

## ANDAMENTO TEMPORALE DELLA CONCENTRAZIONE DEL TORON E DEI SUOI PRODOTTI DI DECADIMENTO IN ALCUNE CASE ROMANE

Francesco Rodighiero, Cristina Nucetelli, Francesco Tambredi  
 Istituto Superiore di Sanità, Roma

### Introduzione

La concentrazione di  $^{220}\text{Rn}$  (toron) negli ambienti chiusi, e di conseguenza anche il rischio associato ai suoi prodotti di decadimento, viene considerata normalmente trascurabile. Ciò è generalmente vero quando l'unica sorgente sia il suolo poiché il toron, a causa del suo breve tempo di dimezzamento ( $\approx 55$  s), non riesce a raggiungere gli ambienti chiusi prima di decadere. La situazione cambia in presenza di materiali da costruzione in cui si misurano elevate concentrazioni di  $^{232}\text{Th}$ , capostipite del toron; di questo tipo sono, per esempio, i tufi originari dell'Italia centrale, che presentano anche alte concentrazioni di  $^{238}\text{U}$  e di  $^{40}\text{K}$  (1).

Da misure effettuate in un gruppo di case romane (2) è risultato prevedibile che in alcune di queste, caratterizzate da elevati irraggiamenti gamma indoor e concentrazioni rilevanti di radon e di discendenti di radon e toron, fosse presente una non trascurabile concentrazione di toron. Per questo motivo è stata effettuata una nuova serie di misure comprendenti anche quelle del toron (3). A questo scopo è stato realizzato un dispositivo che, aggiunto al normale apparato per la misura del radon (celle di Lucas a flusso), ha permesso la misura del toron, e del suo andamento temporale, con il metodo delle coincidenze ritardate, teoria sviluppata inizialmente per la misura del  $^{228}\text{Th}$  in acqua (4) ed in seguito applicata alla rivelazione del gas toron (5).

### Metodo per la rivelazione del toron e del suo andamento temporale

con un algoritmo semplice (4.5), alla costruzione di una distribuzione degli intervalli di tempo tra i segnali, da cui si calcola il numero di "coincidenze ritardate" tra i decadimenti del  $^{220}\text{Rn}$  e del  $^{214}\text{Po}$ . Si può dimostrare che:

$$C_{\text{toron}} = N_c \cdot (1 - e^{-\lambda t}) \cdot V$$

dove:

$C_{\text{toron}}$  = concentrazione di attività di toron ( $\text{Bq l}^{-1}$ );  $N_c$  = numero di coincidenze ritardate;  $t$  = durata della misura (s);  $\epsilon$  = efficienza di rivelazione del sistema di misura;  $V$  = Volume della cella (l);

Il metodo originale fornisce però solo informazioni sul valore medio della concentrazione di attività del toron; per questo è stata realizzata una modifica del software che ha permesso il calcolo dell'andamento temporale della  $C_{\text{toron}}$  da confrontare con gli andamenti delle grandezze normalmente misurate, quali la concentrazione di radon, la concentrazione dei prodotti di decadimento del due gas e la ventilazione.

### Risultati sperimentali e conclusioni

Dall'analisi della Tabella 1 si può notare che nelle case rimane in cui sono state effettuate le misure, a elevati valori di tasso di dose assorbita in aria, indice di elevata presenza di radionuclidi naturali nei materiali da costruzione, corrispondono rilevanti concentrazioni in aria di  $^{222}\text{Rn}$ , di  $^{220}\text{Rn}$  e dei loro prodotti di decadimento, quest'ultima espressa in concentrazione equivalente all'equilibrio (EEC).

**Tabella 1.** - I valori medi delle grandezze misurate. Il periodo di misura è stato di circa 48 h, tranne che per la dose assorbita in aria (~ 3 h). Le misure di toron sono state effettuate a circa 1 cm dalle pareti, mentre le misure di  $^{222}\text{Rn}$  e delle EEC di  $^{222}\text{Rn}$  e  $^{220}\text{Rn}$  sono state effettuate nel centro della stanza. Le modalità e gli strumenti usati per la misura delle grandezze riportate sono descritti in precedenti lavori (3,6).

Abitazione	$^{222}\text{Rn}$ [Bq/m <sup>3</sup> ]	EEC $^{222}\text{Rn}$ [Bq/m <sup>3</sup> ]	$^{220}\text{Rn}$ [Bq/m <sup>3</sup> ]	EEC $^{220}\text{Rn}$ [Bq/m <sup>3</sup> ]	EEC $^{222}\text{Rn}$ [Bq/m <sup>3</sup> ]	tasso di dose [mGy/h]	ventilazione [h <sup>-1</sup> ]
A	15 ± 1	83 ± 2	5 ± 1	6.5 ± 0.1	0.06 ± 0.002	148 ± 14	
B	60 ± 3	28 ± 5	1099 ± 112	9.5 ± 1.3	0.34 ± 0.07	389 ± 116	0.87 ± 0.05
D	87 ± 5	36 ± 9	757 ± 79	2.9 ± 0.5	0.08 ± 0.02	291 ± 15	1.46 ± 0.15

Le modifiche effettuate al metodo del conteggio coincidente hanno inoltre permesso la misura dell'andamento temporale del rapporto di isotopi riportati i risultati in Figura 1.

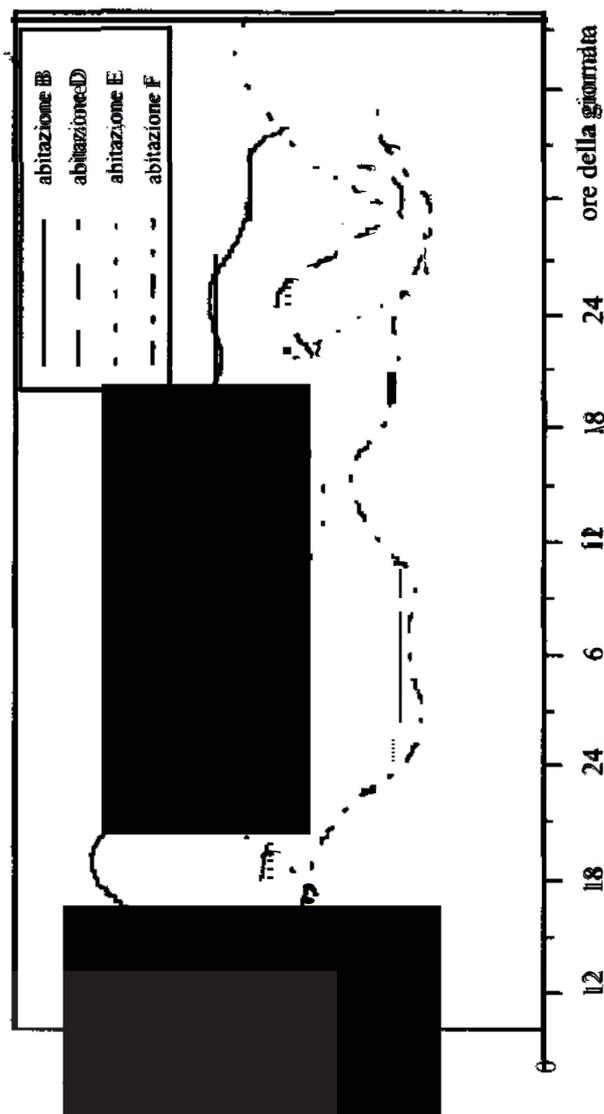
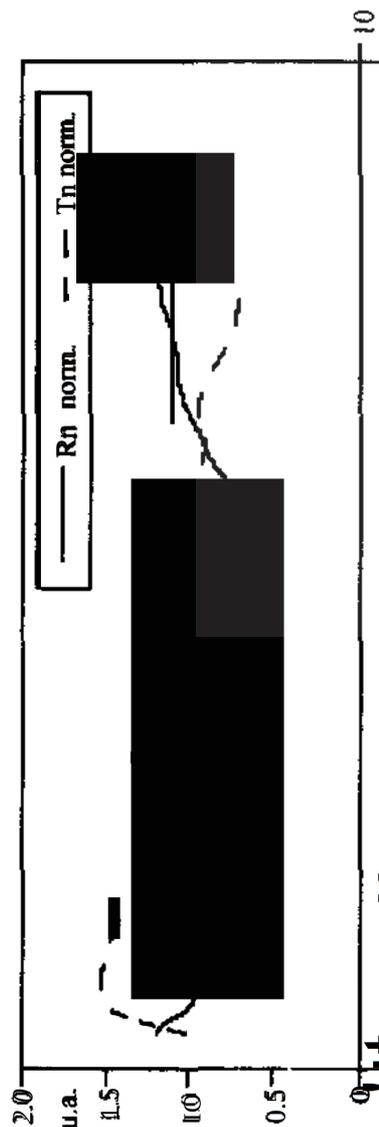


Figura 1. - Andamento temporale della concentrazione del  $^{222}\text{Rn}$  in abitazioni della casa e omogenei vicini sono state effettuate le misure.

Anche questo si osserva una certa variabilità, che per un'idea è risultata meno accentuata di quella del  $^{222}\text{Rn}$  e, soprattutto, indipendente dalla ventilazione (vedi Fig. 2).



La causa di questo è che il toron, per il suo breve tempo di dimezzamento, non risente della ventilazione naturale, che ha tempi caratteristici molto più lunghi (~ 1 ricambio/ora). Dalla Figura 3, in cui è riportato il confronto tra l'andamento della ventilazione e della concentrazione di toron e della EEC dei suoi prodotti di decadimento, si vede che questi, i maggiori responsabili della dose al polmone, mostrano una variabilità più accentuata e fortemente dipendente dalla ventilazione, dato che i loro tempi di dimezzamento sono paragonabili a quelli caratteristici della ventilazione indoor nei climi mediterranei.

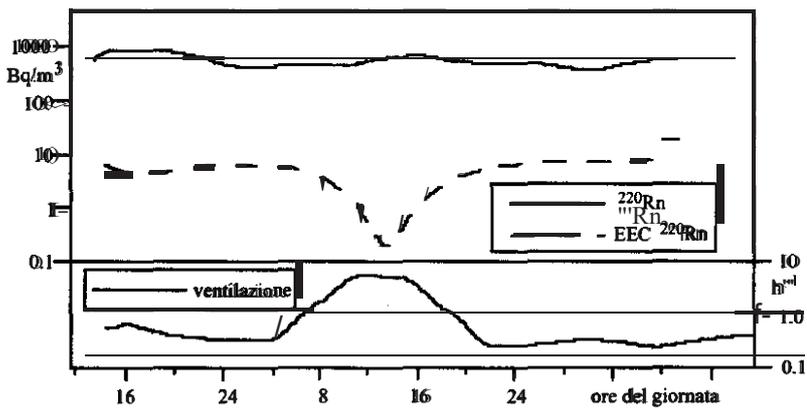


Figura 3.- Confronto dell'andamento della concentrazione di  $^{220}\text{Rn}$ , dei suoi prodotti di decadimento e della ventilazione nella abitazione F.

#### Ringraziamenti

Si ringrazia il Sig. Vittorio Dante per il prezioso aiuto tecnico.

#### Bibliografia

4. FALK, R., MÖRE, H., NYBLÖM, L. Measuring techniques for environmental levels of radon-220 in air using flow-through Lucas cell and multiple time analysis of recorded pulse events. *Appl. Radiat. Isot.* 1992, 43(4/23): 1111-1118.
5. HASHIMOTO, T., SAKAI, Y. Selective determination of extremely low levels of thorium series in environmental samples by a new delayed coincidence-method. *J. Radioanal. Nuclear Chem.* 1990, 138(2): 195-206.
6. BOCHICCHIO, F., CAMPOS VENUTI, G., NUCCETELLI, C., RISICA, S., TANCREDI, F. The influence of natural ventilation on indoor radon in mild climate areas. In: *Proceedings of Healthy Buildings '95, An international conference on healthy buildings in mild climate*, Milano 10-14 September 1995, M. Maroni (ed.), 1995, p.695-703.