

RELAZIONE TECNICA DI RADIOPROTEZIONE

PROGETTAZIONE BUNKER PER LINAC PRESSO IL NUOVO REPARTO DI RADIOTERAPIA DA COSTRUIRE PRESSO L'ASM DI MATERA

Dr. Michele Mazziotta

Esperto Qualificato III Grado n° 515

Esperto qualificato in

Radioprotezione - III° N. 515

PREMESSA

La presente Relazione Tecnica è redatta al fine di indicare gli adeguamenti radioprotezionistici da porre in atto per la realizzazione del nuovo reparto di Radioterapia dell'Ospedale Madonna delle Grazie di Matera. Si farà riferimento esclusivamente al Bunker, che dovrà ospitare l'acceleratore lineare, e alla sala radiologica che dovrà ospitare il simulatore -TC.

La relazione consta di due sub- relazioni:

1. la prima dedicata al bunker, che ipotizza l'installazione di un acceleratore lineare (LINAC) con un'energia massima di fotoni pari a 15 MeV;
2. la seconda dedicata alla Sala Radiologica che ipotizza la presenza di un sistema TC-Simulatore con una energia massima dei raggi X pari a 140 KeV.

Per quanto riguarda il secondo bunker, la protezionistica da mettere in atto è la stessa, fermo restando l'installazione di un Linac con caratteristiche tecniche sovrapponibili e con energie uguali o inferiori a quelle previste per l'altro bunker,

Si precisa che le valutazioni sono finalizzate alla stesura del progetto definitivo e dovranno essere nuovamente verificate nel caso in cui si dovessero presentare modifiche strutturali e organizzative (progetto esecutivo) e comunque dopo aver individuato le apparecchiature da installare.

RELAZIONE 1 – BUNKER

METODO DI VALUTAZIONE DELLE SCHERMATURE

Il metodo di calcolo delle schermature seguito è quello indicato nella pubblicazione N.C.R.P. n. 151 “*Structural Shielding Design and Evaluation for MegaVoltage X and Gamma Ray Radiotherapy Facilities*”.

Per il calcolo degli spessori delle barriere necessarie al contenimento dei livelli di radiazione a valori ritenuti accettabili, vengono presi in considerazione tre parametri: il carico di lavoro W, il fattore d'uso degli ambienti interessati e il relativo fattore di occupazione da parte dei lavoratori e della popolazione.

Carico di Lavoro

Si ipotizza un carico di lavoro pari a circa 1000 Gy/sett. all'isocentro.

Fattori d'Uso U

Ipotizzando di dover eseguire trattamenti basati su tecnica IMRT il carico di lavoro del fascio primario è ripartito equamente sulle due pareti laterali, corrispondenti alle posizioni del gantry rispettivamente di 90° e 270°, sul soffitto e sul pavimento; la larghezza delle barriera primaria si determina calcolando la diagonale della massima ampiezza del fascio RX primario e aggiungendo 30 cm per ogni lato. Tuttavia, ove non ci sono limitazioni di spazio, è preferibile estendere lo spessore calcolato su tutta la parete; una superficie uniforme garantisce una migliore qualità della costruzione.

Sulla base delle dette considerazioni i fattori d'uso delle pareti sono i seguenti:

AMBIENTE	U
PARETE A (primaria) confinante con l'archivio e magazzino	1/4
PARETE B (secondaria) confinante con il corridoio antistante la sala visite e la sala comandi bunker	1
PARETI C+D (pareti primarie) pareti interna ed esterna del labirinto confinante con altro bunker	1/4
PARETE E (parete secondaria) confinante con l'esterno lato strada	1
SOFFITTO (parete primaria)	1/4

Si precisa che il pavimento del bunker poggia su un terrapieno e quindi privo di interesse radioprotezionistico in quanto ad occupazione nulla.

Fattori di Occupazione T

Per ragioni protezionistiche, intenderemo per occupazione piena un'area occupata a tempo pieno da individui, anche se diversi.

AMBIENTE	T
PARETE A (primaria) confinante con l'archivio e magazzino	1/4
PARETE B (secondaria) confinante con il corridoio antistante la sala visite e la sala comandi bunker	1

PARETI C+D (pareti primarie) pareti interna ed esterna del labirinto confinante con altro bunker	1
PARETE E (parete secondaria) confinante con l'esterno lato strada	1/40
SOFFITTO (parete primaria)	1/20

OBIETTIVI DI PROGETTO

Al fine del calcolo delle schermature, come livello di dose di riferimento nelle aree circostanti il bunker, sono stati fissati i seguenti obiettivi di progetto:

- 0,50 mSv/anno per gli ambienti del reparto occupati prevalentemente dai lavoratori (equivalente al 50% del limite fissato dall'attuale D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii. per i lavoratori non esposti);
- 0,25 mSv/anno per tutti gli altri ambienti interni ed esterni, occupati prevalentemente da membri della popolazione o comunque non coinvolti nella pratica radiologica (equivalente al 25% del limite fissato dall'attuale D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii. per la popolazione).

CALCOLO DELLE SCHERMATURE

Il calcolo delle schermature si basa sulle seguenti considerazioni ed ipotesi:

- la produzione di neutroni è ritenuta significativa per energie del fascio maggiori di 10 MeV;
- l'equivalente di dose neutronica H_n ad 1,41 metri dal target per unità di dose assorbita dal fascio RX all'isocentro e l'intensità di sorgente neutronica Q_n , espressa come numero di neutroni emessi dalla testata dell'acceleratore per Gy di dose assorbita dal fascio RX all'isocentro, sono rispettivamente pari a $1,3 \cdot 10^{-3}$ Sv/Gy e $0,76 \cdot 10^{12}$ /Gy¹.
- La radiazione di fuga è assunta come il massimo valore raccomandato dalle normative IEC per dispositivi di radioterapia e cioè pari a 0,1%² della radiazione primaria a 1 metro dalla sorgente.
- La distanza dalla barriera, alla quale esigere il rispetto del limite di progetto è assunta pari a 30 cm.

Barriere primarie

L'espressione usata per il calcolo degli spessori investiti dal fascio primario è la seguente:

$$(1) \quad B_{pri} = \frac{P * d_{pri}^2}{W * U * T}$$

dove:

B_{pri} : fattore di trasmissione della barriera primaria.

P: obiettivo di progetto a valle della barriera primaria espresso in $\mu\text{Sv} \cdot \text{sett}^{-1}$.

d_{pri} : distanza tra la sorgente e il punto da proteggere, a 30 cm dalla barriera.

W: carico di lavoro, espresso in $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{sett}^{-1}$, all'isocentro e a 1 m dalla sorgente.

T: fattore di occupazione dell'ambiente da schermare.

U: fattore d'uso della barriera.

Lo spessore della barriera t_{barr} potrà essere determinato a partire dal numero n di TVL dati dalla seguente relazione:

¹Tabella B.9 – NCRP 151

²Paragrafo 2.3 – NCRP 151

$$(2) \quad t_{\text{bar. prim.}} = \text{TVL}_1 + (n-1) \cdot \text{TVL}_e$$

con: $n = -\text{Log}(B_{\text{pri}})$
 TVL_1 primo spessore decivalente
 TVL_e spessore decivalente di equilibrio

Barriere Secondarie

Le barriere secondarie sono esposte solo alle radiazioni diffuse dal paziente e dalle pareti e dalla radiazione di fuga dalla testata dell'acceleratore.

a) radiazione diffusa

L'espressione per il calcolo degli spessori investiti dal fascio diffuso è la seguente:

$$(3) \quad B_{\text{diff.}} = \frac{P * d_{\text{sca}}^2 * d_{\text{diff}}^2 * 400}{F * a * W * T}$$

dove:

$B_{\text{diff.}}$: fattore di trasmissione della barriera secondaria.

P: obiettivo di progetto a valle della barriera secondaria espresso in $\mu\text{Sv} \cdot \text{sett}^{-1}$.

d_{sca} : distanza tra la sorgente e il paziente o la superficie di scattering.

$d_{\text{diff.}}$: distanza tra l'isocentro e il punto da proteggere a 30 cm dalla barriera.

W: carico di lavoro, espresso in $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{sett}^{-1}$, all'isocentro e a 1m dalla sorgente.

T: fattore di occupazione dell'ambiente da schermare.

a^3 : frazione della radiazione primaria, diffusa dal paziente ad un angolo di 90° , per un campo $20 \times 20 \text{ cm}^2$ e un potenziale di accelerazione di 18 MV.

400: fattore di normalizzazione dello scattering del paziente per un campo $20 \times 20 \text{ cm}^2$.

F: area del campo a metà spessore del paziente a 1 m (per quasi tutti gli acceleratori le dimensioni massime sono $40 \times 40 \text{ cm}^2$).

Lo spessore della barriera $t_{\text{bar. diff.}}$ potrà essere determinato a partire dal numero n di TVL, dato dalla seguente relazione:

$$(4) \quad t_{\text{bar. diff.}} = n \cdot \text{TVL}$$

con:

$$n = -\text{Log}(B_{\text{diff.}})$$

b) radiazione di fuga

L'espressione equivalente per la componente di fuga, è la seguente:

$$(5) \quad B_{\text{fuga}} = \frac{P * d_{\text{fuga}}^2}{W' * 0,001 * T}$$

dove:

B_{fuga} : fattore di attenuazione della barriera richiesto.

P: obiettivo di progetto a valle della barriera secondaria espresso in $\mu\text{Sv} \cdot \text{sett}^{-1}$.

³ Tabella B4 NCRP 151

d_{fuga} : distanza tra la sorgente e il punto da proteggere a 30 cm dalla barriera.

W^{14} : carico di lavoro, espresso in $Gy \cdot m^2 \cdot sett^{-1}$, all'isocentro a 1 m dalla sorgente.

T: fattore di occupazione dell'ambiente da schermare.

0,001: frazione di radiazione di fuga dalla testata dell'acceleratore a 1 m dalla sorgente.

Lo spessore della barriera $t_{bar. fuga}$ potrà essere determinato con una espressione analoga alla (2):

$$(6) \quad t_{bar. fuga} = TVL_1 + (n-1) \cdot TVL_e$$

con: $n = -\text{Log}(B_{fuga})$

TVL_1 primo spessore decivalente

TVL_e spessore decivalente di equilibrio

Applicando quanto appena esposto e tenendo conto dei TVL^5 del calcestruzzo di $\delta = 2,35 \text{ g/cm}^3$, si ottiene che gli spessori minimi richiesti da porre in atto sono:

BARRIERE PRIMARIE (SPESSORI MINIMI DA PORRE IN ATTO)			
Parete	A	C+D	soffitto ⁶
Spessore in Calcestruzzo ($\delta = 2,35 \text{ g/cm}^3$)	210	225	206

BARRIERE SECONDARIE (SPESSORI MINIMI DA PORRE IN ATTO)		
Parete	PARETE B	PARETE E
Spessore in Calcestruzzo ($\delta = 2,35 \text{ g/cm}^3$)	162	124

Schermatura della porta del bunker

La radiazione incidente sull'ingresso del labirinto è costituita da neutroni veloci di bassa energia prodotti dalle reazioni (X,n), da neutroni termici e dalla componente gamma prodotta dalle reazioni di cattura neutronica (n,γ) di neutroni termici o termalizzati che interagiscono con le pareti e la porta stessa, e dalla radiazione X diffusa; quest'ultima componente è trascurabile rispetto alla componente fotonica da raggi γ , e pertanto non viene presa in considerazione.

(a) Componente neutronica

Per quanto riguarda la componente neutronica la valutazione dell'attenuazione dovuta al labirinto può essere effettuata impiegando il metodo empirico di Kersey (NCRP 79), attraverso la relazione:

$$(9) \quad H_{n,D} = W' \cdot H_0 \cdot (S_0/S_1) \cdot (d_0/d_1)^2 \cdot 10^{-d/5}$$

dove:

$H_{n,D}$: dose equivalente totale settimanale prodotta dai neutroni fuori dalla porta del bunker;

W' : carico di lavoro della radiazione dispersa, espresso in $Gy \cdot m^2 \cdot sett^{-1}$ all'isocentro, a 1 m dalla sorgente;

⁴ Il carico di lavoro W' è pari al carico di lavoro W moltiplicato per un fattore 5 per tenere conto del fatto che, nel caso di trattamenti IMRT, la modulazione del fascio comporta un'erogazione maggiore rispetto alla dose effettivamente impartita al volume bersaglio.

⁵ Tabella B2 - B5a - B7 - N.C.R.P. No. 151.

⁶ Si ipotizza che la distanza tra la parte esterna del soffitto e l'isocentro del Linac è di 4 metri.

H_o^7 = equivalente di dose neutronica ad 1,41 metri dal target per unità di dose assorbita all'isocentro;

S_o/S_l : rapporto tra la sezione individuata tra la parete interna del labirinto C ed E e la sezione tra le pareti C e D del labirinto;

d_o = distanza target-isocentro;

d_l = distanza dall'isocentro al punto X, individuato dalla retta passante per l'isocentro e tangente alla parete interna del labirinto, e la retta passante per il centro della porta;

d_2 = distanza dal punto X alla porta.

La dose equivalente settimanale neutronica $H_{n,D}$ fuori dalla porta del bunker risulta essere pari a 3700 $\mu\text{Sv/sett}$.

(b) Componente radiazione fotonica γ da cattura neutronica

La dose equivalente settimanale $H_{n,\gamma}$ prodotta dai raggi γ fuori dalla porta del bunker, è valutabile attraverso la seguente relazione:

$$(10) \quad H_{n,\gamma} = W' * h_{\varphi} = W' * [K * \varphi_A * 10^{-d_2/TVD}]$$

dove:

W' : carico di lavoro della radiazione dispersa, espresso in $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{sett}^{-1}$ e all'isocentro, a 1 m dalla sorgente;

h_{φ} : dose equivalente prodotta dai raggi γ fuori dalla porta del bunker, per unità di dose assorbita di raggi X all'isocentro;

K^8 : dose equivalente prodotta dai raggi γ di cattura neutronica per unità di fluena di neutroni;

φ_A^9 : fluena totale di neutroni nel punto X, sopra individuato, per unità di dose assorbita (Gy) di raggi X all'isocentro;

d_2 = distanza dal punto X alla porta;

TVD = distanza decivalente per fasci di energia fotonica di 15 MV.

Da quanto sopra riportato si ottiene che la dose equivalente settimanale prodotta dai γ di cattura fuori dalla porta del bunker $H_{n,\gamma}$ è pari a 57,1 $\mu\text{Sv/sett}$.

Allora dai punti a) e b) deriva che la dose equivalente settimanale all'ingresso esterno del labirinto è pari a:

$$H_{n,D} \approx 3700 \mu\text{Sv/sett}$$

$$H_{n,\gamma} \approx 57 \mu\text{Sv/sett}$$

Pertanto per ridurre la dose equivalente al limite di progetto, per la porta del bunker è richiesta una schermatura minima di:

1 mm cadmio + 14 cm polietilene + 7 cm Pb.

⁷Tabella B.9 – NCRP 151

⁸ NCRP 151 pag. 41

⁹ NCRP 151 – pag. 42

Caratteristiche della porta di accesso al bunker

- Particolare attenzione dovrà essere posta alla realizzazione dei battenti in modo da non avere fessurazioni eccessive.
- La sovrapposizione dovrà essere di 20 cm con le pareti laterali e superiore a porta chiusa.

SISTEMI DI SICUREZZA

Il bunker sarà collocato al piano interrato. La porta di accesso dovrà essere a scorrimento motorizzato con sistema di emergenza manuale, che effettuerà, prima della chiusura completa, uno stop al "passo d'uomo"; sarà a percorso libero, controllato da fotocellula, con sistema per completare la chiusura e dare il consenso all'erogazione del fascio.

Dovranno essere previsti almeno i seguenti sistemi di sicurezza:

- interruttore di sicurezza sulla porta di accesso al bunker tale da non consentire l'irradiazione a porta aperta e da bloccare l'irradiazione in caso di apertura accidentale della porta;
- segnalazioni ottiche sulle porte di accesso e all'interno dei bunker mediante segnalatore luminoso a tre colori: verde (acceleratore spento), arancione (acceleratore acceso), rosso (emissione di radiazioni in corso); tali segnalazioni devono essere ben visibili;
- sul cammino che un operatore effettua all'interno del bunker verso l'uscita e prima che raggiunga la porta, devono essere previsti dei pulsanti di emergenza (a "fungo") in appropriate posizioni per interrompere l'erogazione;
- segnalazione gialla intermittente indicante il movimento della porta, sia interna che esterna al bunker;
- in caso di mancanza di energia elettrica la porta si aprirà automaticamente e rimarrà aperta per consentire all'operatore di entrare e portare eventuale soccorso al paziente;
- segnalazione acustica all'interno del bunker indicante l'inizio dell'erogazione raggi;
- la porta automatica di ingresso al bunker deve essere provvista di un meccanismo di stop (o reverse) del movimento, se la porta collide su qualsiasi cosa mentre si sta aprendo o chiudendo. Deve inoltre essere provvista di una modalità di sblocco e di apertura manuale nell'eventualità di un guasto meccanico.
- pulsanti d'emergenza per interrompere l'alimentazione elettrica delle apparecchiature.

Inoltre, per il controllo del paziente durante il trattamento e per comunicare con lo stesso, la sala comandi dovrà essere collegata con il locale di trattamento mediante un impianto televisivo a circuito chiuso e sistema interfonico.

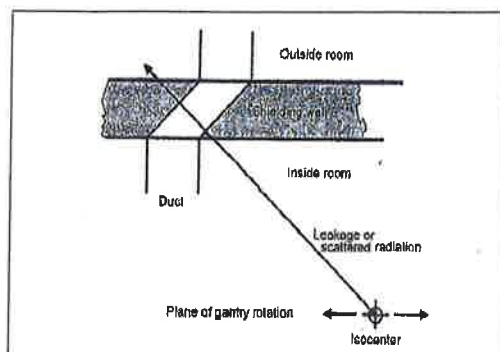
CONDOTTI

I condotti possono essere di varia tipologia:

1. Condotti per la portata dell'aria HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning).
2. Condotti per il passaggio dei cavi del Linac.
3. Condotti per il passaggio dei cavi della strumentazione necessaria ai controlli di qualità eseguiti dalla Fisica Sanitaria e ad altri tipi di controlli.
4. Condotti elettrici e dell'acqua.

Il corretto orientamento dei condotti deve essere quello di rimuovere la minima quantità di calcestruzzo nella direzione del fascio radiante in modo che la quantità della radiazione diretta che

passi attraverso l'apertura sia la minore possibile. L'esempio di corretta penetrazione del condotto nel calcestruzzo è dato dalla seguente immagine (NCRP 151):



L'inclinazione delle condutture deve essere doppia, ovvero destra-sinistra e alto-basso. I condotti, anche se molto piccoli, non devono mai essere posizionati nelle barriere primarie; di solito il punto di ingresso nel bunker è attraverso la schermatura sopra la porta d'ingresso, dove le componenti fotonica e neutronica sono minori, evitando così di compromettere la schermatura principali. Per quanto riguarda i cavi delle macchine, questi andranno posizionati al di sotto del pavimento della sala e sotto le barriere secondarie.

Eventuali schermature aggiuntive, per bilanciare l'eventuale perdita di calcestruzzo, saranno valutate in occasione del progetto definitivo.

IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO

All'interno del bunker dovranno essere garantiti almeno 10 ricambi all'ora di aria esterna con una depressione interna a porta chiusa di 1-3 mm c.d.a.

L'aria inspirata dal locale dovrà essere espulsa senza ricircolo e previa opportuna filtrazione.

Dr. Michele Mazziotta
Esperto Qualificato di III° n° 515
Esperto qualificato in
Radioriparazione 2010/11/11

RELAZIONE 2 – SALA TC-SIMULATORE

METODO DI VALUTAZIONE DELLE SCHERMATURE

Il metodo di calcolo delle schermature seguito è quello indicato nella pubblicazione N.C.R.P. n. 147 “*Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities*”.

Per il calcolo degli spessori delle barriere necessarie al contenimento dei livelli di radiazione a valori ritenuti accettabili, vengono presi in considerazione tre parametri: il carico di lavoro W, il fattore d'uso degli ambienti interessati e il relativo fattore di occupazione da parte dei lavoratori e della popolazione.

Carico di Lavoro

Si ipotizza un carico di lavoro pari a 15000 mA*min/settimana.

Fattori d'Uso U e fattori di Occupazione

I fattori d'uso delle pareti sono considerati i seguenti:

AMBIENTE	U	T
PARETE A console comandi	1	1
PARETE B confinante con il corridoio antistante lo studio e locale ristoro	1	1
PARETE C locali spogliatoio personale	1	1
PARETE D confinante con il corridoio antistante la sala prima visita	1	1
SOFFITTO	1	1/ 20

OBIETTIVI DI PROGETTO

Al fine del calcolo delle schermature, come livello di dose di riferimento nelle aree circostanti il bunker, sono stati fissati i seguenti obiettivi di progetto:

- 0,50 mSv/anno per gli ambienti del reparto occupati prevalentemente dai lavoratori (equivalente al 50% del limite fissato dall'attuale D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii. per i lavoratori non esposti);
- 0,25 mSv/anno per tutti gli altri ambienti interni ed esterni, occupati prevalentemente da membri della popolazione o comunque non coinvolti nella pratica radiologica (equivalente al 25% del limite fissato dall'attuale D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii. per la popolazione).

CALCOLO SCHERMATURE

Il calcolo delle schermature si basa sulle seguenti considerazioni ed ipotesi:

- il carico di lavoro W è erogato sempre con la massima tensione di funzionamento dell'apparecchiatura, fissata a 140 kV;
- la radiazione di fuga del complesso tubo-guaina è assunta pari a 1 mGy per 1000 mA*min a 1 m. dal fuoco;
- la radiazione diffusa dal paziente è assunta essere pari a 0,1% della radiazione diretta.
- Non è stata considerata la radiazione primaria in quanto quest'ultima è schermata dal sistema di rivelazione all'interno dell'apparecchiatura.

L'espressione per il calcolo degli spessori investiti dal fascio è la seguente:

$$(1) \quad B = \frac{H_p * d_{pri}^2}{H_m * W * U * T}$$

dove:

B: fattore di trasmissione della barriera.

H_p : obiettivo di progetto a valle della barriera espresso in $\mu\text{Sv} \cdot \text{sett}^{-1}$.

H_m : $K_a / \text{mA} \cdot \text{min}$ a 1 metro dal fuoco alla tensione massima di esercizio ipotizzata a 140 kV.

W: carico di lavoro, espresso in $\text{mA} \cdot \text{min} / \text{sett}$ a 1 m dalla sorgente.

T: fattore di occupazione dell'ambiente da schermare;

U: fattore d'uso della barriera;

$d_{pri} = 3 \text{ m}$; distanza media tra il corpo diffondente e il punto da proteggere, ipotizzando che la TC sia installata al centro della sala radiologica.

Noto il fattore di trasmissione, si determina lo spessore attraverso la relazione di Archer et Al.:

$$(2) \quad x = \frac{1}{\alpha * \gamma} * \ln \left[\frac{(1/B)^{-\gamma} + \beta / \alpha}{1 + \beta / \alpha} \right]$$

con α , β , e γ parametri di *fitting*¹⁰.

Applicando il presente criterio, e tenendo conto sia delle componente diffusa, sia di quella di fuga, si ottengono i seguenti risultati:

BARRIERE (SPESSORI MINIMI DA PORRE IN ATTO)		
Parete	Spessore minimo (mm di Pb)	Spessore prescritto (mm di Pb)
PARETE A console comandi	2,4	2,5
VISIVA console comandi	2,4	2,5
PARETE B confinante lo studio e locale ristoro	2,4	2,5
PARETE C locali spogliatoio personale	2,4	2,5
PARETE D confinante con la sala prima visita	2,4	2,5
SOFFITTO	1,4	1,5

Allo spessore ottenuto andrà sottratto lo spessore Pb equivalente relativo agli spessori e ai materiali delle pareti e del soffitto che verranno utilizzati.

Per fare una stima si può fare riferimento alle seguenti equivalenze:

¹⁰ NCRP 147

MATERIALE	Equivalenza in mm di Piombo
Carton Gesso	0
Parete in mattoni forati spessore 10 cm	0,5
Parete in calcestruzzo spessore 20 cm	2
Soletta soffitto e/o pavimento	2

Riassumendo:

- la visiva dovrà presentare una schermatura minima di 2,5 mm Pb equivalente.
- le porte di ingresso alla sala TC dovranno presentare una schermatura minima di 2,5 mm Pb equivalente.
- Il pavimento non necessita di schermatura poiché poggia su un terrapieno e quindi privo di interesse radioprotezionistico in quanto ad occupazione nulla.
- Gli spessori di Piombo da apporre sulle pareti e sul soffitto potranno essere determinati con precisione, una volta note le caratteristiche costruttive della sala, tenuto conto della tabella sopra riportata.
- Le protezioni laterali dovranno essere garantite fino all'altezza di 220 cm e non dovranno presentare discontinuità in presenza di stipiti, canaline, quadri elettrici, etc. Nel caso in cui le pareti perimetrali siano in muratura, non saranno necessarie schermature aggiuntive dall'altezza di 220 cm alla soletta superiore, diversamente, nel caso in cui le pareti perimetrali fossero costituite da cartongesso, sarà necessaria una schermatura aggiuntiva di 1 mm di Pb dall'altezza di 220 cm alla soletta superiore.
- Nel caso in cui le porte adottate siano di tipo scorrevole, dovranno sovrapporsi su entrambe le pareti confinanti per almeno 10 cm.

Inoltre dovranno essere rispettate le seguenti ulteriori prescrizioni:

- eventuali porte di accesso alla sala TC, fatto salvo quella riservata all'operatore, dovranno essere apribili esclusivamente dall'interno della sala e dovranno essere dotate di molla di chiusura automatica;
- su tutte le porte (lato esterno sala TC) dovrà essere installato un segnalatore luminoso che indichi l'emissione RX;
- le porte, fatto salvo quella del locale tecnico, dovranno essere dotate di microswitch che inibisca l'erogazione dei raggi qualora la porta fosse aperta ma che non interrompa l'erogazione nel caso di apertura della porta durante un esame.


Dr. Michele Mazziotta
Esperto Qualificato di III Grado n° 515
 Esperto qualificato in
 Radioprotezione - III° N. 515