

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-63/14 (1963)

M. Ladu, M. Pelliccioni, E. Rotondi: MISURE DOSIMETRICHE CON
CAMERE DI IONIZZAZIONE IN MATERIALE EQUIVALENTE AL
TESSUTO UMANO.

Estratto da: Energia Nucleare, 10, 98 (1963).

**ENERGIA
NUCLEARE**

VOLUME 10
NUMERO 2
FEBBRAIO
1963

Misure dosimetriche con camere di ionizzazione in materiale equivalente al tessuto umano

M. Ladu⁺*, M. Pelliccioni*, E. Rotondi*

⁺*Laboratori Nazionali del CNEN - Frascati (Roma)*

^{*}*Laboratorio di Dosimetria del CNEN - Sezione di Frascati*

Sono date le caratteristiche di una camera in materiale equivalente al tessuto umano; lo spessore delle pareti è di 0,4 cm ed il volume sensibile di circa 300 cm³. Viene misurata la sensibilità ai γ e ai neutroni in funzione della pressione del gas di riempimento. È inoltre messa in evidenza la maggiore sensibilità se la camera è riempita con un gas tessuto-equivalente anziché con aria. Le sue caratteristiche vengono infine confrontate con quelle di una camera in bakelite e una in grafite; la sua maggiore sensibilità ai neutroni la rende idonea a misure di dose in campo misto, specie se usata insieme con la camera in grafite.

Misure dosimetriche con camere di ionizzazione in materiale equivalente al tessuto umano

M. Ladu **, M. Pelliccioni *, E. Rotondi *

+ *Laboratori Nazionali del CNEN - Frascati (Roma)*

* *Laboratorio di Dosimetria del CNEN -
Sezione di Frascati*

INTRODUZIONE

I problemi di protezione dalle radiazioni intorno agli acceleratori di alta energia sono stati studiati in questi ultimi anni da diversi autori ^{2, 4, 5, 6, 7, 8, 11}. Nel trattarli si tiene conto, come è noto, non solo del tipo di radiazione diffusa, ma anche dei relativi spettri di energia, che intorno ad un acceleratore sono diversi, per ovvie ragioni, da un punto all'altro ^{1, 10, 12} e possono inoltre essere alterati dalla particolare natura e geometria delle schermature, nonché dai dispositivi sperimentali impiegati dai ricercatori lungo la direzione dei fasci utilizzati per le esperienze.

A scopo protezionistico è naturalmente necessario misurare le varie componenti del campo di radiazione e quindi interpretarle in unità biologicamente significative, cioè in rem. La cosa può essere facilitata dall'uso di particolari camere di ionizzazione in materiale equivalente al tessuto umano ^{3, 10}, con le quali si può misurare l'energia assorbita ad una profondità del tessuto pari allo spessore delle pareti della camera. La successiva traduzione delle misure in unità biologiche è immediata, se il campo

di radiazione è costituito da una sola componente e se è noto il suo spettro di energia. Ma quando, come succede intorno ai grandi acceleratori, il campo di radiazione è misto e gli spettri di energia piuttosto complessi, il problema non è di facile soluzione perchè a parità di energia assorbita, radiazioni di natura diversa o anche radiazioni della stessa natura ma di differente energia, non hanno lo stesso effetto biologico o, come si dice comunemente, non hanno un eguale valore del fattore di efficacia biologica relativa (*).

Nei campi misti che si hanno intorno agli acceleratori di alta energia, si tiene conto delle sole componenti neutronica e fotonica, che d'altronde, dal punto di vista protezionistico, sono le più importanti. In tali campi, l'uso contemporaneo di una camera tessuto-equivalente e di una seconda camera che sia, per esempio, ugualmente sensibile ai γ ma meno sensibile ai neutroni della prima, permette di discriminare il contributo delle due componenti alla dose biologica. Lo stesso scopo naturalmente si raggiunge usando, insieme con la camera tessuto-equivalente, un rivelatore per neutroni insensibile ai γ ^{8, 9}.

La camera di ionizzazione in materiale tessuto-equivalente è stata per la prima volta studiata da Rossi e Failla ¹⁰. Sullo stesso progetto ne è stata realizzata un'altra le cui caratteristiche sono state descritte da Humbel e Stebler ³. Esse rispondono in rad e la successiva traduzione in rem non comporta difficoltà, una volta discriminate le componenti del campo nel quale si misura.

(*) Il fattore di efficacia biologica relativa si può definire come il rapporto tra una dose specifica assorbita di raggi X da 200 kV che viene assunta come campione di riferimento e la dose specifica assorbita di una radiazione della specie e qualità considerata, tale da produrre un uguale effetto biologico. L'unità di dose specifica assorbita è il rad; indipendente dal tipo di radiazione, esso corrisponde ad una dose specifica assorbita di 100 erg/g di materiale irradiato.

L'unità rem (rad equivalent man) infine, di cui si fa uso in dosimetria biologica, è definita come quella dose assorbita di radiazione di qualunque natura, che produce lo stesso effetto biologico di 1 rad di raggi X o γ .

Vale quindi la relazione:

$$\text{Dose biologica (rem)} = \text{dose assorbita (rad)} \times \text{EBR}$$

Si comprende perciò come i neutroni veloci, ai quali si attribuisce normalmente per ragioni di sicurezza una EBR uguale a 10, a parità di rad assorbiti, danno una dose biologica 10 volte più grande di quella dei raggi X o γ . (G. J. HINE and G. L. BROWNELL: *Radiation Dosimetry*, pag. 10, Academic Press, New York, 1956).

CAMERA DI IONIZZAZIONE TESSUTO-EQUIVALENTE

Una camera di ionizzazione tessuto-equivalente è stata da noi realizzata, col concorso del reparto Materie Plastiche dell'Istituto Professionale « Duca d'Aosta » di Roma.

Il materiale usato è lo stesso studiato da Rossi e Failla ¹⁰, e la sua composizione percentuale in peso è: 86,5 di C, 10 di H₂ e 3,5 di N₂.

La camera è stata realizzata con stampaggio ad iniezione su macchina da 100 g con pressione di stampaggio di 1200 kg/cm² ad una temperatura di 170 °C.

Lo stampo, costruito in acciaio, è stato studiato in modo da ottenere una superficie interna della camera senza traccia di « bave ». Per questo si è costruito un maschio a blocco unico, sagomato secondo la forma stabilita.

La matrice è stata invece realizzata in due pezzi, mediante tornitura cilindrica e tornitura sferica; i due pezzi sono uniti tra loro. Una piastra di strappo azionata da riscontri, posta alla base della camera, ed una leggera conicità praticata nel maschio, consentono una più agevole manovra di estrazione del

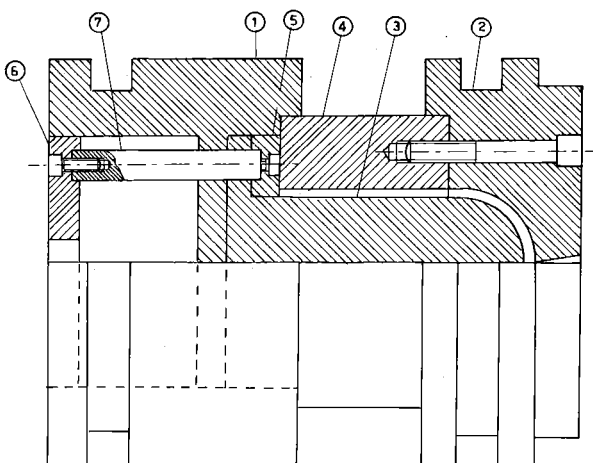


Fig. 1 - Sezione dello stampo per la camera tessuto-equivalente: (1) piastra di strappo; (2) parte di matrice con sede sferica; (3) maschio; (4) parte di matrice con sede cilindrica; (5) e (6) riscontri; (7) cilindro di riscontro.

pezzo stampato, vincendo ogni azione pneumatica del pezzo stesso nel maschio.

Lo stampo è visibile nei suoi particolari nelle figure 1 e 2. Le dimensioni sono in mm ed il volume sensibile della camera è di circa 300 cm³.

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO

Abbiamo eseguito numerose serie di misure irradiando la camera o con i γ di varie sorgenti di Co⁶⁰ o con i neutroni di una sorgente di Po + Be, la cui attività era di $4,95 \cdot 10^6$ n/s.

Come gas di riempimento, anche per un confronto che ci è sembrato utile fare, abbiamo usato alternativamente aria atmosferica ed un gas tessuto-equivalente, alle pressioni di 0,25, 0,5, 0,75 e 1 atmosfera.

Il gas tessuto-equivalente^{8, 10} era composto di un miscuglio di CH₄, CO₂ ed N₂ per una percentuale in peso degli elementi presenti di 45,5 di C, 40,8 di O₂, 10,2 di H₂ e 3,5 di N₂.

Le correnti di ionizzazione sono state misurate con un elettrometro a condensatore vibrante.

La sensibilità della camera ai γ e ai neutroni, in funzione della pressione del gas tessuto-equivalente, è data nelle figg. 3 e 4 rispettivamente. La sensibilità ai γ è riferita a un mr/h; quella ai neutroni a un livello massimo ammissibile (l.m.a.) essendo 1 l.m.a. = 20 n/cm² s; le analoghe misure usando aria come gas di riempimento hanno dato, a parità di pressione, valori inferiori di circa il 30% a quelli riportati nelle figg. 3 e 4.

Le differenze di sensibilità quando si usi come gas di riempimento aria o gas tessuto-equivalente, sono meglio illustrate nelle figg. 5 e 6. Nella prima è data la risposta ai γ con i due distinti gas di riempimento alla pressione di 1 atmosfera; nella seconda l'analoga risposta ai neutroni. Si vede che l'impiego di gas tessuto-equivalente migliora in ogni caso la risposta di circa il 40%.

Questo confronto dimostra il vantaggio di usare la camera in condizioni di omogeneità e l'opportunità quindi di un controllo periodico dell'equivalenza gas-parete che può essere alterata da infiltrazioni d'aria, se si vuole che essa lavori sempre nelle condizioni di migliore sensibilità.

Poichè utilizzando contemporaneamente due distinte camere di ionizzazione di diversa composizione atomica, è possibile effettuare accurate misure di dose biologica in campo misto di γ e neutroni^{6, 9}, in vista di una tale possibile utilizzazione abbiamo voluto confrontare le caratteristiche della nostra camera con quelle di due camere, una in bakelite

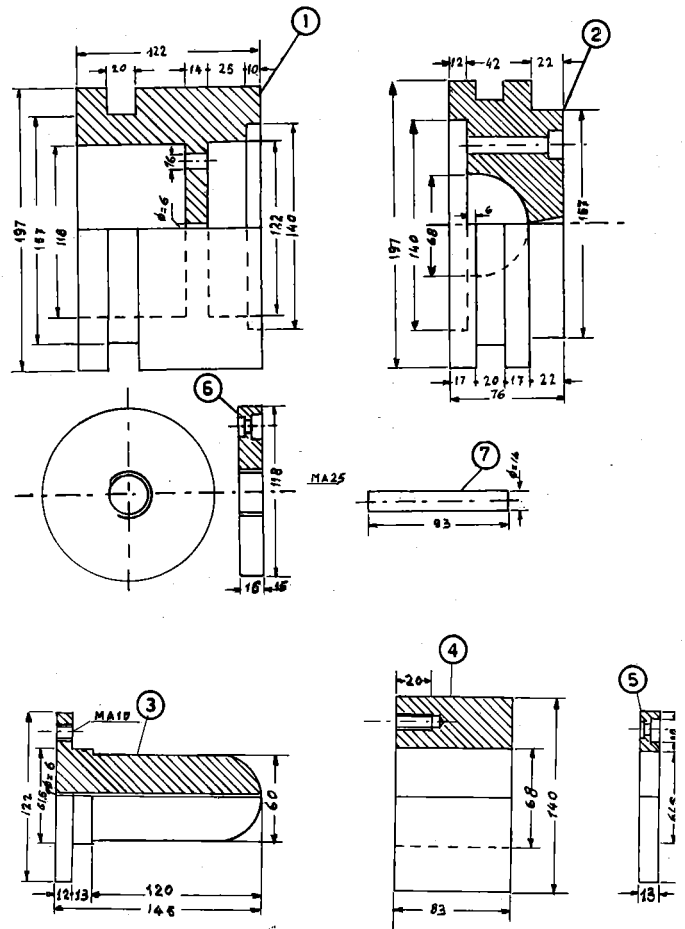


Fig. 2 - Particolari di cui alla fig. 1.

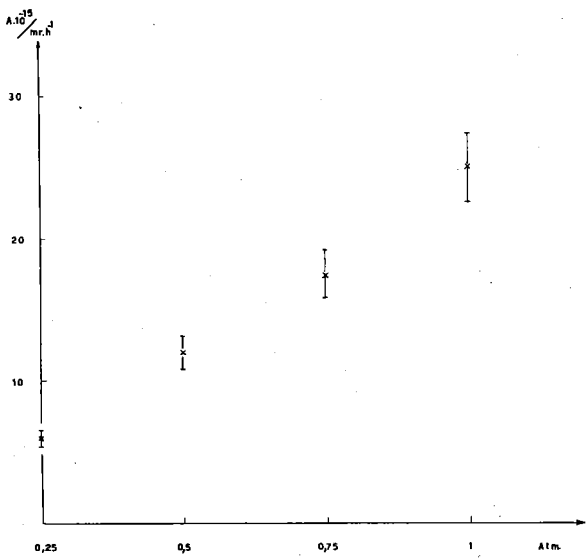


Fig. 3 - Sensibilità della camera ai γ in funzione della pressione.

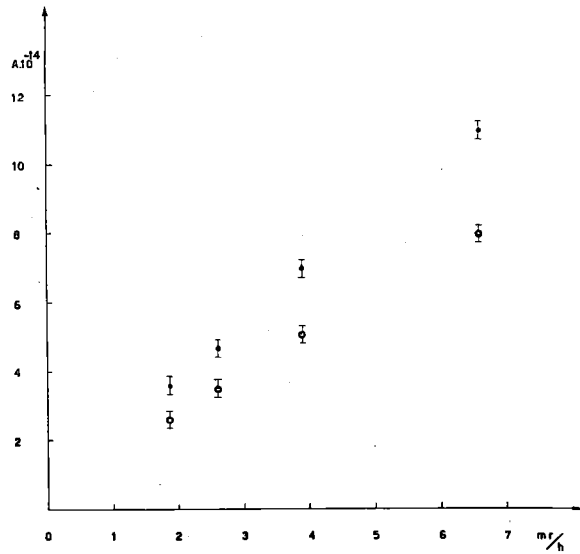


Fig. 5 - Corrente di ionizzazione in funzione dell'intensità di dose γ , alla pressione di un'atmosfera (\bullet gas tessuto-equivalente; \circ aria).

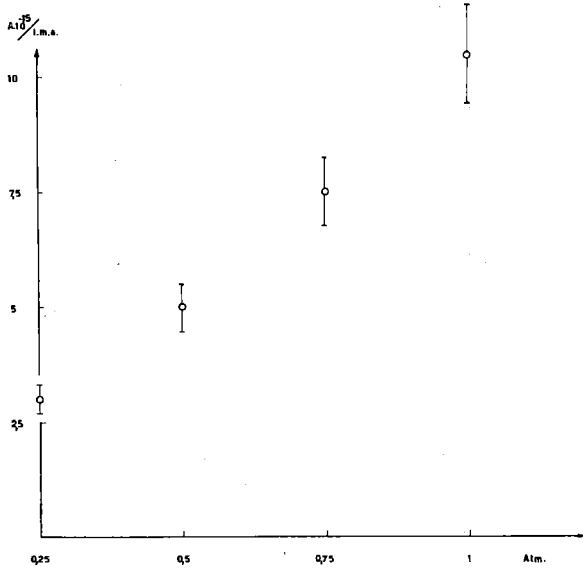


Fig. 4 - Sensibilità della camera ai neutroni, in funzione della pressione, per un livello massimo ammissibile (1 l.m.a. = 20 $n/cm^2. s$).

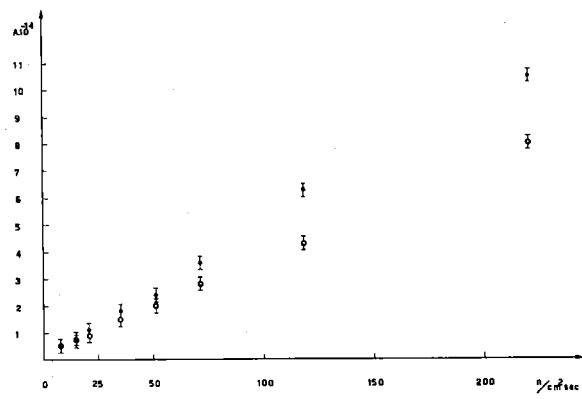


Fig. 6 - Corrente di ionizzazione in funzione del flusso di neutroni alla pressione di una atmosfera (\bullet tessuto-equivalente; \circ aria).

e una in grafite, appositamente costruite. La possibilità di tali misure è legata, come è noto, alla discriminazione dei contributi alla dose delle due componenti, discriminazione resa possibile dalla diversa sensibilità delle camere alle componenti stesse⁹. Le due camere in bakelite e in grafite, avevano ai γ una sensibilità non molto diversa da quella della camera tessuto-equivalente. La sensibilità ai neutroni di quest'ultima, come si può vedere in fig. 7,

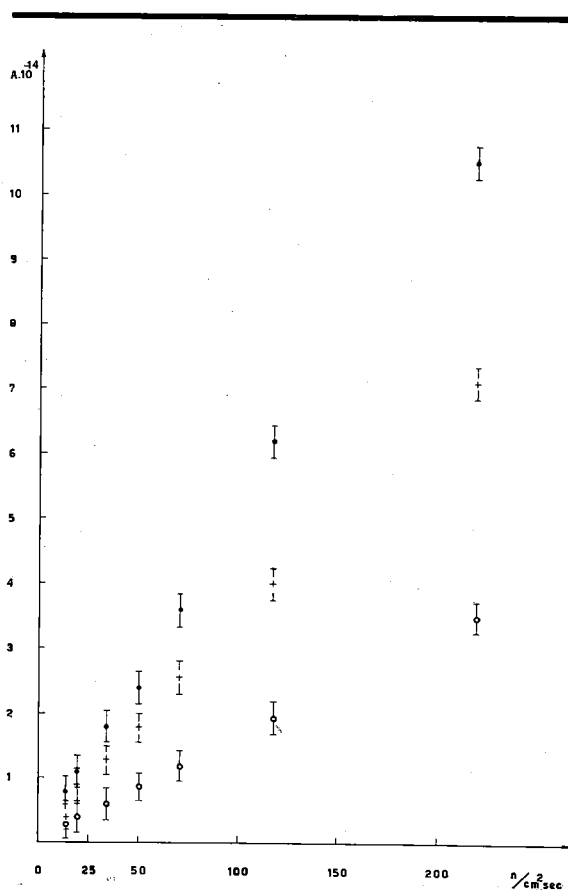


Fig. 7 - Corrente di ionizzazione in funzione del flusso di neutroni: ● camera tessuto-equivalente; + camera in bakelite; ○ camera in grafite.

è risultata invece di circa il 40% più alta di quella della camera in bakelite e addirittura tre volte circa più alta di quella della camera in grafite. Da questi ultimi risultati, che potranno anche essere utilmente completati da ulteriori misure e da opportune tarature, appare evidente l'idoneità dello strumento a misure di dose biologica in campo misto, specie se usato insieme con una camera in grafite. ■

Ricevuto il 6 dicembre 1962

bibliografia

- ¹ R. BRESCHI, M. LADU, E. ROTONDI: *Minerva Nucleare*, **1**, 18 (1962).
- ² J. S. HANDLOSER: *Health Physics*, **2**, 165 (1959).
- ³ F. HUMBEL, A. STEBLER: *Selected Topics in Radiation Dosimetry*. I.A.E.A., 589 (1961).
- ⁴ H. JOFFRE, P. CANDÈS, A. STIRLING: *Health Physics in Nuclear Installations*. ENEA, OEEC, 271 (1959).
- ⁵ M. LADU: *Minerva Nucleare*, **8**, 184 (1961).
- ⁶ J. E. MCLAUGHLIN JR., K. O'BRIEN, L. R. SOLON, A. V. ZILA, W. M. LOWDER, H. BLATZ: U.S.A.E.C. Report NYO-4699, Suppl. 1 (1958).
- ⁷ B. J. MOYER: *Nucleonics*, **10**, 14 (1952).
- ⁸ B. J. MOYER: *Ann. Rev. Nucl. Sci.*, **8**, 327 (1959).
- ⁹ K. O'BRIEN, J. E. MCLAUGHLIN JR.: *Nucleonics*, **15**, 64 (1957).
- ¹⁰ H. H. ROSSI, G. FAILLA: *Nucleonics*, **14**, 32 (1956).
- ¹¹ L. R. SOLON, J. E. MCLAUGHLIN, H. BLATZ: U.S.A.E.C. Report NYO-4699 (1956).
- ¹² B. M. WHEATLEY: *Selected Topics in Radiation Dosimetry*. I.A.E.A., 571 (1961).

summary

DOSIMETRIC MEASUREMENTS WITH TISSUE-EQUIVALENT IONIZATION CHAMBERS

The characteristics of a tissue-equivalent ionization chamber are given; its walls are about 0.4 cm thick and the sensitive volume is about 300 cm³. The sensitivity to γ -rays and neutrons vs. the pressure of the filling gas is measured. A greater sensitivity is obtained, when the chamber is filled with a tissue-equivalent gas rather than with air. Finally its characteristics are compared with those of a bakelite chamber and those of a graphite chamber; its greater sensitivity to neutrons makes it suitable to dose measurement in mixed field, specially if it is used together with the graphite chamber.