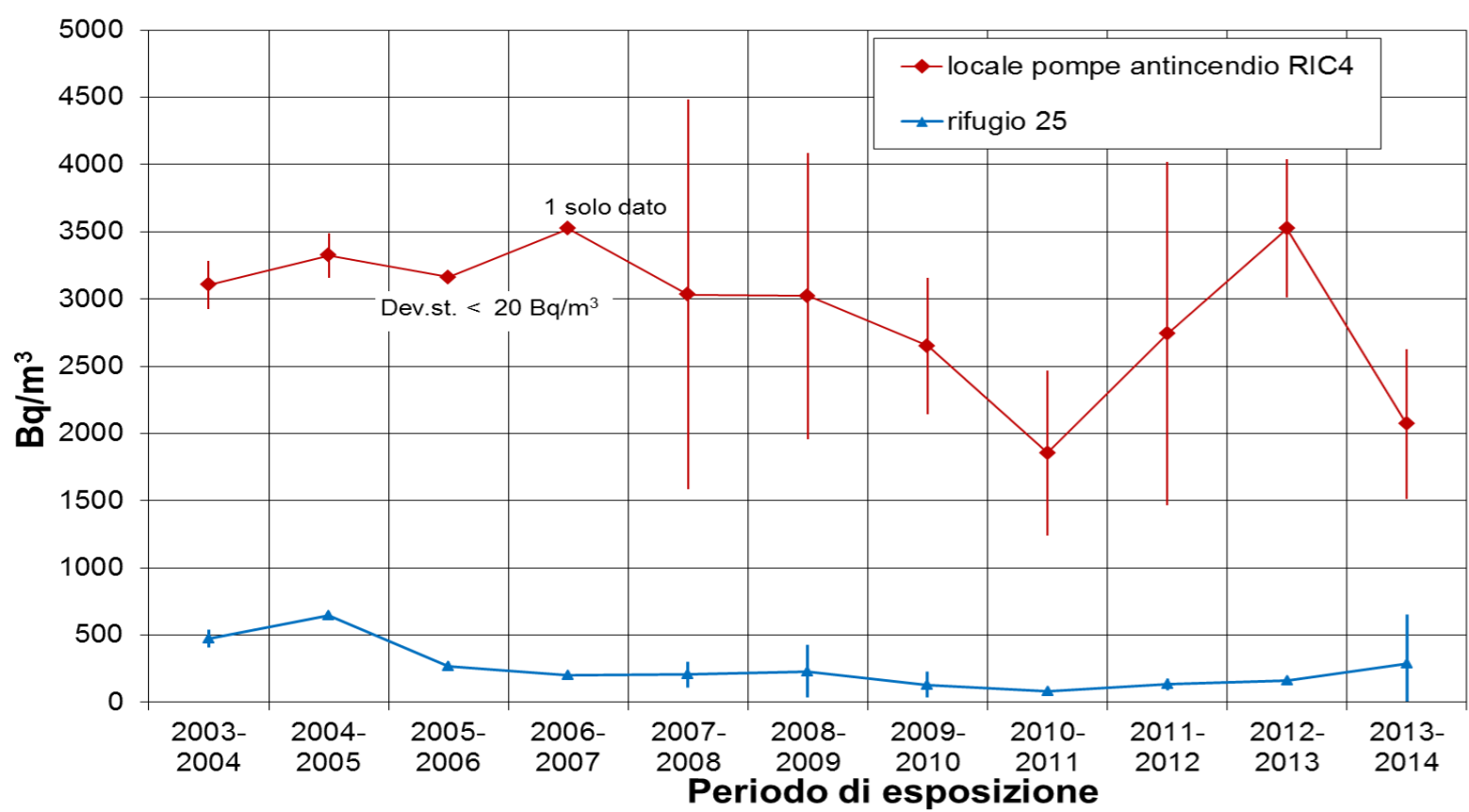
L'infrastruttura del traforo è un **luogo di lavoro** con presenza di **radon** nel quale sono stati attuati interventi tecnici e organizzativi per contenere l'esposizione del personale al di sotto dei livelli di azione previsti dalla legislazione italiana.

Le misure condotte a partire dagli anni '90 hanno permesso di verificare che il problema dell'esposizione al radon interessa particolarmente il versante italiano, dove si riscontrano le concentrazioni più significative. Ciò è dovuto alla differente composizione della roccia lungo il tunnel (copertura sedimentaria nei primi 1300m del lato italiano e **roccia granitica** in condizioni strutturali e meccaniche per il resto) e al **flusso naturale d'aria** verso l'Italia a causa della differente quota e quindi pressione dei piazzali di ingresso (Francia 1274 m s.l.m. – Italia 1381 m s.l.m.). Oltre al flusso naturale, il ricambio d'aria all'interno del tunnel è garantito anche da un flusso di aria forzata immessa nel traforo attraverso canali collocati sotto il piano stradale. Il flusso di aria forzata è alimentato da due centrali indipendenti poste sui due versanti e viene immesso nella galleria mediante bocchette poste a livello del piano stradale. Un ulteriore canale sotterraneo per l'evacuazione dei fumi è collegato con bocche di aspirazione collocate sulla volta della galleria e viene attivato, con appositi moto-ventilatori di aspirazione, solo in caso di incendio.

## LE MISURE

### MISURA DI RADON CON CAMPIONATORI PASSIVI

Per la misura di radon sono stati impiegati rivelatori a tracce nucleari (dosimetri) **CR-39** sostituiti ogni tre mesi nelle posizioni a concentrazione più elevata e ogni sei mesi nelle posizioni di controllo, dove è stata sempre riscontrata una concentrazione < 100 Bq/m<sup>3</sup>. Nello schema accanto sono evidenziati in rosso i siti in cui la concentrazione di attività di radon risulta generalmente > 400 Bq/m<sup>3</sup>.

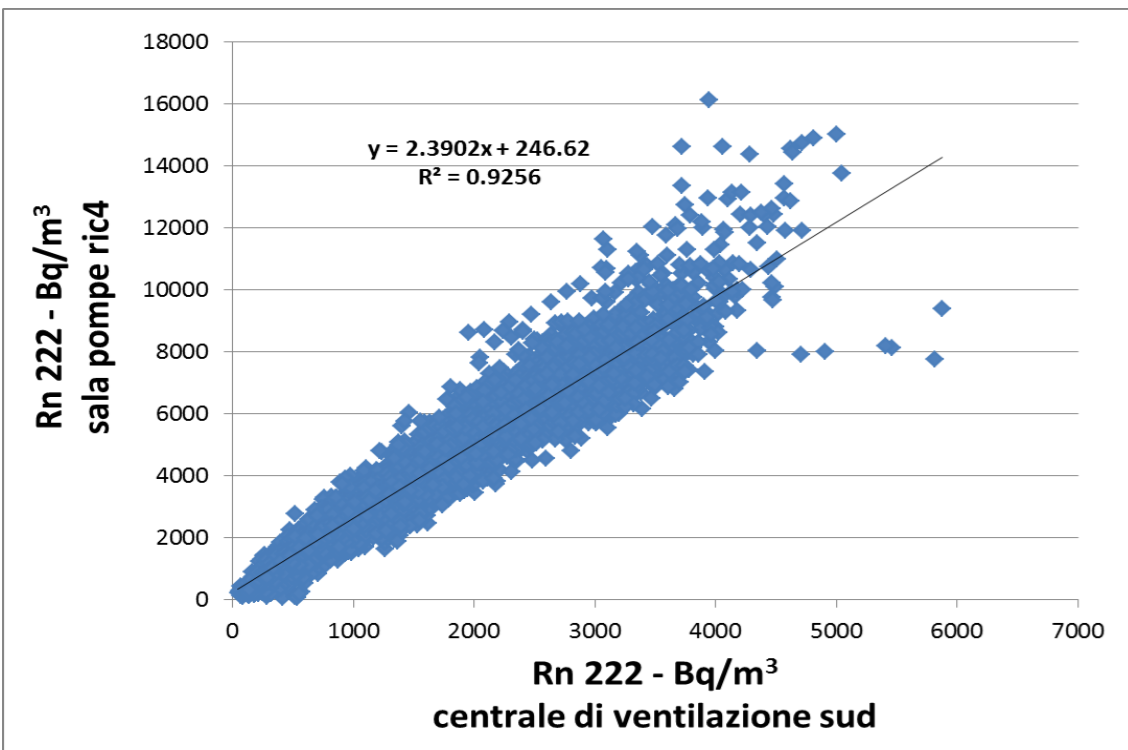


Andamento della concentrazione di radon in due locali significativi: sala pompe antincendio ric4 (punto 3) e Luogo Sicuro 25 (punto 7). Le barre di errore sono riferite alla variazione della concentrazione di radon all'interno dell'anno, rappresentata come deviazione standard rispetto alla media.

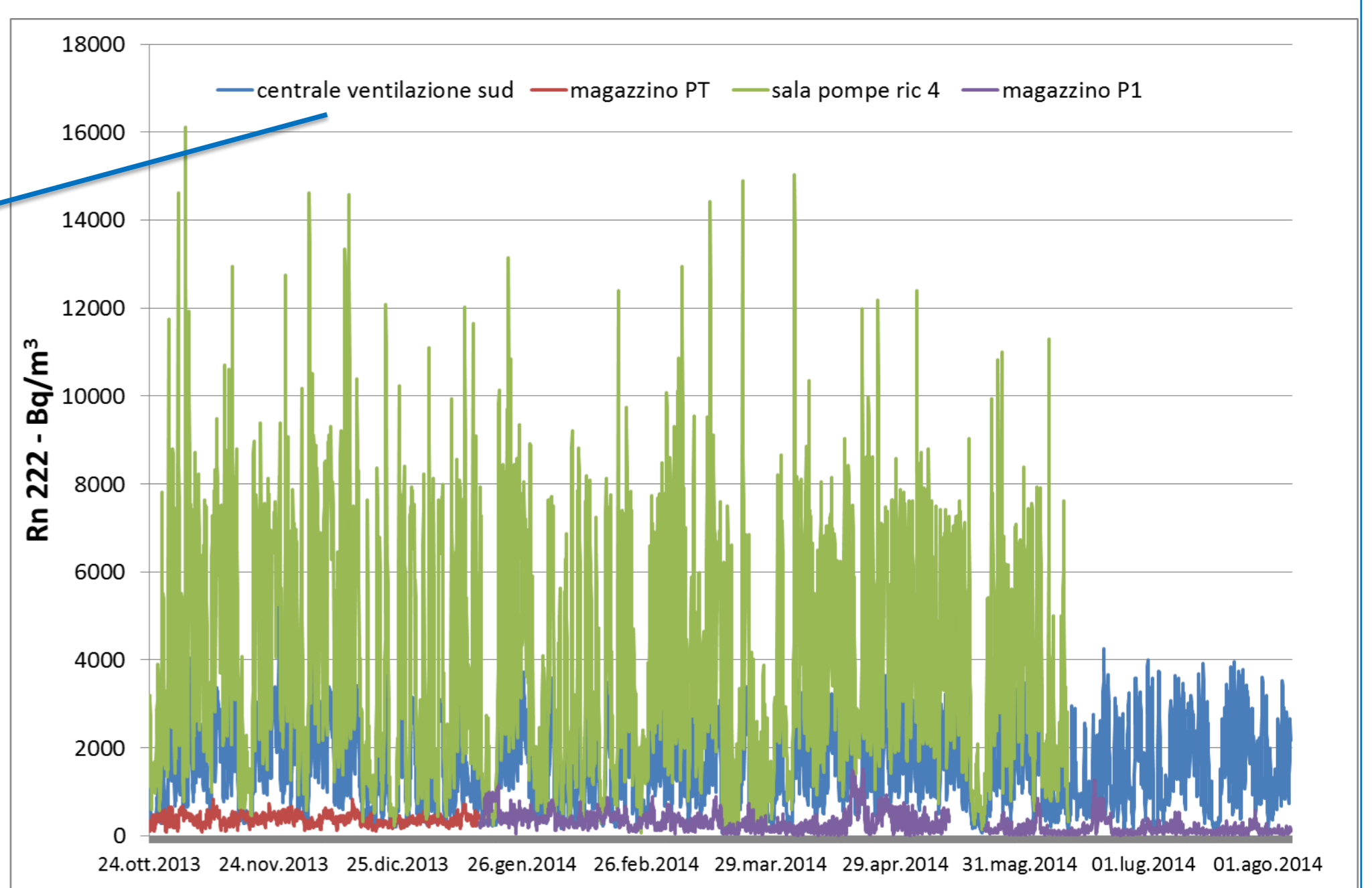


### MISURE DI RADON CON STRUMENTAZIONE ATTIVA

L'andamento nel tempo dell'attività del radon in tre locali tecnici (centrale di ventilazione sud, sala pompe antincendio ric 4 - punto 3 - e magazzino esterno – piano terra e primo) situati nel lato italiano del tunnel è stato misurato in continuo per 9 mesi mediante tre strumenti Radim 5B (SSM J.Pich Eng.\_PRAGUE).

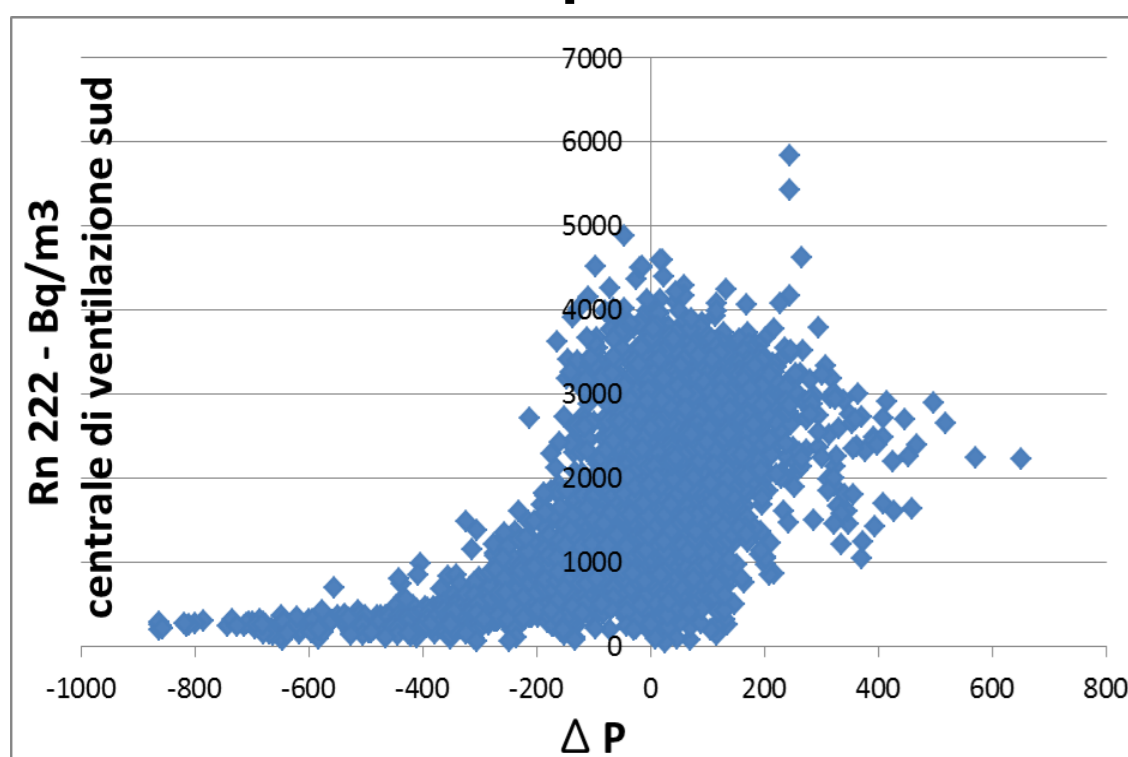


Correlazione tra le concentrazioni nella centrale di ventilazione e nella sala pompe: la vicinanza dei due locali comporta che il tasso di immissione del radon sia ragionevolmente lo stesso e ciò giustifica la forte correlazione tra le concentrazioni misurate ( $R^2 > 0.9$ ), mentre le dimensioni molto maggiori della centrale di ventilazione aumentano la diluizione del radon che quindi risulta inferiore rispetto alla sala pompe.



Gli andamenti evidenziano in tutti i siti monitorati (anche se in misura minore nel pianto terreno del magazzino) una **marcata variabilità del radon** (coefficiente di variazione di > 60%).

In generale risulta che la **concentrazione di radon nei locali misurati è indipendente dal funzionamento dei ventilatori, dalla velocità dell'aria in testata della galleria e dai valori assoluti di pressione atmosferica rilevati sui piazzali.**

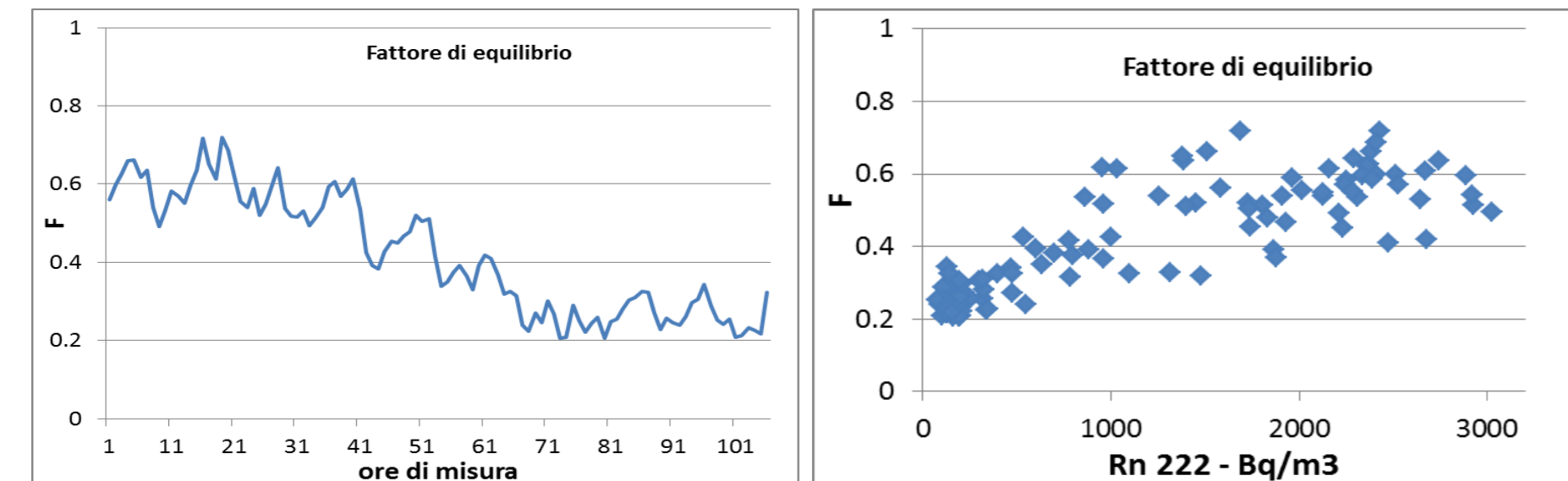


Relazione tra la concentrazione di radon nella centrale di ventilazione e la differenza di pressione atmosferica tra il piazzale francese e quello italiano, normalizzata per la differenza di altitudine ( $\Delta P$ ): a causa della differenza di quota tra i due piazzali (quello italiano risulta più elevato di circa 110 m) si ha naturalmente un **flusso di aria dalla Francia verso l'Italia**. Nel caso di  $\Delta P > 0$ , l'effetto camino naturale Italia-Francia risulta ulteriormente rafforzato, mentre quando  $\Delta P < 0$  questo effetto è contrastato. Per  $\Delta P < -100$  Pa, i massimi orari di radon diminuiscono esponenzialmente fino a raggiungere una situazione per cui tutti i valori rilevati nella centrale di ventilazione sono inferiori a 500 Bq/m<sup>3</sup>. Al di sopra di -100 Pa non si ha una dipendenza dei valori di radon dal  $\Delta P$ .

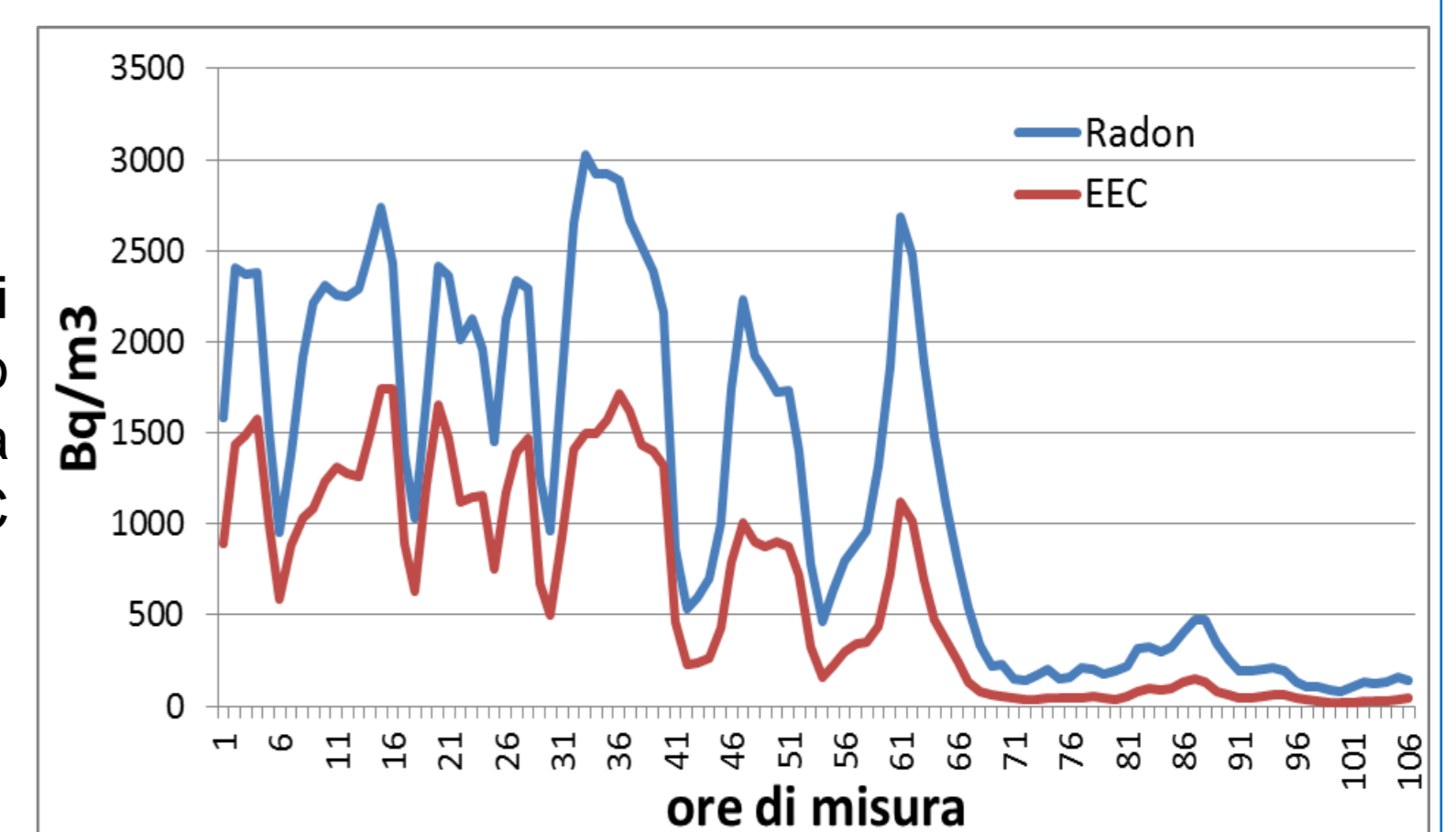
### MISURA IN CONTINUO DI EEC

La misura in continuo della Concentrazione Equivalente di Radon all'Equilibrio (**EEC**) è stata effettuata per 10 giorni all'interno della centrale di ventilazione sud mediante lo strumento EQF 3220 (SARAD Co - Dresda). Esso misura in continuo sia l'attività alfa del gas aspirato (<sup>220</sup>Rn e <sup>222</sup>Rn) sia le attività delle rispettive progenie in aria separando quella "libera" da quella adesa al particolato. Ai fini del presente lavoro si considerano gli andamenti delle concentrazioni di radon e della EEC totale con risoluzione temporale di 120 minuti.

Dividendo il valore di EEC per il corrispondente valore del radon si ottiene un andamento nel tempo del **fattore di equilibrio**.



Il valore "istantaneo" di **F varia tra 0.2 e 0.7** ed in particolare risulta  $F < 0.35$  per concentrazioni di radon inferiori a 500 Bq/m<sup>3</sup>, mentre per concentrazioni di radon superiori F varia tra 0.35 e 0.7. La valutazione della **dose efficace** effettuata con la procedura convenzionale risulta pertanto sottostimata nel caso di concentrazioni elevate di radon e sovrastimata nel caso di concentrazioni basse. Si stima un  $F_{medio}$  dato dal rapporto tra la media delle EEC e la media della concentrazione di radon pari a **0.52**.



### DETERMINAZIONE DI RADON IN ACQUA

Per la misura del radon nell'acqua è stato utilizzato uno strumento Alphaguard (Saphymo-De) predisposto con l'AquaKit. Sono stati prelevati 2 campioni: uno nel canale 4 vicino al rifugio 26 da una vasca di raccolta delle infiltrazioni di acqua proveniente dal ghiacciaio, il secondo da una venuta di acqua presente nella galleria vicino allo stesso rifugio

CAMPIONE 1 (vasca di raccolta)  $C_{Rn} = 68$  Bq/l  $\pm 20\%$

CAMPIONE 2 (venuta rifugio 26):  $C_{Rn} = 85$  Bq/l  $\pm 20\%$

I valori risultano **inferiori al valore limite di 100 Bq/l** previsto dalla Direttiva 2013/51/Euratom per le acque destinate al consumo umano. Se si confrontano questi dati con quelli relativi alla misure di radon in aria effettuate con dosimetri passivi nel rifugio 26, si può osservare che il radon disciolto nell'acqua non fa in tempo a degassare e a raggiungere l'equilibrio di ripartizione aria-acqua. Il contributo del radon presente nell'acqua, risulta pertanto inferiore a quello proveniente direttamente dalla roccia.