

| | | |
|---|--|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 1 di 13 |
|---|--|--|

All-A-Relazione LINAC 1

Agosto 2005

Azienda USL di Bologna Presidio Ospedaliero Bellaria

RELAZIONE DI RADIOPROTEZIONE PER INSTALLAZIONE DI UN ACCELERATORE LINEARE DA 6 - 10 MV.

A cura degli esperti Qualificati

Dr. Carlo Bergamini

ESPERTO QUALIFICATO DI 3° GRADO
NUMERO D'ORDINE 57

Dr. William Gaiba

ESPERTO QUALIFICATO DI 2° GRADO
NUMERO D'ORDINE 450

Agosto 2005

| | | |
|---|--|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 2 di 13 |
|---|--|--|

Premesse

Durante i rilievi preliminari per predisporre “l’area di cantiere” per la realizzazione del bunker n. 3 presso l’Ospedale Bellaria, furono misurati in alcune zone del prato adiacenti al vecchio bunker (linac n. 1 da 10 MV) valori dosimetrici superiori ai limiti consentiti per la popolazione.

La presenza di questi valori aveva comportato negli anni passati la necessità di installare una rete di recinzione per interdire il passaggio di persone durante il funzionamento del linac 1. I cancelli di accesso alla zona recintata erano muniti di interruttori di sicurezza che bloccavano il funzionamento del linac stesso nonché di luci intermittenti.

La situazione andava quindi “bonificata” per consentire l’apertura del cantiere e lo stazionamento in detta area degli operai.

Cogliendo tale occasione furono eseguiti anche rilievi nei locali sottostanti ed adiacenti sia il bunker 1 che il bunker 2 e ciò con lo scopo di eliminare se possibile alcuni degli interruttori di blocco posti sulle porte.

In definitiva ci proponemmo i seguenti obiettivi:

1. Sicurezza area di cantiere.
2. Eliminazione “blocchi” inutili.

Soluzioni adottate per il bunker 1 – linac da 10 MV

1. Sicurezza area di cantiere.

Per garantire la sicurezza, dal punto di vista della radioprotezione, durante le fasi di cantiere e per recuperare, a lavoro finito, l’uso dell’area del parco si è proceduto nel seguente modo:

- a) Per eliminare l’effetto SKYSHINE dovuto alla radiazioni di fuga dal soffitto del bunker ed alla loro diffusione in aria, sono stati aggiunti spessori aggiuntivi al solaio stesso. Più precisamente sono stati aggiunti 80 cm di ca baritico sul fascio primario e 50 cm di ca baritico nelle zone colpite dalla radiazione diffusa.

| | | |
|---|--|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 3 di 13 |
|---|--|--|

b) Per schermare la parete B indicata nella planimetria PL1 e quindi portare le dosi nell'area di parco adiacente ai valori limite per la popolazione, è stata aggiunta una parete laterale, a tutta altezza, di 35 cm di ca baritico.

Con tali modifiche i valori dosimetrici riscontrati sia sul tetto che sulla parete B modificata sono risultati tali da garantire il rispetto del limite annuale per la popolazione (1 mSv/anno).

Le planimetrie allegate mostrano il bunker 1 come si presenta attualmente al termine dei lavori di ristrutturazione.

2. Eliminazione "blocchi" inutili.

Le misure eseguite nei locali sottostanti ed adiacenti ai bunker 1 e 2 hanno dato i risultati riportati nel **verbale di controllo radioprotezionistico** del 13/12 /2004 allegato e che costituisce parte integrante della presente relazione.

Con le premesse e le considerazioni fatte sopra è possibile quindi predisporre una nuova relazione tecnica di radioprotezione che tenga conto di quanto esistente e di quanto è stato fatto durante la ristrutturazione del bunker 1.

Relazione di radioprotezione BUNKER n. 1 - Linac da 10 MV

Lo scopo di questa relazione tecnica è quello di illustrare i criteri impiegati nella scelta del sito, nella stima dei carichi di lavoro e nel calcolo delle barriere, ai fini della stesura del progetto e degli aspetti radioprotezionistici messi in opera per garantire la corretta sorveglianza fisica della protezione. A tale proposito si suddivide l'esposizione in più capitoli ciascuno attinente ad un particolare argomento.

| | | |
|---|--|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 4 di 13 |
|---|--|--|

Capitolo. 1

CARATTERISTICHE DELL'ACCELERATORE DA INSTALLARE

Tipo: Acceleratore lineare ELEKTA

Mod.: Sli 6 – 10 MV

Fasci di radiazioni possibili:

FOTONI X con energia massima (due energie) $E_{max} = 6$ e 10 MV

ELETTRONI con energia massima $E_{max} =$ da 6 –8-10- 15 MeV.

"RATEI di DOSE" disponibili:

- fotoni X da 6 MV - rateo di dose: 250 MU/min
- fotoni X da 10 MV - rateo di dose: 250 MU/min
- elettroni : - rateo di dose: 200 MU/min per ogni energia

Capitolo. 2

UBICAZIONE DEL BUNKER

Come indicato nelle premesse il bunker in oggetto era già esistente ed è stato modificato con l'aggiunta di alcune barriere in calcestruzzo baritico secondo la planimetria allegata **PL 1** (planimetria linac 1 – Dicembre 2004)

In fig. 1 si riporta per comodità il particolare del bunker con indicate le pareti soggette al calcolo degli spessori.

Con le ultime modifiche apportate, si può concludere che "La sua ubicazione nei confronti dei locali adiacenti e rispetto all'ambiente esterno è buona e consente facili accessi alle persone ed ai mezzi"

| | | |
|---|--|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 5 di 13 |
|---|--|--|

Capitolo 3

DIMENSIONI INTERNE DEL BUNKER E GEOMETRIE DI PROGETTO.

In considerazione degli spazi disponibili e della tipologia dei locali adiacenti il bunker, tenuto conto delle esigenze cliniche (NON sono previste terapie Total Body Irradiation - TBI) ed infine per garantire una buona operatività (movimentazione dei pazienti barellati), si è ritenuto opportuno proporre una "geometria" del bunker di tipo tradizionale – pianta PL1

Nelle medesima tavola sono riportate le geometrie dei fasci di radiazione e la loro incidenza sulle pareti.

Lo spazio interno utile risulta: 630 cm x 780 cm X 280 cm e quindi ampiamente sufficiente a garantire una buona operatività ed una agevole movimentazione dei pazienti.

Tenuto conto della bassa energia dei fotoni X (max 10 MV), si era optato per una costruzione con pareti in calcestruzzo normale poi modificata con le aggiunte in calcestruzzo baritico come già illustrato.

Capitolo 4

CARICO DI LAVORO - FATTORE DI OCCUPAZIONE - FATTORE DI USO

LIMITI DEGLI EQUIVALENTI DI DOSE

a) Carico di lavoro (W)

Il carico di lavoro precedente era stato indicato in **W = 33.000 rad m²/sett. all'isocentro**, tale carico di lavoro viene riconfermato dal Primario di radioterapia.

Per i calcoli attuali si considererà comunque un fattore di sicurezza $f = 2$, inoltre si è deciso di adottare per i calcoli un valore W riferito tutto ad un fascio X da 10 MV.

Nota 1:

A regime il carico di lavoro effettivo sarà ripartito fra i 6 ed i 10 MV e pertanto il valore di W adottato è cautelativo.

Nota 2

| | | |
|---|--|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 6 di 13 |
|---|--|--|

Dal punto di vista operativo per garantire un margine di sicurezza nell'eventualità che vengano introdotte nuove tecniche, si è ritenuto opportuno adottare un "fattore di sicurezza": $f = 2$ e ciò porta ad aggiungere un HVL agli spessori calcolati. (oppure, cosa analoga, considerare il carico di lavoro doppio $W = 66.000 \text{ rad m}^2/\text{sett.}$)

Il carico di lavoro ricavato è in linea con quanto riportato nei manuali di riferimento che useremo per il calcolo "IAEA Technical Reports Series n.188" e "NCRP Report n.51 e n. 49" - che prevedono valori dell'ordine di 40 - 50.000 rad.m²/sett ad 1 metro (isocentro).

b) Fattore d'uso e Fattore di occupazione

- fattore d'uso U : $\frac{1}{4}$ per soffitto e pareti (fascio primario)
- fattore di occupazione T :
1 per le aree di lavoro
 $\frac{1}{4}$ per corridoi e servizi
 $\frac{1}{16}$ per sale attesa, strade, giardini

c) Limite di dose Hm

Vista la particolare configurazione del bunker, si adotta per i calcoli il valore di dose limite per il pubblico:

- Limiti degli Equivalenti di dose: 0.002 rad/sett. persone del pubblico
(D.L.230/95 e DL 241/00)

Capitolo 5

IPOTESI DI BASE E CALCOLO DELLE SCHERMATURE.

Lo scopo di questa relazione non è sicuramente quello di fornire una analisi dettagliata dei metodi impiegati nel calcolo degli spessori delle barriere, per i quali si rimandano ai manuali IAEA N.188 e NCRP n.51 utilizzati come riferimento.

In ogni caso si ritiene utile fornire le ipotesi di base e lo schema semplificato utilizzato nella elaborazione dei calcoli.

| | | |
|---|--|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 7 di 13 |
|---|--|--|

5.1 IPOSTESI DI BASE Fascio fotonico

W = 33.000 rad m²/sett. per fasci X da 10 MV

- U : fattore d'uso.
T : fattore di occupazione.
d : distanza in metri dal target al punto in esame. (Tale punto viene preso a 30 cm dalla superficie esterna della barriera - IAEA 188)
f : fattore di sicurezza (usualmente = 2)
Hm : rad/sett. - limite di dose settimanale
B : fattore di attenuazione dello schermo.
Do = rad/min. ad 1 metro dal Target
Ff : radiazione di fuga. $Ff \leq 0,1\%$ di Do, considerando la sorgente puntiforme e isotropa (specifiche Elekta)
Wf : carico di lavoro per radiazione di fuga $Wf = Ff \times W$
Pn : 2,35 g/cm² densità del calcestruzzo normale.
Pb : 3,30 g/cm² densità calcestruzzo baritico.
TVL1 : primo spessore decivalente.
TVLe : spessori decivalenti successivi.
S : spessore della barriera.

5.2 Barriere Primarie

Con le ipotesi fatte in precedenza, prendendo **X da 10 MV**, e tenuto conto degli spessori HVL e TVLe in calcestruzzo normale (**Cn**) e **baritico (Cb)**:

- **Cn** HVL = 12.0 cm - TVLe = 40.2 cm (IAEA 188)
- **Cb** HVL = 8.6 cm - TVLe = 28,6 cm (IAEA 188)

Si è approntato uno schema di calcolo basato sulla determinazione del valore di B.

5.3 Barriere Secondarie - Fotoni X

a) Radiazioni di fuga

| | | |
|---|--|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 8 di 13 |
|---|--|--|

Si ipotizza la sorgente puntiforme ed isotropa e, cautelativamente, con dose pari a 0,2% di D_0 per cui il carico di lavoro diventerà $W_f = 0,002 \text{ W}$ (la ditta Elekta fornisce un valore $\leq 0,1 \%$)

b) Radiazione scatterata

Per le componenti scatterate dal paziente e dalle pareti (albedo) si utilizza il valore di B calcolato sulla base delle considerazioni di IAEA 188.

SPESSORI DELLE BARRIERE

Nella tabella 1 allegata si riportano gli spessori finali valutati sulla base delle ipotesi di calcolo sopra esposte.

Capitolo 6

VALUTAZIONE DELLE DOSI PER I LAVORATORI IN CONDIZIONE DI NORMALE ATTIVITA'

6.1 Porta di accesso al bunker

Dopo aver stabilito le dimensioni interne del Bunker, la sua forma geometrica e gli spessori delle pareti, è necessario stimare i valori dosimetrici sulla porta di accesso (P1)

In pratica si tratta di verificare se le ipotesi di progetto sono valide.

Per eseguire queste stime è necessario tener conto di una serie molto elevata di parametri. Parecchi manuali suggeriscono varie metodiche o relazioni semiempiriche per determinare il valore di dose in un punto prefissato di un labirinto.

Con la geometria di riferimento si è proceduto ad un stima dosimetrica sulla porta.

Ipotizzando una composizione della porta del tipo seguente

- Per un LINAC da 10 MV lo spessore della porta adottato è stato:
- 1 cm di Piombo per schermare i fotoni X scatterati dal labirinto.
- La sovrapposizione della porta rispetto al vano di ingresso è mediamente dell'ordine di 15 cm sui quattro lati. Tale dato è fortemente condizionato dallo spessore del "gap" di aria fra la parete del muro e la porta; minore è il gap più ridotto può essere la spessore di sovrapposizione.

Con tali ipotesi si ha una stima dosimetria sulla porta dell'ordine del "fondo naturale".

| | | |
|---|---|--|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 9 di 13 |
|---|---|--|

6.2 sala comandi e locali adiacenti

La valutazione delle dosi agli operatori durante il normale funzionamento dell'impianto è stata stimata, in fase di progetto, sulla base dei carichi di lavoro, del numero di operatori addetti e dei tempi di permanenza nelle diverse aree.

Il calcolo porta ad una dose dell'ordine di 1 – 2 mSv / anno.

I valori dosimetrici rilevati dai dosimetri ambientali e personali durante un periodo di 5 anni sono risultati NON distinguibili dalla soglia di lettura del dosimetro stesso e quindi dell'ordine del fondo naturale.

Pertanto la stima eseguita si è rivelata cautelativa.

Capitolo 7

VALUTAZIONI DELLE DOSI PER I GRUPPI DI RIFERIMENTO DELLA POPOLAZIONE DURANTE LA NORMALE ATTIVITA'

Come gruppo di riferimento può essere considerato quello formato dagli operai che saltuariamente si recano nella zona sottostante i bunker per controlli agli impianti di condizionamento.

Considerando i valori dosimetrici riportati nel verbale di radioprotezione del 13.12.2004 (parte integrante di questa relazione), supponendo che il tempo medio necessario per la manutenzione sia di 1 ora la settimana e che sia sempre lo stesso operatore, nell'arco dell'anno, nelle condizioni più sfavorevoli (punto 1 del succitato verbale) esso riceverebbe una dose di 0,10 mSv/anno.

Punto 1) dose = 0,002 mSv/h per 50 settimane anno dose totale = 0,10 mSv.

Capitolo 8

DISPOSITIVI DI SICUREZZA

8.1 Controllo dosimetrico del fascio

La misura dell'intensità di dose è assicurata da due camere di ionizzazione a trasmissione, con debolissimo potere diffondente, piazzate sul percorso del fascio.

| | | |
|---|--|---|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 10 di 13 |
|---|--|---|

Due catene elettroniche completamente indipendenti sono associate a queste camere e assicurano la misura dell'intensità di dose. Le camere assicurano, inoltre, la funzione di centraggio automatico del fascio.

8.2 Dispositivi di sicurezza

sicurezza generale: sul tavolo di comando e nella sala di trattamento ci sono interruttori "a fungo" che permettono l'arresto totale della alimentazione elettrica a tutto il sistema e quindi arrestano e/o interdicano il funzionamento del linac in caso di emergenze.

sicurezza macchina: gli elementi costitutivi della macchina sono protetti da fusibili, disgiuntori, ecc. i cui contatti sono inseriti sulle due catene di sicurezza:

- catena di sicurezza riscaldamento filamento
- catena di sicurezza alta tensione

Ogni malfunzionamento su una di queste catene interdice o arresta il trattamento con segnalazione sul tavolo di comando.

sicurezza porta: Sulla porta di ingresso al bunker sono montati, in doppio, due micro-interruttori che arrestano il funzionamento del linac in caso di apertura accidentale della porta o impediscono l'avvio del linac se la porta resta aperta.

sicurezza trattamento

Un sistema di sicurezze blocca automaticamente il fascio radiante quando si verifica una qualsiasi delle seguenti modalità:

1. l'unità monitor n.1 è completata
2. l'unità monitor n.2 è completata
3. il tempo di trattamento è completato
4. la simmetria radiale del fascio ha variazioni > 2%
5. la simmetria trasversale del fascio ha variazioni > 2%
6. se c'è un calo nella tensione di alimentazione delle camere monitor.

| | | |
|---|--|---|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 11 di 13 |
|---|--|---|

Capitolo 9

METODOLOGIE ED ATTREZZATURE IMPIEGATE NELLA SORVEGLIANZA FISICA.

Come criterio generale sarà adottato quello di utilizzare differenti metodi e diversi strumenti indipendenti al fine di garantire sempre una adeguata "copertura dosimetrica" per gli operatori e la popolazione circostante.

a) Dosimetria personale

Per gli operatori verranno utilizzati dosimetri personali costituiti da
- dosimetri per X .

b) Dosimetria ambientale

Verrà eseguita con apparecchiature in grado di valutare tutti i campi dosimetrici presenti.

- Sistemi con camere di ionizzazione per X, beta, gamma.
- Sistemi multisonde (Geiger - Muller , Sonde a scintillazione)

Tutti gli strumenti saranno sottoposti a periodici controlli al fine di garantire corrette determinazioni.

Capitolo 10

CLASSIFICAZIONE DELLE AREE E DEL PERSONALE

In relazione al D.L. 241/00 – All. III° e IV°; verranno considerate " **zone controllate** " le seguenti aree:

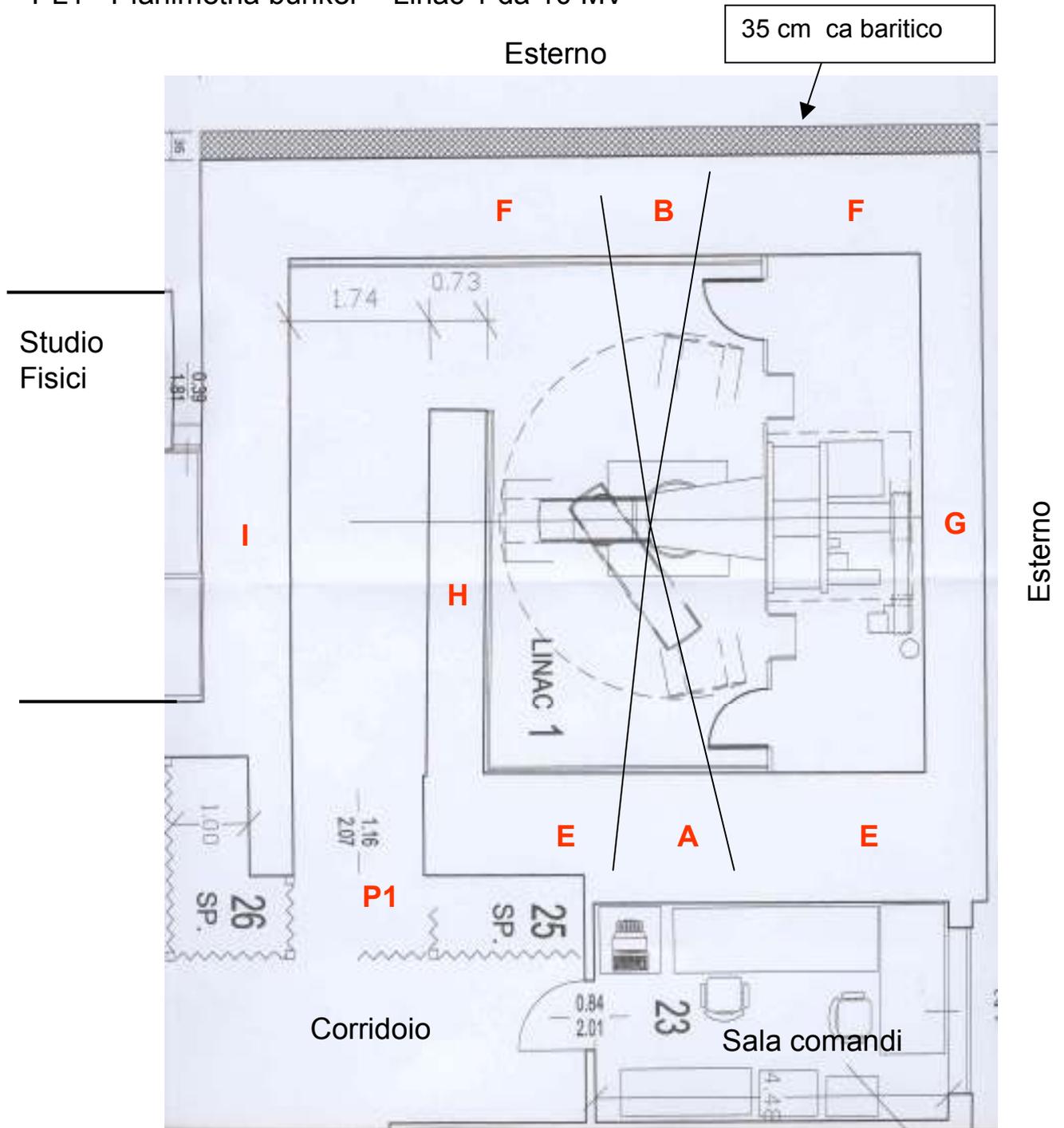
- **sala di trattamento**

Gli operatori addetti, personale medico di radioterapia, fisici specialisti, tecnici TSRM e periti di fisica sanitaria saranno classificati come:

- Lavoratori di Categoria A (D.L. 241/00 – All. III° e IV°).

| | | |
|---|---|---|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 12 di 13 |
|---|---|---|

PL1 - Planimetria bunker – Linac 1 da 10 MV



Locali sovrastanti: NESSUNO

Locali sottostanti: DEPOSITO/RIPOSTIGLIO ad acceso controllato

| | | |
|---|--|---|
| Azienda Ospedaliero Universitaria di Bologna Servizio di Fisica Sanitaria | Relazione radioprotezione Acceleratore lineare da 10 MV | Agosto 2005 All-A-Relazione LINAC 12005 Pagina 13 di 13 |
|---|--|---|

Tab. 1 – valori delle barriere – linac 1
Planimetria di riferimento PL1.

| Parete | Spessore esistente Cemento normale cm | Spessore aggiunto Cemento Baritico cm | Note |
|---------------|--|--|------------------|
| A -primario | 158 | | |
| B - primario | 120 | 35 | |
| C - primario | 80 | 80 | Solaio sup |
| D - diffusa | 80 | 50 | Solaio sup. |
| E - diffusa | 158 | | |
| F - diffusa | 120 | | |
| G - diffusa | 80 | | |
| H - diffusa | 73 | | |
| I - diffusa | 110 | | |
| pavimento | 70 | | Solaio inferiore |
| | | | |

Dr. Carlo Bergamini

ESPERTO QUALIFICATO DI 3° GRADO
NUMERO D'ORDINE 57

Dr. William Gaiba

ESPERTO QUALIFICATO DI 2° GRADO
NUMERO D'ORDINE 450