

Laboratori Nazionali di Frascati

LNf-62/138 (1962)

M. Ladu: L'ELETTROSINCROTRONE: SCHERMATURE, DOSIMETRIA,
SICUREZZE.

Estratto dal: Nuovo Cimento, Suppl. 24, 352 (1962)

CAPITOLO III

Schermature, dosimetria, sicurezze.

M. LADU

1. - Schermature.

Per la protezione del personale contro le radiazioni ionizzanti, le dosi massime ammissibili accettate nei Laboratori di Frascati, sono quelle raccomandate dalla Commissione Internazionale di Protezione Radiologica. Esse fissano in 5 rem (*) all'anno la dose massima per irradiazione su tutto il corpo delle persone professionalmente esposte [1, 2].

Tale valore porta a 100 mrem la dose media settimanale, che per 40 ore lavorative, si traduce in un'intensità media di 2.5 mrem/h.

Le schermature intorno all'elettrosincrotrone (e.s.) sono state studiate e calcolate [3, 4] con lo scopo di non superare nelle zone accessibili e in condizioni di regolare funzionamento della macchina i limiti suddetti. Nelle zone dove l'intensità di dose può raggiungere valori molto elevati e quindi pericolosi anche per esposizioni non prolungate, l'accesso è regolato da opportune norme di sicurezza.

Le schermature messe in opera sono costituite da blocchi di calcestruzzo normale o caricato con materiale pesante, e aventi le dimensioni di m^3 $1 \times 1 \times 1$; $1 \times 1 \times 0.50$; $1 \times 0.50 \times 0.50$ e $0.50 \times 0.50 \times 0.50$. In Fig. VIII.III.1 è riportato lo schema di intelaiatura in ferro con relativi agganci per i blocchi da $1 m^3$.

Le densità medie dei vari tipi di blocchi sono le seguenti:

a) blocco di calcestruzzo normale	densità 2.3,
b) blocco di calcestruzzo caricato con magnetite	densità 3.0,
c) blocco di calcestruzzo caricato con barite	densità 3.3,
d) blocco di calcestruzzo caricato con punzonatura di ferro	densità 5.8.

(*) Il rem (röntgen equivalent man) è definito come quella quantità di radiazione di qualunque specie che produce lo stesso effetto biologico di 1 r di raggi X o γ . (G. J. HINE e G. L. BROWNELL: *Radiation Dosimetry* (New York, 1956), p. 10).

I blocchi di schermo sono disposti ad ottagono intorno all'e.s. e l'accesso al magnete, a quota della sala, è possibile da un unico ingresso a labirinto.

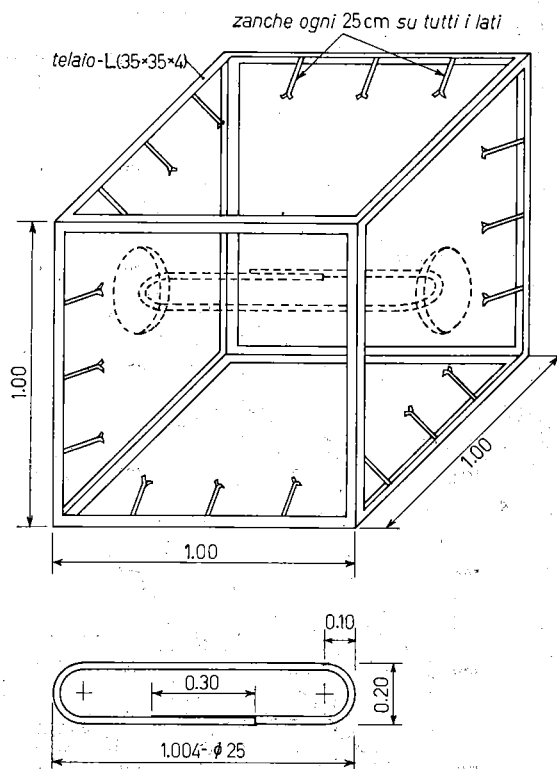


Fig. VIII.III.1. - Intelaiatura in ferro dei blocchi da 1 m³.

In Fig. VIII.III.2 sono visibili la disposizione delle schermature e i fasci normalmente utilizzati da 1 a 4:

Lo spessore delle schermature è di m 1 e 1.50 e l'altezza di m 3. Esse si completano intorno all'iniettore, sempre a 3 m di altezza, ma per uno spessore di soli 50 cm.

Verso la parte interna dei muri di schermo, all'altezza di m 1.50 dal pavimento della sala, che è esattamente l'altezza del piano dell'orbita di accelerazione degli elettroni, a ridosso dei blocchi e tutto intorno al magnete sono sistemati dei blocchetti di piombo per uno spessore di 10 cm ed un'altezza di 15 cm.

All'altezza fra 1 e 2 m rispetto al pavimento della sala, tutto intorno al magnete e all'iniettore, i blocchi di schermo, almeno per uno spessore di 50 cm, sono caricati con punzonatura di ferro.

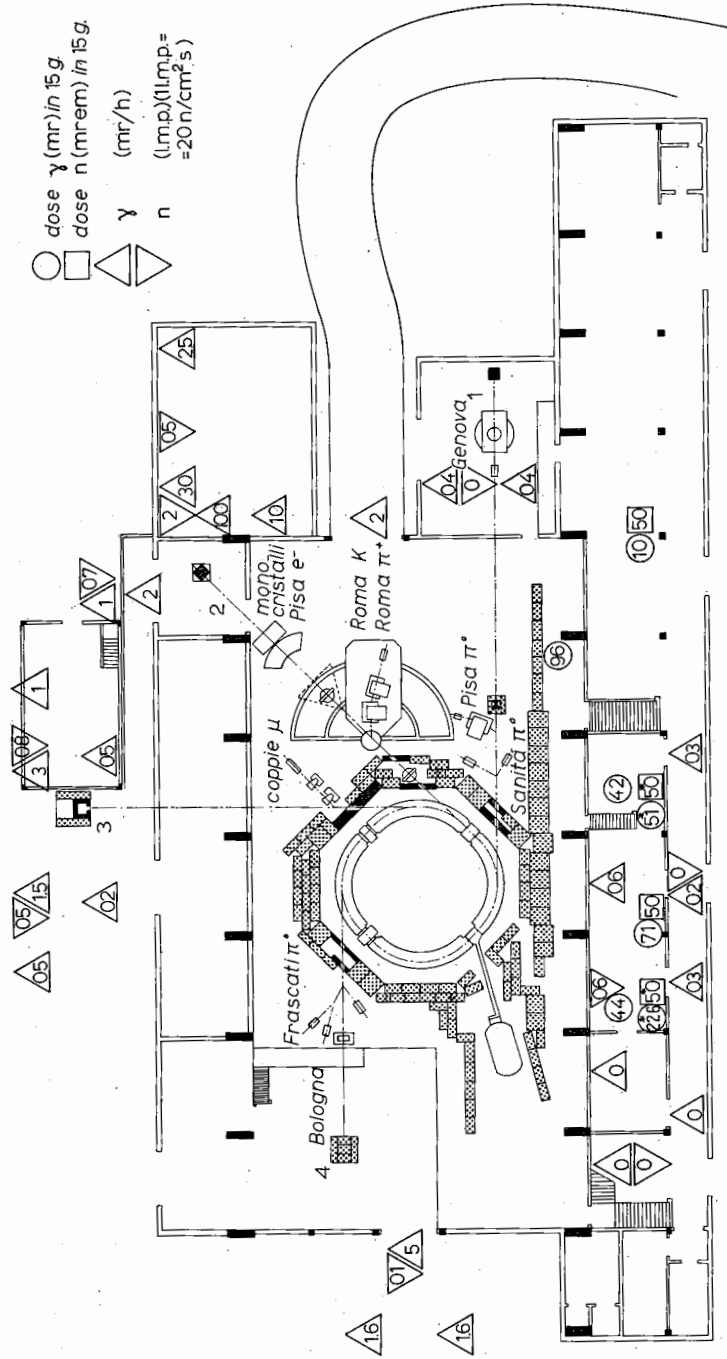


Fig. VIII.m.2. - Disposizione delle schermature in zona elettrosincrotrone e livelli di radiazione controllati. I valori di dose contrassegnati con un asterisco si riferiscono a 4 m di quota rispetto al livello della sala controllo.

Questi accorgimenti consentono di ridurre il livello di radiazione a valori accettabili all'esterno delle schermature, anche nel caso in cui eventuali fasci secondari dovessero andare a battere direttamente su un punto dei blocchi.

Le schermature in calcestruzzo sono sostituite da schermature fatte con blocchetti di piombo dello spessore complessivo di 40 cm, nelle zone in cui sono disposti i canali di uscita dei fasci utilizzati dagli sperimentatori. Quando viene utilizzato uno dei possibili fasci, gli altri collimatori disposti davanti ai canali di uscita, tra la macchina e le schermature, sono chiusi.

L'attuale disposizione delle schermature può considerarsi definitiva, poichè il livello di radiazione diffusa nelle zone di accesso controllato o libero, esclude ogni possibile accumulo di dose superiore ai valori massimi ammissibili, per permanenze contenute entro i limiti dell'orario di lavoro.

Sulla base delle misure fatte, che vengono d'altronde ripetute periodicamente, si può affermare che le schermature così come sono state realizzate, rispondono bene allo scopo, che è quello di essere particolarmente efficaci sia contro i raggi γ che contro i neutroni [5].

Lungo la direzione di ogni fascio, oltre i dispositivi per le esperienze, sono stati fatti dei pozzi di spegnimento nei quali i fasci vanno a morire.

Essi sono realizzati a forma di nicchia con un primo spessore di piombo di 10 cm e uno successivo di calcestruzzo di 1 m. Il livello di radiazione, a (5 ÷ 6) metri al di là di essi, si aggira intorno ai 10 livelli massimi permissibili.

Trattandosi di zone alle quali l'accesso è proibito dalle norme di sicurezza vigenti, la cosa non costituisce alcun pericolo per il personale.

2. - Dosimetria ambientale.

Durante il funzionamento della macchina e nelle varie fasi del funzionamento stesso, sono state ripetutamente fatte misure della radiazione diffusa. La situazione può così riassumersi:

1) Ad iniettore in funzione le sole zone pericolose sono quelle intorno all'iniettore stesso, nonché la balconata nelle zone dalle quali è direttamente visibile il tubo di raccordo iniettore-ciambella. In questa fase, nell'area sperimentale al di là delle schermature, l'intensità di radiazione non va oltre (1 ÷ 2) mr/h. Vicino all'iniettore, sempre oltre le schermature, si hanno (10 ÷ 20) mr/h mentre nella balconata si raggiungono i (150 ÷ 200) mr/h.

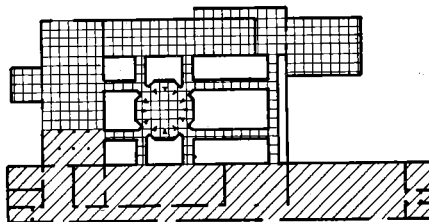


Fig. VIII.III.3. - Quota piano terra. Sono tratteggiate obliquamente le zone accessibili; sono quadrettate quelle non accessibili.

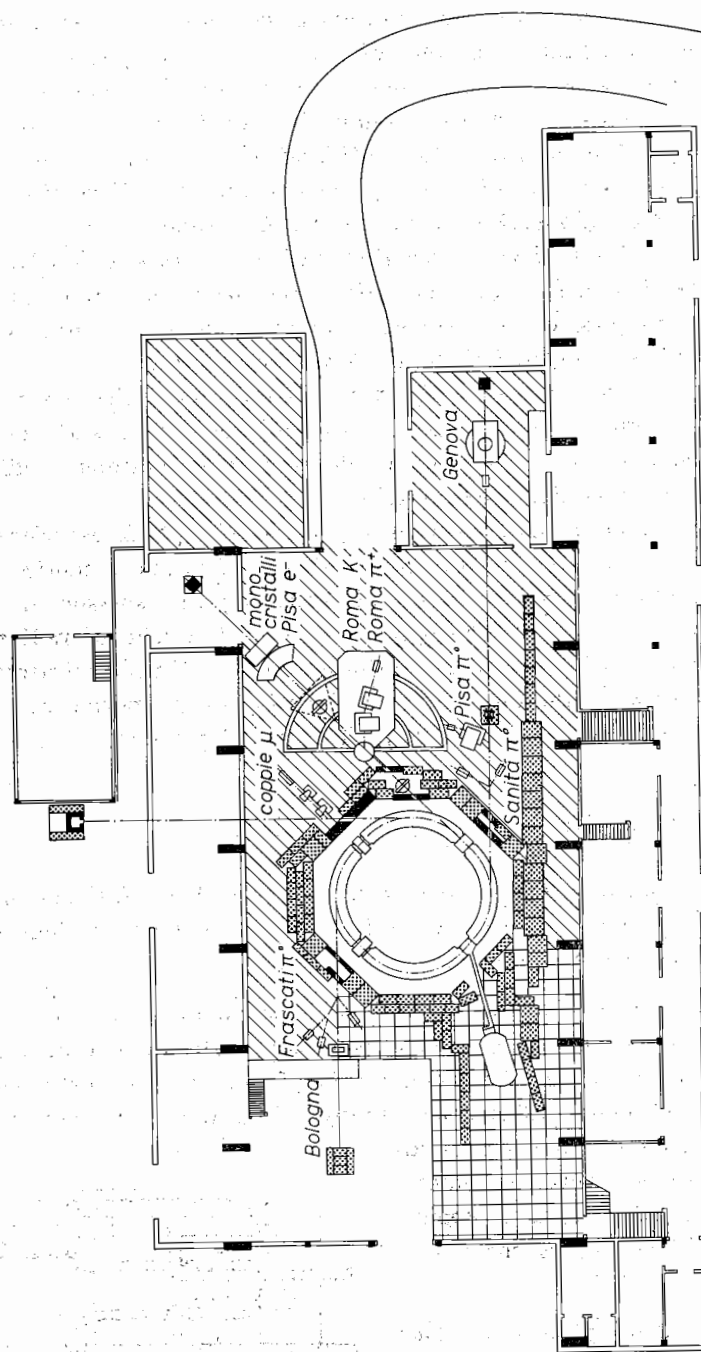


Fig. VIII.iii.4. - Quota sala sincrotrone Sono tratteggiate obliquamente le zone accessibili; sono quadrettate le zone non accessibili.

In questa fase sono accessibili alle persone autorizzate dalle norme di sicurezza le sole aree tratteggiate obliquamente delle Fig. VIII.III.3 e VIII.III.4 che si riferiscono alle quote piano terra e sala sincrotrone rispettivamente.

Non sono invece accessibili le zone quadrettate delle stesse figure e quelle quadrettate di Fig. VIII.III.5 (balconata e terrazze).

2) Nella fase «elettroni accelerati» che è quella durante la quale si ha il fascio γ , il livello γ all'esterno delle schermature, per un'intensità del fascio corrispondente a circa 10^{10} quanti equivalenti/s, raggiunge valori di $(400 \div 500)$ mr/h solo in qualche punto a ridosso dei blocchi di schermo, dove probabilmente batte un fascio secondario.

Lontano da questi punti, dalle targhette usate dagli sperimentatori e naturalmente dai fasci utilizzati, il livello di radiazione si mantiene entro valori accettabili, come si vede dai valori di intensità di dose e di dose riportati in Fig. VIII.III.2. In questa fase sono comunque accessibili alle persone autorizzate le sole zone tratteggiate obliquamente della Fig. VIII.III.3.

Le misure della radiazione diffusa [6, 7] sono state fatte con camere d'ionizzazione Tracerlab, EKCO e Jordan che danno i valori d'intensità in r/h, con una camera di ionizzazione tessuto equivalente [8] che risponde in rad/h (*) e con contatori proporzionali per neutroni veloci del tipo Hurst [9] tarati in unità di livello massimo permmissibile (1 l.m.p. = $20 \text{ n/cm}^2 \text{ s}$) e aventi un'efficienza di circa 0.7 imp/s per 1 l.m.p. per energia dei neutroni compresa fra 0.15 e 15 MeV.

Con emulsioni nucleari del tipo indicato da CHEKA [10], esponendole sulla schiena del magnete all'altezza della ciambella, sono state fatte misure di flusso di neutroni veloci, ottenendo dei valori di $(20 \div 30)$ l.m.p.

Con emulsioni dello stesso tipo e con film-badges per γ (¹¹) sono state fatte, e vengono ripetute periodicamente, misure di dose di γ e neutroni in alcuni punti della sala sincrotrone, nella sala controllo e nelle sale conteggio.

Nel complesso le misure fatte indicano che in sala sincrotrone, al di là delle schermature, una permanenza limitata nel tempo è possibile, fatta eccezione lungo la direzione del fascio utilizzato o nelle sue immediate vicinanze.

Ad ogni modo per misura di prudenza, nella fase «elettroni accelerati»

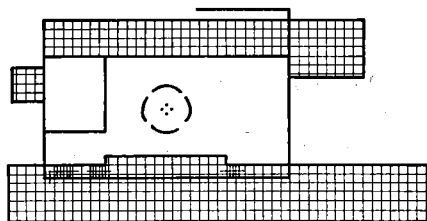


Fig. VIII.III.5. - Quota a m. 4.50 (balconata, terrazze).

(*) Il rad è l'unità di dose di radiazione assorbita ed è uguale a 100 erg/g di materiale irradiato (G. J. HINE e G. L. BROWNELL: *Radiation Dosimetry* (New York, 1956), p. 10).

le norme di sicurezza vigenti escludono la permanenza di chiunque nella sala della macchina.

In sala controlli e nelle sale conteggi il livello di radiazione è sempre risultato inferiore ai massimi ammissibili.

3. - Dosimetria personale.

La dosimetria personale per γ viene effettuata a mezzo di film-badges e di stilodosimetri a lettura diretta e indiretta. I dosimetri vengono sviluppati e letti con frequenza quindicinale per le persone che sostano più a lungo nell'edificio del sincrotrone, con frequenza mensile per gli altri.

Gli operatori della macchina vengono controllati quindicinalmente, oltre che per i γ , anche per i neutroni lenti e veloci.

Gli stilodosimetri a lettura diretta, con fondo scala 200 mr, vengono generalmente usati quando si accede a zone nelle quali l'intensità di radiazione supera i valori massimi ammissibili e può perciò tornare utile l'immediata conoscenza della dose assorbita.

Negli stessi casi, oltre che di stilodosimetri, gli interessati sono muniti di dosimetri fotografici per alte dosi [12] (fino a 800 r) e di monitori portatili.

Le dosi lette sui film-badges vengono registrate sulle cartelle personali e conservate nell'apposito archivio dosimetrico.

Quale sia il grado di sicurezza raggiunto nel controllo e nella protezione dalle radiazioni si può rilevare dalla Fig. VIII.III.6 dove sono riportate le dosi medie mensili per persona controllata, a partire dai primi controlli dell'ottobre 1958, relativi all'entrata in funzione dell'iniettore.

A partire dal maggio 1959, col l'e.s. in funzione, oltre che la dose media mensile per persona controllata,

è riportato il numero delle ore di fascio utilizzato durante ogni mese.

In media, le dosi assorbite, non superano quasi mai un quarto del valore massimo ammissibile.

È da notare che questi risultati si sono raggiunti anche grazie al rigoroso

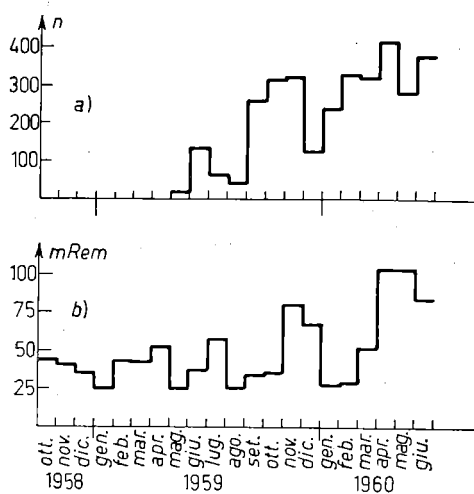


Fig. VIII.III.6. - a) Ore di fascio utilizzato; b) dose media mensile per persona controllata.

rispetto delle norme di sicurezza che regolano l'accesso delle persone alle varie zone dell'edificio sincrotrone.

4. - Segnalazioni e sicurezze.

L'entrata in funzione dell'e.s. nelle sue varie fasi è preceduta da segnalazioni acustiche; segnalazioni luminose ne indicano i vari stati di funzionamento.

Nella fase « elettroni accelerati » la permanenza nella sala della macchina è proibita a tutti indistintamente. Ad essa è comunque possibile accedere da una sola porta, sorvegliata da una cellula fotoelettrica che interrompe il fascio γ allorchè viene tagliato il flusso luminoso che la investe.

Gli altri possibili accessi sono muniti di serratura meccanica di sicurezza, dalla quale la chiave si può sfilare solo a chiusura avvenuta. La mancanza di una delle chiavi da un apposito quadro a contatti elettrici esclude il funzionamento dell'acceleratore.

Una volta avviato il funzionamento del sincrotrone, l'accesso in sala è ancora consentito alle persone autorizzate dall'unica porta di cui si è detto. Esse devono però prelevare da un apposito sostegno situato accanto alla stessa porta un birillo, la mancanza del quale dal suo posto non consente, per l'interruzione di un contatto elettrico, di avere il fascio γ .

Le misure di dose assorbita dal personale dimostrano che quanto è stato predisposto fino ad ora per il controllo delle radiazioni, risponde bene allo scopo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. FOSSATI, P. GALLONE, L. PARMEGGIANI, C. POLVANI e M. SCOLARI: *Norme per le protezioni contro le radiazioni ionizzanti* (Milano, 1956).
- [2] *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* (London, 1959).
- [3] G. CORTELESSA: *Rend. Ist. Sup. Sanità*, **23**, 397 (1960).
- [4] *Conference on Shielding of High-Energy Accelerators*, USAEC, TID-7545 (1957).
- [5] *Protection against Betatron-Synchrotron Radiation up to 1000 MeV* (National Bureau of Standards Handbook 55, Washington, 1954).
- [6] L. R. SOLON, J. E. McLAUGHLIN e H. BLATZ: *Stray Radiation Measurements of Particle Accelerator Sites*, USAEC, NYO-4699 (1956).
- [7] J. E. McLAUGHLIN, K. O'BRIEN, L. R. SOLON, A. V. ZILA, W. M. LOWDER e H. BLATZ: *Stray Radiation Measurements of Particle Accelerator Sites*, USAEC, NYO-4699 suppl. I (1958).
- [8] H. H. ROSSI e G. F. FAILLA: *Nucleonics*, **14**, no. 2, 32 (1956).
- [9] G. S. HURST: *Brit. Journ. Radiol.*, **27**, 353 (1954).
- [10] J. S. CHEKA: *Phys. Rev.*, **90**, 353 (1953); *Nucleonics*, **12**, no. 6, 40 (1954).
- [11] P. AMADESI, N. GRIMELINI, G. GUENZI e O. RIMONDI: *Minerva Nucleare*, **3**, 44 (1959).
- [12] *Dosimetro fotografico individuale C.B. per alte dosi di radiazioni ionizzanti*, in *Boll. Kodak di Radiografia*, **7**, 5 (1958).