

LNF - 67/5
3 Febbraio 1967

M. A. Locci, M. Pelliccioni, P. Picchi e G. Verri: STUDIO
DELL'ASSORBIMENTO DI FOTONEUTRONI DI ENERGIA
MAGGIORE DI 50 MeV IN ACQUA. -

(Nota interna: n. 347)

Nota interna: n. 347
3 Febbraio 1967

M. A. Locci, M. Pelliccioni, P. Picchi e G. Verri: STUDIO DELL'ASSORBIMENTO DI FOTONEUTRONI DI ENERGIA MAGGIORE DI 50 MeV IN ACQUA.

I. INTRODUZIONE. -

In una recente nota⁽¹⁾ è stato studiato lo sviluppo della cascata generata da nucleoni primari di energia massima 400 MeV in alluminio, allo scopo di ottenere informazioni sugli spessori necessari per le schermature dell'acceleratore lineare di Frascati.

La scelta dell'alluminio come assorbitore è dovuta alle caratteristiche di questo elemento assai prossime a quelle del cemento, normalmente impiegato quale materiale di schermo.

I problemi di schermaggio negli ambienti dell'acceleratore lineare non riguardano però solamente le schermature generali, giacchè è necessario predisporre spessori di sicurezza intorno a tutti i punti caldi, quali sono i pozzi di spegnimento, le targhette ecc.

Per esigenze di praticità e di economia spesso alcune parti delle schermature vengono realizzate in acqua.

Abbiamo perciò voluto estendere all'acqua lo studio della cascata generata da nucleoni di energia massima 400 MeV.

Le ipotesi fisiche sulle quali il calcolo è basato sono le stesse usate nel caso dell'alluminio, e qui di seguito sono brevemente riassunte.

II. DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI MOLTIPLICAZIONE IN CASCATA. -

La cascata può essere iniziata con la stessa probabilità da un protone o da un neutrone primario di energia compresa tra 50 MeV e 400 MeV. Dopo un certo percorso, fissato in base al libero cammino medio, questa particella colpirà un nucleo, il quale emetterà uno o più nucleoni. Se questi hanno energia maggiore di 30 MeV, potranno a loro volta essere considerati come primari di nuove generazioni.

Il processo si considererà esaurito quando non esisteranno più nello assorbitore particelle di energia inferiore a 30 MeV, limite sotto al quale non possono più essere considerate particelle di cascata.

III. PARAMETRI FISICI. -

Per lo spettro di energia dei protoni e dei neutroni generati da gamma di bremsstrahlung si è considerata una distribuzione che va come $1/E^2$ fino a metà dello spettro di bremsstrahlung e come $1/E^7$ da questo punto in poi(2).

Le sezioni d'urto anelastiche per i neutroni sono state ricavate dalle misure di Voss e Wilson(3), mentre per i protoni si è ricorso ai calcoli di Metropolis e coll.(4).

Per la sezione d'urto per le perdite di energia per ionizzazione dei protoni si è fatto uso della formula di Sternheimer(5), per cui:

$$\varepsilon(E) = \frac{2 \pi e^4}{m_e c^2} \frac{Z}{\beta^2} \left\{ \ln \frac{2 m_e c^2 \beta^2 W_{\max}}{I^2 (1 - \beta^2)} - 2 \beta^2 - \delta \right\}$$

dove:

$m_e c^2$ = energia di quiete dell'elettrone;

e = carica dell'elettrone;

v = velocità della particella carica incidente;

β = v/c ;

Z = numero atomico del mezzo assorbente;

I = potenziale medio di ionizzazione del mezzo considerato;

W_{\max} = massima energia trasferita dalla particella incidente a un elettro-ne dell'atomo, considerato come se fosse libero;

δ = termine di correzione dell'effetto di densità.

Per le molteplicità medie ν_n e ν_p dei neutroni e dei protoni secondari abbiamo ritenuto validi per l'acqua i risultati delle misure di Camerini et al. su particelle cariche(6). Abbiamo inoltre supposto $\nu_n = \nu_p$.

Per la distribuzione in energia dei secondari in funzione dell'ener-gia E' del primario si è assunto(1):

$$f_p(E, E') = f_n(E, E') = \frac{E^{-1,14}}{-7,15 \cdot E'^{-0,14} + 6,1 \cdot 10^{-2}}$$

IV. RISULTATI. -

Il calcolo, programmato in linguaggio FORTRAN, è stato eseguito mediante il calcolatore IBM 7040 dell'Istituto Superiore di Sanità.

I risultati, per uno spettro di primari costituito da 90.000 particelle tra protoni e neutroni, sono riportati nelle figg. 1, 2, 3, 4 e 5, relativamente ai soli neutroni, che rappresentano la componente più penetrante.

Desideriamo ringraziare il prof. M. Ladu per le utili discussioni sull'argomento.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - M. A. Locci, P. Picchi e G. Verri, LNF 65/30 (1965).
- (2) - C. Levinthal and A. Silverman, Phys. Rev. 82, 822 (1951).
- (3) - R. G. Voss and R. Wilson, Proc. Roy. Soc. (London) A236, 41 (1956).
- (4) - N. Metropolis et al., Phys. Rev. 110, 204 (1958).
- (5) - R. N. Sternheimer, Phys. Rev. 115, 137 (1959).
- (6) - U. Camerini et al., Progress in Cosmic Ray Phys. (North Holland Publ. Co. 1952) Vol. 1, cap. 1.

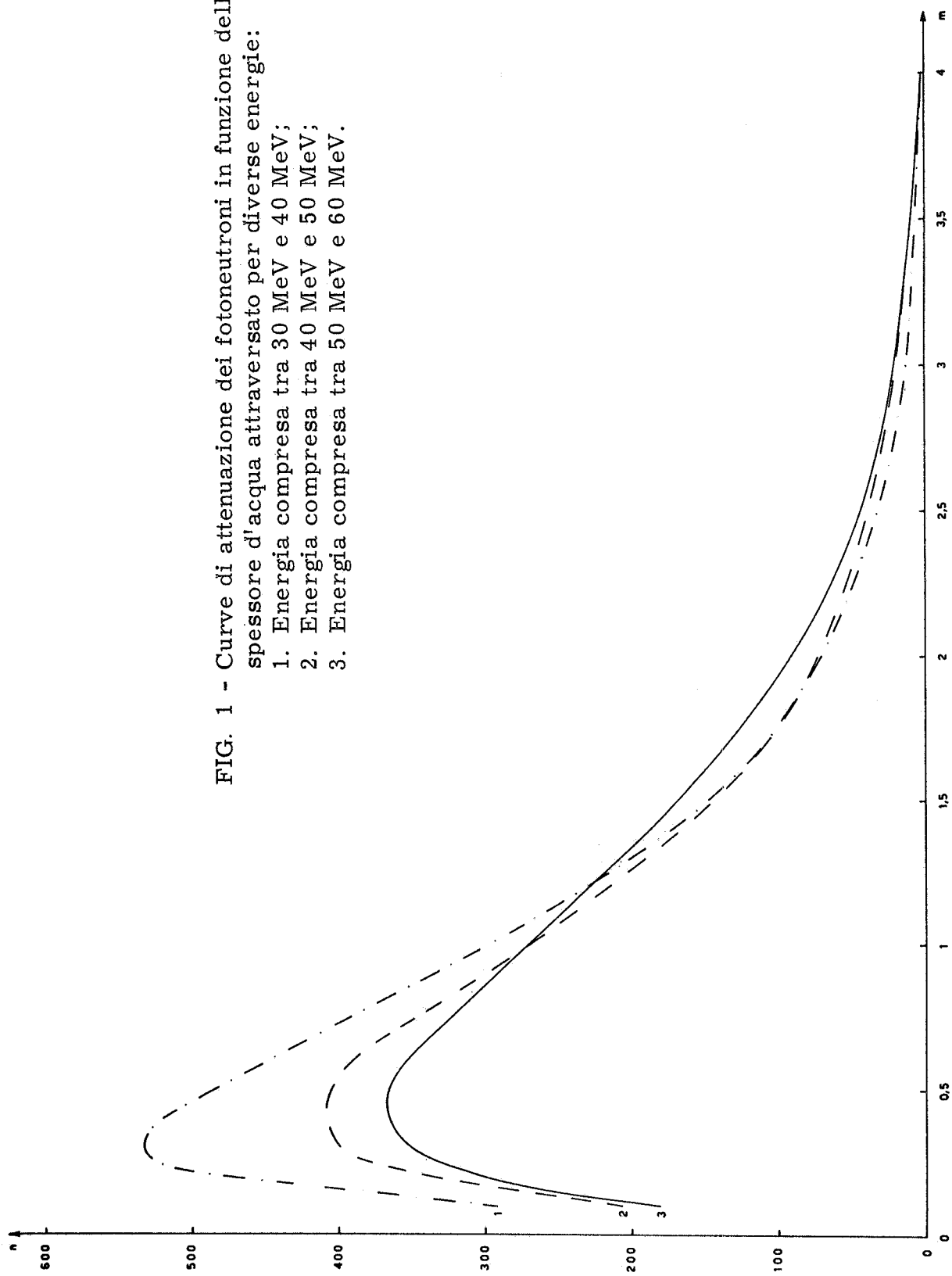


FIG. 1 - Curve di attenuazione dei fotoneutroni in funzione dello spessore d'acqua attraversato per diverse energie:

1. Energia compresa tra 30 MeV e 40 MeV;
2. Energia compresa tra 40 MeV e 50 MeV;
3. Energia compresa tra 50 MeV e 60 MeV.

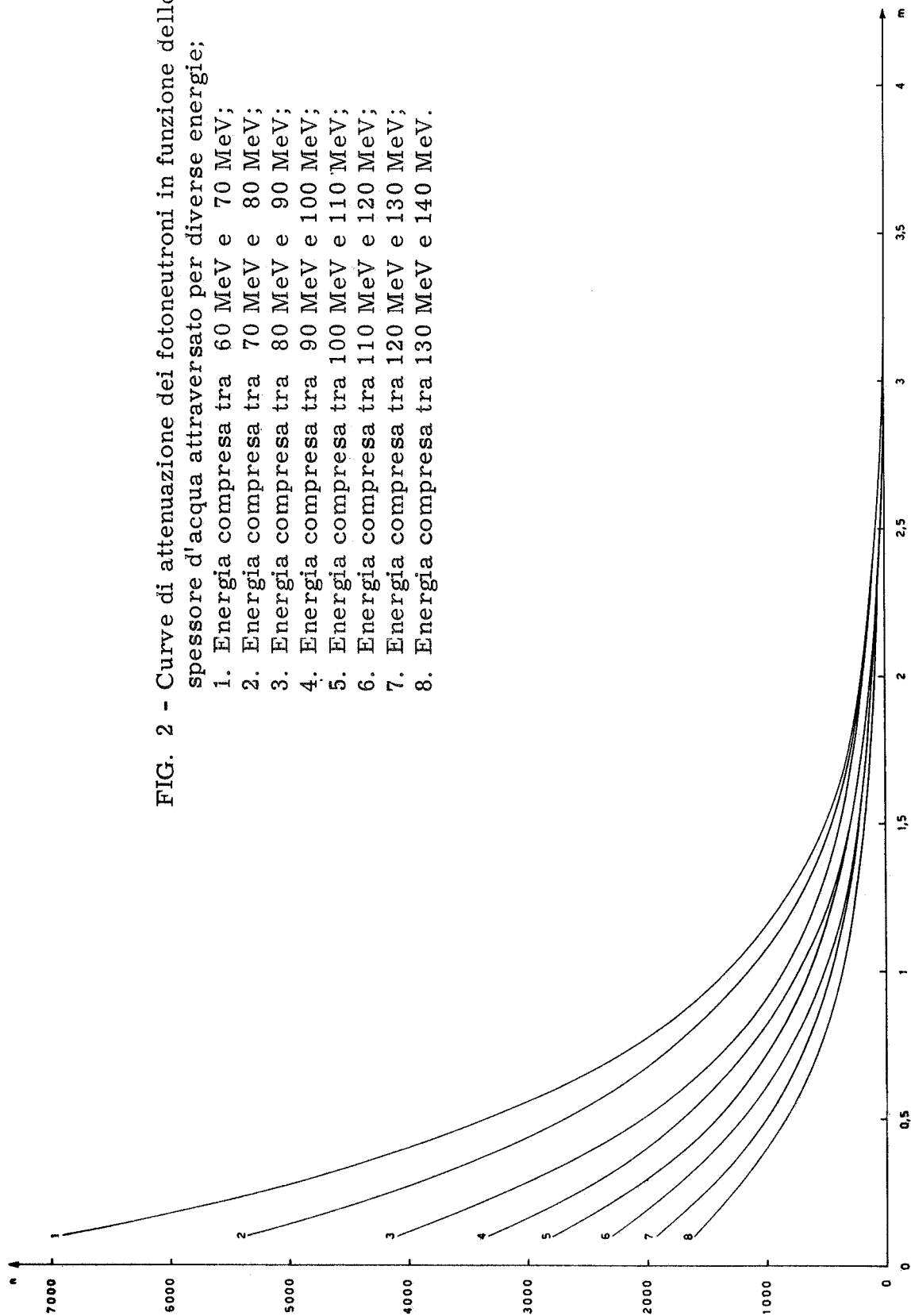


FIG. 2 - Curve di attenuazione dei fotoneutroni in funzione dello spessore d'acqua attraversato per diverse energie;

1. Energia compresa tra 60 MeV e 70 MeV;
2. Energia compresa tra 70 MeV e 80 MeV;
3. Energia compresa tra 80 MeV e 90 MeV;
4. Energia compresa tra 90 MeV e 100 MeV;
5. Energia compresa tra 100 MeV e 110 MeV;
6. Energia compresa tra 110 MeV e 120 MeV;
7. Energia compresa tra 120 MeV e 130 MeV;
8. Energia compresa tra 130 MeV e 140 MeV.

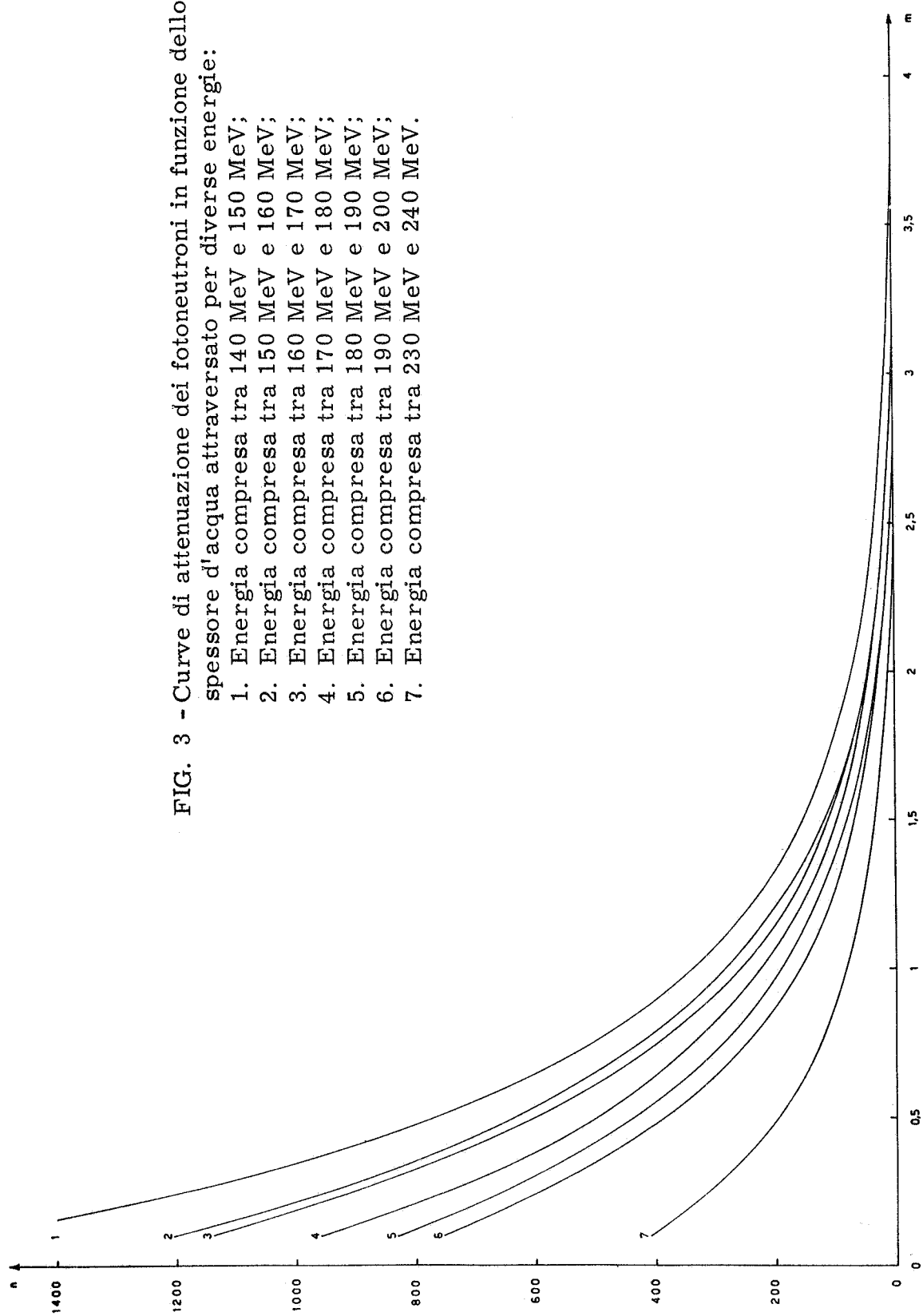


FIG. 3 - Curve di attenuazione dei fotoneutroni in funzione dello spessore d'acqua attraversato per diverse energie:

1. Energia compresa tra 140 MeV e 150 MeV;
2. Energia compresa tra 150 MeV e 160 MeV;
3. Energia compresa tra 160 MeV e 170 MeV;
4. Energia compresa tra 170 MeV e 180 MeV;
5. Energia compresa tra 180 MeV e 190 MeV;
6. Energia compresa tra 190 MeV e 200 MeV;
7. Energia compresa tra 230 MeV e 240 MeV.

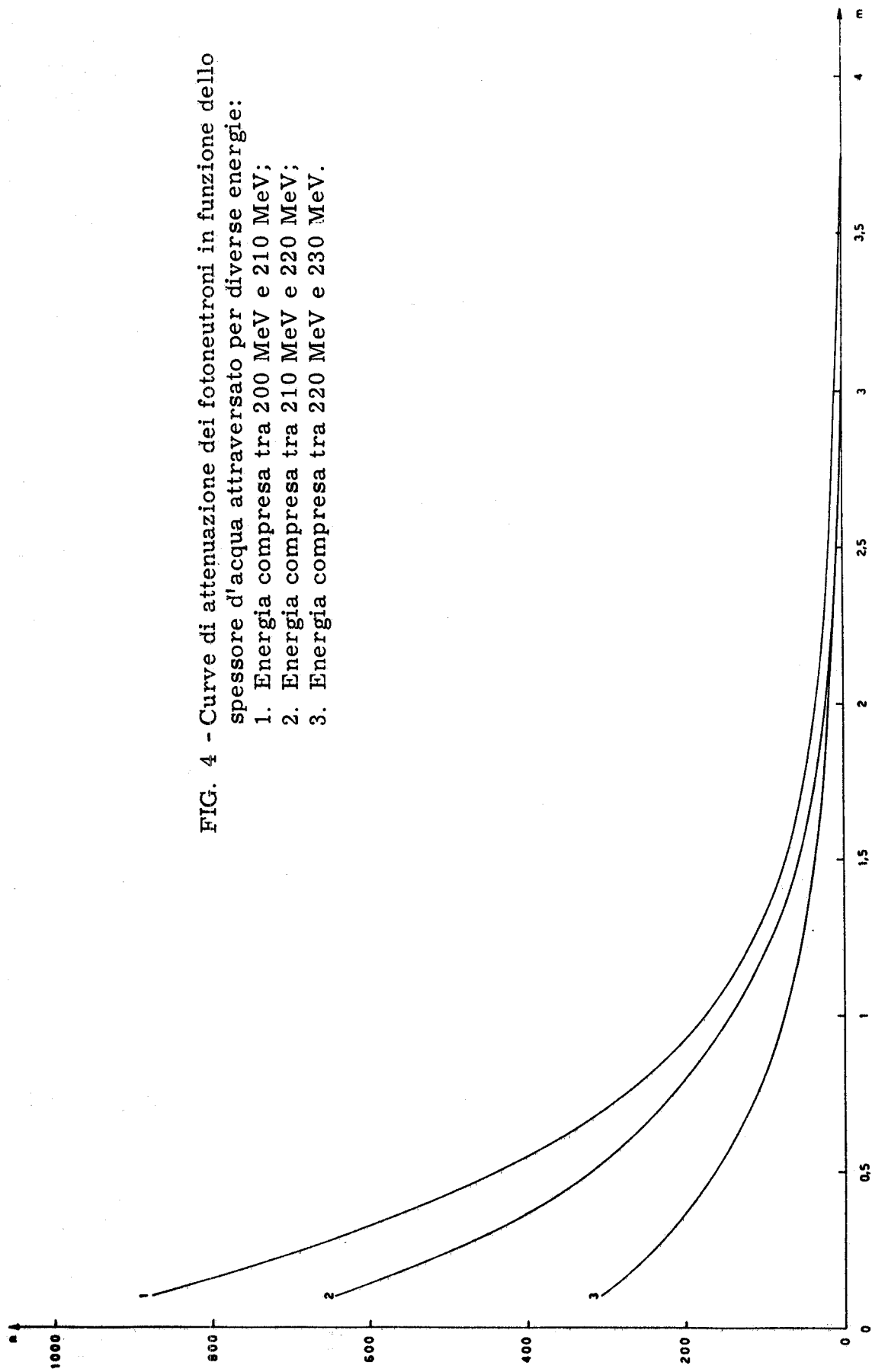


FIG. 4 - Curve di attenuazione dei fotoneutroni in funzione dello spessore d'acqua attraversato per diverse energie:

1. Energia compresa tra 200 MeV e 210 MeV;
2. Energia compresa tra 210 MeV e 220 MeV;
3. Energia compresa tra 220 MeV e 230 MeV.

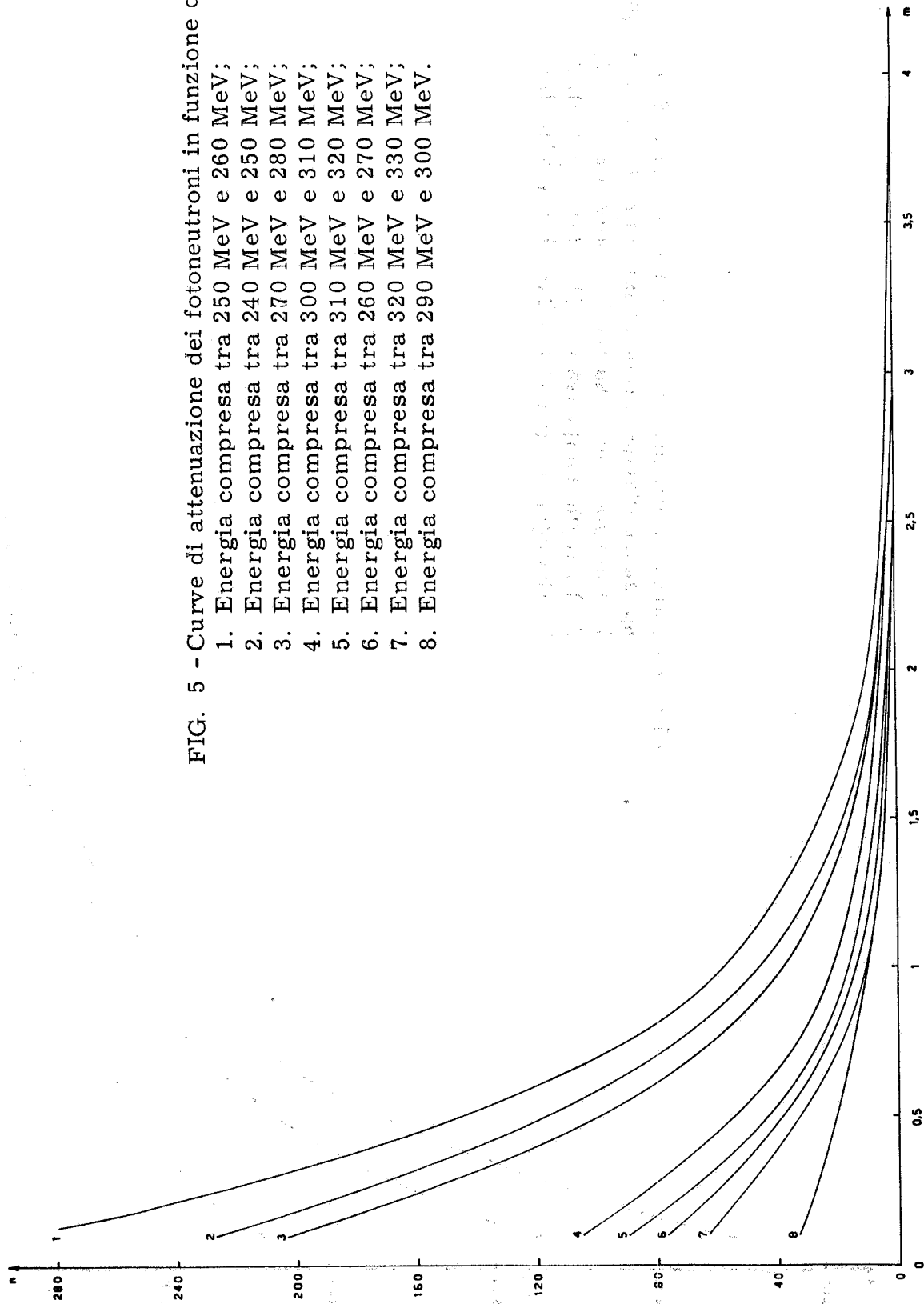


FIG. 5 - Curve di attenuazione dei fotoneutroni in funzione dello

1. Energia compresa tra 250 MeV e 260 MeV;
2. Energia compresa tra 240 MeV e 250 MeV;
3. Energia compresa tra 270 MeV e 280 MeV;
4. Energia compresa tra 300 MeV e 310 MeV;
5. Energia compresa tra 310 MeV e 320 MeV;
6. Energia compresa tra 260 MeV e 270 MeV;
7. Energia compresa tra 320 MeV e 330 MeV;
8. Energia compresa tra 290 MeV e 300 MeV.