

**Relazione finale di radioprotezione inerente le prove di verifica e collaudo
schermature bunker ciclotrone GE Healthcare – mod. Minitrace auto schermato**

a cura di

Marcello Benassi – Esperto Qualificato in radioprotezione n. 300

Luca Bellesi - Esperto Qualificato in radioprotezione n. 652

Nel periodo che va dal 18 al 30 marzo 2011 sono state eseguite le prove di collaudo e di verifica ai fini della radioprotezione presso i locali di produzione e ricerca di radiofarmaci presso IL CROM sito in Via Ammiraglio Bianco - 83013 Mercogliano (AV).

Il ciclotrone è fornito dalla GE Healthcare ed è un PET-minitrace autoschermato avente le seguenti caratteristiche:

- Product ID: P5120JA
- Serial Number: 1832up5
- Peso totale: 50 t
- Energia dei protoni: 9.6 MeV
- Diametro poli: 70 cm
- Campo magnetico (medio all'estrazione): 1.66 T
- Numero Dee(s): 2
- Tensione Dee(s): 35 kV
- Frequenza del campo elettrico: 101 MHz
- corrente massima su due bersagli: 50µA
- autoschermo

La zona del target, la più critica dal punto di vista radioprotezionistico, è circondata da un primo schermo di piombo dello spessore di 10 cm, da un secondo schermo di materiale plastico ad alto contenuto di idrogeno dello spessore di 20 cm ed infine dalla schermatura intrinseca costituita da calcestruzzo borato di spessore variabile nelle diverse direzioni, sempre comunque superiore a 60 cm.

Il tempo di irraggiamento annuo autorizzato è di 1500 ore. Lo schermo dell'autoschermatura è mostrato nella figura 1.

ESPERTO QUALIFICATO
Grado III N. 300
Dott. MARCELLO BENASSI

Dr. Bellesi Luca
Esperto in Fisica Medica
Esperto Qualificato al III Grado n.652
Via Vico Consorti 60, 00127 Roma
CELL: +393291544065

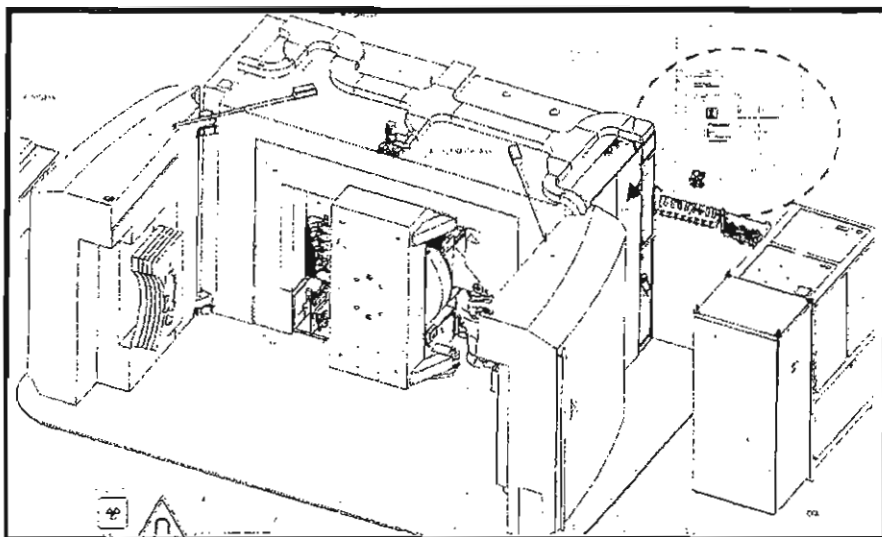


Figura 1: Auto schermatura del ciclone

Quando l'autoschermo è chiuso il dose-rate è approssimativamente proporzionale alla corrente di fascio in μA che arriva sui singoli bersagli come illustrato nella figura 2.

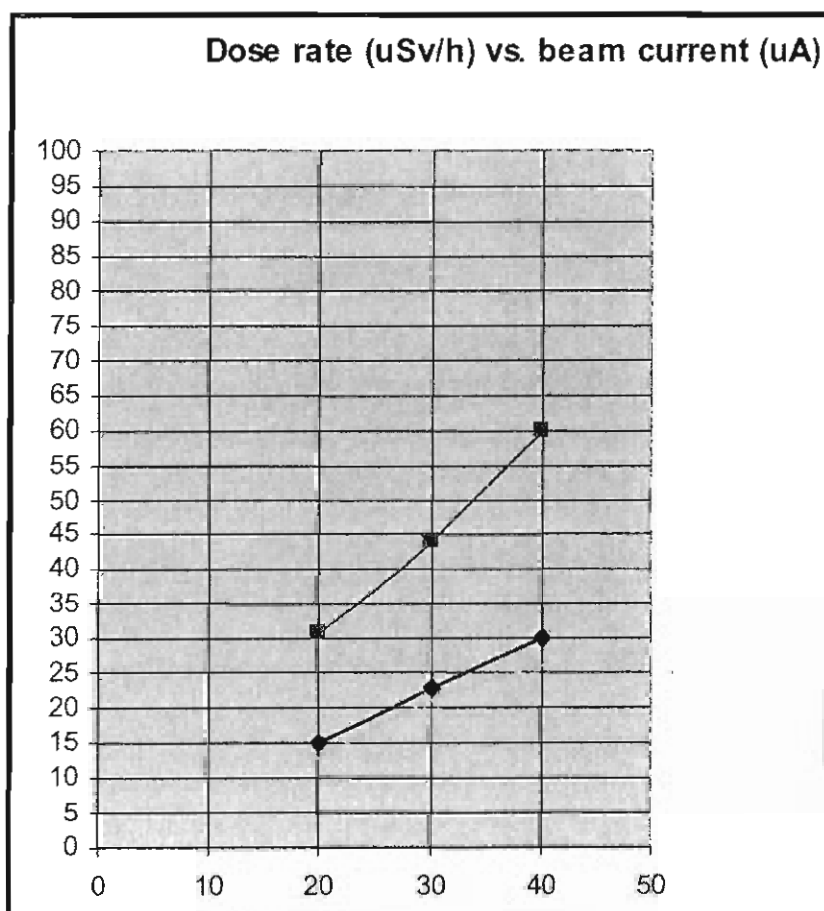


Figura 2: il grafico illustra la dipendenza del dose-rate vs corrente di fascio per tre differenti tipi di strumenti di misura per neutroni e gamma

Uno dei maggiori vantaggi della autoschermatura è il drastico abbattimento del flusso neutronico nell'ambiente con conseguente eliminazione dei problemi connessi con l'attivazione delle pareti del locale, delle attrezzature e dell'aria stessa. I neutroni eventualmente presenti nella stanza del ciclotrone provengono principalmente dalla reazione (p,n) di attivazione dell'ossigeno-18. La autoschermatura è in grado di azzerare completamente l'emissione gamma da 511 keV proveniente dal decadimento β^+ di ^{18}F , ^{13}N e dei prodotti di attivazione delle componenti del target. L'irraggiamento da fotoni gamma nella stanza del ciclotrone è dovuto principalmente a gamma "pronti" di elevata energia, emessi in concomitanza della reazione nucleare (p,n) sul bersaglio ed attenuati per interazione con i diversi materiali che costituiscono la schermatura. Sono state effettuate misure di intensità di equivalente di dose da neutroni e da fotoni, che hanno evidenziato come, durante il funzionamento della macchina (e quindi con gli schermi chiusi) il massimo rateo di dose totale (neutroni e gamma) emergente oltre le barriere risulta confrontabile con i valori di radioattività dovuta al fondo naturale di radiazioni come si evince dai risultati riportati in tabella 1. Le misure di dose-rate sono state effettuate con gli strumenti regolarmente calibrati, il cui corretto funzionamento è stato verificato contestualmente alle misure:

- a) LB6411 BERTHOLD per neutroni;
- b) 451P VICTOREEN per fotoni.

Tutte le misure sono state normalizzate ad una corrente di fascio di $50\mu\text{A}$ per la produzione di F-18 su acqua arricchita (>95%) al fine di poterle comparare con i dati forniti dalla GE e misurati da altri utilizzatori nelle stesse condizioni sperimentali.

Le misure di dose-rate sono state effettuate inizialmente per verificare la tenuta delle pareti del bunker.

Nella tabella 1 sono riportati i valori misurati di rateo di dose nelle posizioni indicate in figura 3:

Punto di misura	Gamma ($\mu\text{Sv/h}$)	Neutroni ($\mu\text{Sv/h}$)
Porta bunker a contatto (punto A)	0,14	0,43
Zona Filtro Locale 13 (punto B)	0,13	0,43
Locali adiacenti ciclotrone (punti C,D,E,F,G)	0,1	0,41
Piano superiore stanza 29	0,1	0,4
Piano superiore stanza 30	0,1	0,4
Piano superiore stanza 31	0,11	0,41

Tabella 1: punti di misura e valori

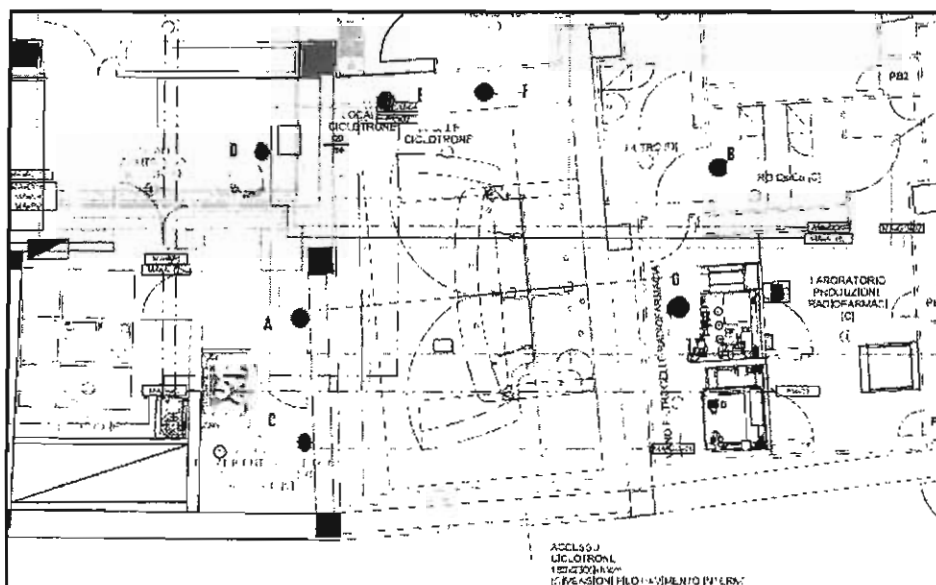


Figura 3: Punti di misura del rateo di dose

Il valore iniziale della corrente di fascio è stato portato da un valore iniziale non superiore a $20\mu\text{A}$ fino al valore massimo consentito. I punti esterni al bunker (indicati nella planimetria) per una corrente di fascio di $50\mu\text{A}$ corrispondono ai punti in cui è atteso il massimo rateo di dose, che è risultato non distinguibile dal fondo ambientale (sia per ciò che concerne la radiazione fotonica che per quella neutronica). Confrontando i valori misurati con quelli riportati sulle mappe di rateo di dose della GE Healthcare si osserva che i dati sono sistematicamente inferiori di circa $1/3$ in media. La ragione di questa migliore tenuta dell'autoschermo rispetto a quella riportata dalla GE ed ipotizzata in fase di progetto, è probabilmente dovuta alla maggiore quantità di boro aggiunta nei liquidi di riempimento dei contenitori utilizzati per costruire l'autoschermo.

Ciò conferma l'ottima tenuta delle pareti del bunker.

Per verificare la tenuta dell'auto-schermatura sono state inoltre effettuate inoltre misure di dose-rate (come sopra specificato) sia di fotoni che di neutroni ad un metro perpendicolarmente alla superficie dell'autoschermo nelle posizioni di seguito indicate con delle lettere (figura 4).

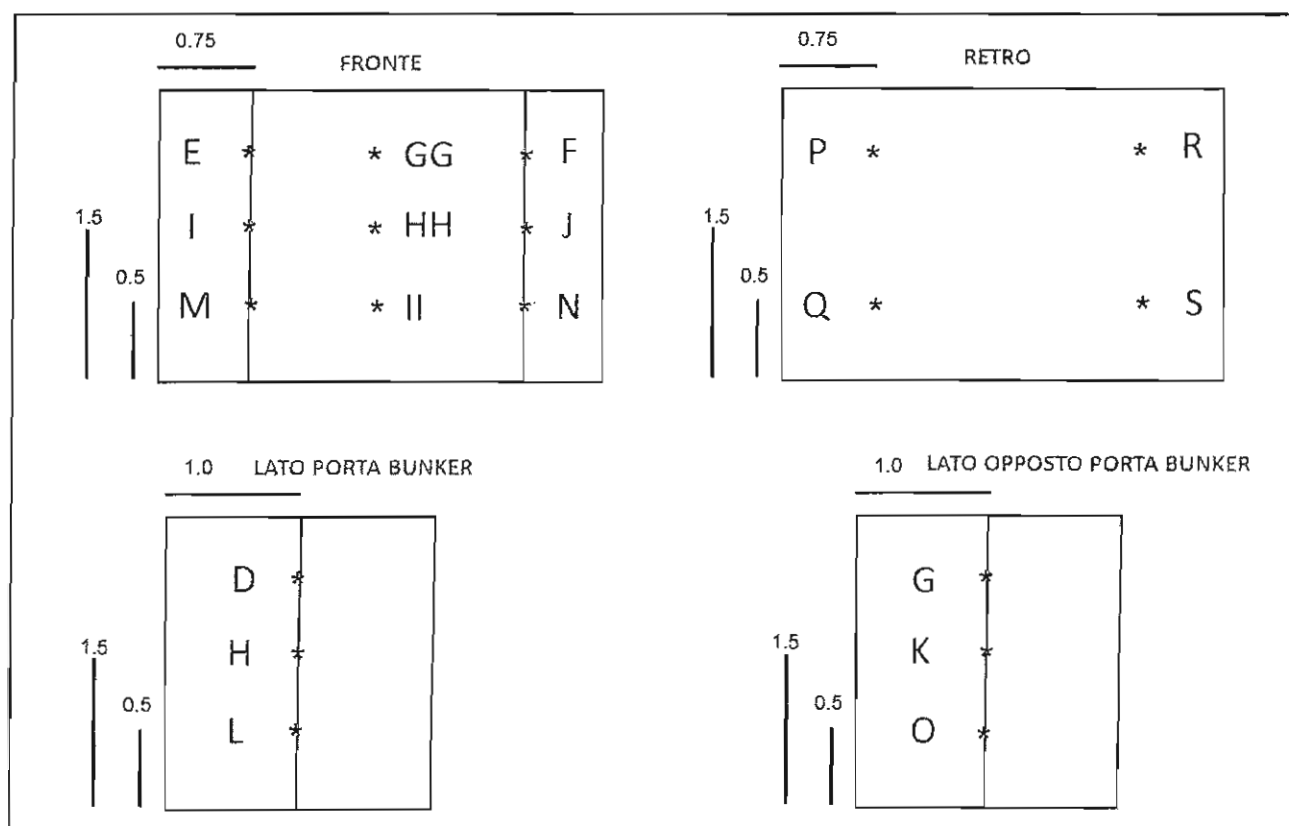


Figura 4: lettere punti misura

I valori di dose-rate misurati sono riportati in $\mu\text{Sv/h}$ in tabella 2.

Posizione	Punto	FOTONI ($\mu\text{Sv/h}$)	NEUTRONI ($\mu\text{Sv/h}$)
Fronte	E	13	4.3
	I	16	5
	M	17	7
	GG	13	4
	HH	17	3.5
	II	16	2
	F	11	1.4
	J	13	1
	K	15	3
Retro	P	6	1
	Q	10	1.1
	R	2	1.1
	S	6	1.5
Lato porta bunker	D	4	3
	H	10	2
	L	11	10
Lato opposto porta bunker	G	1	1
	K	2	1
	O	2	1.2

Tabella 2: misure su schermatura del ciclotrone

Con la strumentazione FW Bell mod.5070 "GAUSS/TESLAMETER" sono stati verificati i valori del campo magnetico con il ciclotrone in funzione. Tali misure sono state eseguite sia all'esterno dei locali del bunker ciclotrone sia negli ambienti dei piani sovrastanti posizionandosi negli stessi punti di misura scelti per le verifiche di dose rate e riportati in figura 3. Il valore letto di 0.2 mT è confrontabile con i valori di fondo ambientale e testimonia la perfetta tenuta delle barriere rispetto al campo magnetico.

PROVA DI TENUTA DELLE BARRIERE E DELLE CELLE

Nell'ambito dei test di accettazione effettuati dal personale tecnico GE sui target del ciclotrone, sono state effettuate le prove di tenuta delle barriere radio protezionistiche.

Nella tabella 3 sono riportati i parametri inerenti i bombardamenti effettuati per la produzione dei traccianti:

Tracciante	Data	Emivita	Corrente Fascio	Tempo Bombardamento	Ora	Attività	Comments
	[min]	[min]	[μA]	[min]	[hh:mm:ss]	[GBq]	
¹³ N Standard	22/03/2011	9.965	24	25	13:18:33	3.70	Acceptance Test Target 5
¹⁸ F GEN-II	20/03/2011	109.7	47	60	17:21:31	61.54	Acceptance Test Target 1
¹⁸ F GEN-II	21/03/2011	109.7	47	60	11:34:20	58.49	Acceptance Test Target 4
¹¹ C dir	23/03/2011	20.35	33	40	17:19:44	36.91	Acceptance Test Target 2
¹¹ C pur	24/03/2011	20.35	33	40	16:30:15	24.69	Acceptance Test Target 2
¹⁵ O-H ₂ O	30/03/2011	2.05	33	10	12:20:18	1.31	Acceptance Test Target 3

Tabella 3: parametri di produzione traccianti

In prima istanza è stato effettuato un bombardamento al fine di produrre F18 il quale è stato inviato alle celle di manipolazione FDG nella zona celle e Theodorico. In tale ambito è stata verificata l'efficacia delle barriere radioprotezionistiche disposte lungo le linee di trasferimento e sui pozzetti di smistamento del tracciante prodotto.

È stata verificata la tenuta dei portelli delle celle BBS, Theodorico Pet Dose, MIP convogliando l'F18 prodotto attraverso i capillari in due raccoglitori all'interno della cella. E' stata inoltre verificata la tenuta della cella effettuando misure di rateo di dose nella zona antistante la cella, a contatto con le pareti della cella stessa, al di sopra ed al di sotto della cella, nonché nei locali retro cella. I risultati delle misure sono contenuti nelle tabelle allegate e confermano la perfetta tenuta delle barriere predisposte ai fini radioprotezionistici.

E' stato inoltre verificato il bloccaggio della porta del Theodorico qualora sia riscontrata la presenza di un radiofarmaco.

Si è verificato anche il funzionamento del Giro di Ronda testando ogni interruttore a fungo ed ogni dispositivo di sicurezza come riportato nelle prove allegate.

Successivamente si è testato il sistema di sicurezza che impedisce l'accensione del fascio qualora l'autoschermo del ciclotrone non sia perfettamente chiuso, riscontrandone la perfetta funzionalità.

Sono stati inoltre testati i sistemi di comunicazione, video monitoraggio e di segnalazione ottico acustica presenti all'interno ed all'esterno del bunker sia con prove di funzionamento dirette che con simulazioni di incidente ed effettiva possibilità di rilevamento di personale intrappolato in ogni posizione all'interno del bunker e comunicazione con i locali esterni.

Infine è stata verificata la funzionalità dei contaminometri "mani-piedi" mod. LEONARDO, in prima istanza verificando i valori di background dei rivelatori in assenza di sorgenti radioattive e successivamente ponendo una sorgente in prossimità di ogni rivelatore e verificando che il sistema rilevi tale contaminazione facendo scattare gli allarmi di contaminazione visivo ed acustico del distretto anatomico di interesse.

E' stata effettuata una prova anche del sistema di regolazione delle pressioni e delle elettrovalvole presenti in ciascuna cella simulando una contaminazione ambientale e verificando che il sistema inibisca l'immissione di aria ed attivi il sistema di aspirazione contenendo l'eventuale contaminazione.

SETTORE RICERCA E SVILUPPO

Per effettuare i test di verifiche radio protezionistiche nella Zona Ricerca è stato fatto un delivery di circa 200 mCi verso le celle del settore ricerca, misurando il rateo di dose nelle posizioni indicate in figura 5.

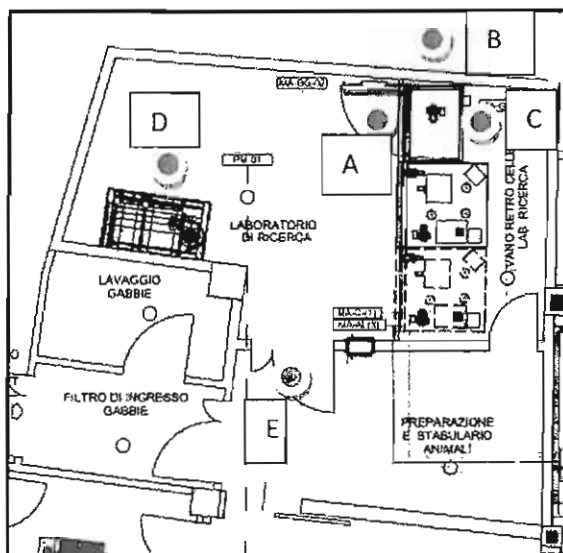


Figura 5: punti di misura

I risultati delle misure sono riportati nella tabella 4

Radionuclide: ^{18}F

Attività: 200 mCi

Posizione	Rateo di dose ($\mu\text{Sv/h}$)
A	7
B	1
C	0,2
D	0,2
E	0,2

Tabella 4: valori e posizioni di misura ^{18}F

Contaminazione superfici di lavoro $< 1 \text{ KBq/cm}^2$

Con la Camera a ionizzazione posizionata al di sopra del pozzetto dove il radioattivo prodotto viene smistato, locale 12, si è misurato il rateo di dose rilevando un valore pari a $2 \mu\text{Sv/h}$ riscontrando la perfetta tenuta delle schermature delle linee di trasferimento e del pozzetto stesso. Una ulteriore misura di rateo di dose è stata effettuata all'interno del locale celle di ricerca, misurando un valore massimo di $7 \mu\text{Sv/h}$ in corrispondenza dell'apertura della cella di manipolazione relativa alla mano

Destra (punto 1 figura 6) .



Figura 6: punto di misura

Nello stesso ambito sono state effettuate misure anche nel locale retro cella, punto C figura 5, riscontrando un valore massimo di $0,5 \mu\text{Sv/h}$.

Tali misure confermano la perfetta tenuta delle barriere predisposte e delle schermature delle celle di manipolazione. Tutte le prove di tenuta sono state ripetute effettuando un delivery di N13, di C11 e di O15 riscontrando anche in questi l'efficacia dei presidi radio protezionistici adottati.

I valori misurati sono riportati nelle seguenti tabelle:

Radionuclide: 13N

Attività: 200 mCi

Posizione	Rateo di dose ($\mu\text{Sv/h}$)
A	4
B	1
C	0.3
D	0,2
E	0,2

Tabella 5: valori e posizioni di misura 13N

Radionuclide: 11C

Attività: 200 mCi

Posizione	Rateo di dose ($\mu\text{Sv/h}$)
A	6
B	1.2
C	0.4
D	0.3
E	0,2

Tabella 6: valori e posizioni di misura 11C

Radionuclide: 150**Attività: 30 mCi**

Posizione	Rateo di dose ($\mu\text{Sv/h}$)
A	0,3
B	0,12
C	0,2
D	0,12
E	0,11

Tabella 7: valori e posizioni di misura 150

Successivamente sono stati effettuati test di funzionamento sulle sonde Geiger-Muller installati in vari punti del laboratorio, evidenziati in figura 7, utilizzando una sorgente di ^{137}Cs posta in prossimità dei suddetti rivelatori.

I risultati della prova sono riportati nella tabella 8:

Progressivo Contatore Geiger	Posizione	Preallarme (luci)	Allarme (luci + acustico)
2	Cella Lab. Ricerca	ok	ok
3	Retro Cella	ok	ok
4	neutroni	ok	ok
5	interno ciclotrone	ok	ok
6	Controllo Qualità	ok	ok
7	Retro Cella manipolazione FDG	ok	ok
8	Celle manipolazione FDG	ok	ok
9	Passapreparati	ok	ok
10	ingresso 1	ok	ok
11	ingresso 2	ok	ok
12	Locale Pet-TC	ok	ok

Tabella 8: risultati test Geiger-Muller

REGIME DELLE DEPRESSIONI

Il criterio di progettazione ed implementazione dell'impianto di condizionamento comprende la realizzazione di valori di depressione, specifici per ogni locale, in modo da confinare eventuali contaminazioni aeriformi e contemporaneamente garantire la protezione degli operatori e della popolazione dal rischio di inalazione di eventuale radioattività indotta in aria.

Nella Tabella 9 sono riportati, ai soli fini radioprotezionistici, i livelli di depressione per ogni singolo locale.

<i>LOCALE</i>	<i>AMBIENTE</i>	<i>DEPRESSIONE MISURATA Pascals</i>	<i>DEPRESSIONI PREVISTE Pascals</i>
1	CICLOTRONE	-47	-40
30	LAVAGGIO GABBIE	-25	-20
31	LAB.RICERCA	-5 (-30)	0 (-35)
3	LOC.ACCU.DEC.RIF.RADIATTIVO	-35	-35
4	CONTROLLO COMANDO CICLOTRONE	-15	-10
8	DECONTAMINAZIONE (zona Produz.)	-20	-20
7	FILTRO INGRESSO LABORATORIO	-10	-10
29	FILTRO INGRESSO GABBIE	-10	-10
33	PREP. STABULARIO	-10	-10
34-35	COMANDI MICROPET e MICROPET	-10	-10
36	DEPOS.RIFIUTI RADIOATTIVI	-20	-20
32	RETRO CELLA LAB. RICERCA	-10 (-30)	-10 (-35)
2	LOCALE TECNICO CICLOTRONE	-25	-25
24	FILTRO INGRESSO RIC.	-10	-10
27	DECONTAMINAZIONE (zona Micropet)	-19	-20
9	INGRESSO FILTRO	-15,9	-20
10	LABORATORIO QUALITA'	-26,8	-25
11	FILTRO D	-30,2	-30
12	SECONDO FILTRO D	-33,5	-30
13	FILTRO C	-22,5	-10
14	LABORATORIO PRODUZIONE	0,3	0
15	RETROCELLE	-22,1	-20
16	STOCCAGGIO MATERIE PRIME	-9,8	-10
17	FILTRO LOCALI MATERIE PRIME	-18,3	-20
18	FILTRO PRODOTTI FINITI	-20,5	-20
19	LOCALE SPEDIZIONI	-9,5	-10

Tabella 9: valori delle depressioni

*(In caso di incidente il sistema comanda la chiusura completa i canali di immissione / espulsione dell'aria e riduce automaticamente i ricambi orari, garantendo un valore di depressione maggiore e riportato in tabella tra parentesi)

CALIBRATORI DI DOSE E PRESIDI RADIOPROTEZIONISTICI

Nell'ambito delle verifiche effettuate si è proceduto al controllo del regolare funzionamento e dei certificati di taratura dei calibratori di dose, delle sonde Geiger, dei contatori mani/piedi/vesti e dei rivelatori ambientali presenti nel sito.

Zona	Apparecchiatura	Data di taratura
Celle e Theodorico	Geiger ambientale locale celle	14/10/2009
Celle e Theodorico	Geiger ambientale locale retro-celle	14/10/2009
Celle e Theodorico	Cella BBS Geiger interno	22/03/2010
Celle e Theodorico	Cella BBS Geiger esterno	22/03/2011
Celle e Theodorico	Theodorico Geiger interno	17/10/2009
Celle e Theodorico	Theodorico Geiger interno autoclave	17/10/2009
Celle e Theodorico	Calibratore di dose 5 Ci	5/2/2010
Celle e Theodorico	Calibratore di dose 1 Ci	5/3/2010
Zona Controlli di qualità	Geiger ambientale locale CQ	15/10/2009
Zona Controlli di qualità	Monitor mani/piedi/vesti Leonardo	1/12/2010
Zona Ciclotrone	Rivelatore per neutroni porta bunker	1/3/2009
Zona Ciclotrone	Geiger ambientale locale Bunker	14/10/2009
Zona Ricerca	Monitor mani/piedi/vesti Leonardo	1/12/2010
Zona Ricerca	Geiger ambientale locale celle	14/10/2009
Zona Ricerca	Geiger ambientale locale retro-celle	14/10/2009
Zona Ricerca	Cella Manuela Geiger interno	22/03/2010
Zona Ricerca	Cella Manuela calibratore di dose	9/4/2010
Zona Ricerca	Cella MIP Geiger interno	11/1/2011
Zona Ricerca	Cella MIP Geiger esterno	22/03/2010
Zona Micro-PET	Geiger ambientale locale Micro-PET	14/10/2009
Camino	Geiger ambientale CAMINO ESP 1	14/10/2009
Camino	Geiger ambientale CAMINO ESP 2	15/10/2009

Tabella 10: strumenti e date di taratura

APPARECCHIATURE AD ALTO CONTENUTO TECNOLOGICO

Di seguito sono illustrate le logiche di funzionamento e i dispositivi di sicurezza predisposti riguardanti:

1. Porta del bunker ciclotrone
2. Porte delle celle
3. Stazione di compressione dei gas ACS
4. Sistema di monitoraggio ario

1) Logica Di Apertura/Chiusura Della Porta

E' possibile aprire la porta se:

- non vi sono ostacoli tra le due cellule fotoelettriche
- la radiazione interna al bunker è inferiore al valore impostato
- si attiva l'interruttore di apertura di emergenza dall'interno
- il ciclotrone non è nella condizione di beam on;
- manualmente in caso di emergenza
- In caso d'apertura accidentale della porta durante l'irraggiamento, quest'ultimo sarà interrotto.

E' possibile chiudere la porta se:

- *) Non vi è presenza di persone all'interno del Bunker
- *) Si è eseguito nell'ordine e nel tempo stabilito il giro di ronda
- *) Non vi sono ostacoli dietro la costola meccanica

2) Logica di apertura porte delle celle

Si possono aprire le celle se:

- *) La radioattività all'interno, misurata tramite Geiger-Muller, non supera il valore prefissato
- *) Nel caso di porta aperta o allarme depressione insufficiente il delivery non è permesso

3) Logica di funzionamento automatico "ACS" stazione di compressione gas

ACS entra in funzione se:

- *) L'ACS può essere attivata manualmente dall'operatore
- *) L'ACS si attiva automaticamente nel caso di presenza di radioattività, misurata tramite Geiger-Muller, superiore alla soglia impostata nel condotto di estrazione aria delle celle collegate
- *) All'attivazione dell'ACS si chiudono le valvole di immissione ed estrazione aria delle celle di sintesi e si apre la valvola che convoglia i gas contaminati alle bombole

4) Logica di funzionamento del sistema monitoraggio ambiente/aria

Uscite da concentratore per interfaccia con altri sistemi:

- *) blocco apertura porta bunker in caso di superamento soglia impostata del geiger installato all'interno del locale bunker.
- *) blocco ventilazione camino di espulsione 1, ACOTEC, in caso di superamento soglia impostata del geiger installato nel camino corrispondente.
- *) blocco ventilazione camino di espulsione 2, BOGGIA, in caso di superamento soglia impostata del geiger installato nel camino corrispondente.
- *) Modifica ventilazione nel locale RADIOFARMACI, in caso di superamento soglia impostata del geiger installato nel locale, la pressione differenziale da positiva passa a negativa, per confinare la contaminazione nel locale radiofarmacia.
- *) Modifica ventilazione nel locale Ricerca, in caso di superamento soglia impostata del geiger installato nel locale, la pressione differenziale da positiva passa a negativa, per confinare la contaminazione nel locale ricerca.

TEST EFFETTUATI

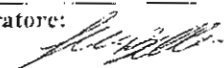
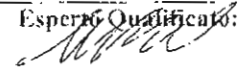
Di seguito sono riportati i resoconti sintetici dei test effettuati in loco in cui sono descritti:

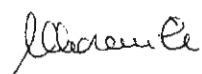
- L'oggetto della prova
- Lo scopo finale del test
- Le modalità di esecuzione
- I risultati del test sia in termini qualitativi che quantitativi, ove previsto.
- Eventuali commenti o note rilevate durante l'esecuzione

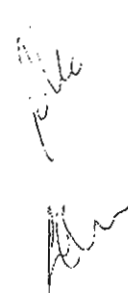
Tutte le prove sono state eseguite in presenza del personale tecnico addetto all'installazione ed alla manutenzione temporanea delle apparecchiature, dell'Esperto Qualificato e dell'Esperto Responsabile che prenderanno in carico le attività di radioprotezione successivamente, del Direttore dei Lavori i quali hanno controfirmato i risultati stessi per presa visione.

ELENCO PROVE A CALDO DA EFFETTUATE PRESSO CICLOTRONE DEL CROM DI MERCOGLIANO


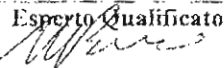
Test 1

Oggetto	Controllo sequenza giro di ronda	
Scopo	Verificare che il ciclotrone non raggiunga la condizione di azionamento del fascio se la sequenza di ispezione e chiusura porta non viene completata correttamente	
Modalità di prova	Si effettua la sequenza in modo volutamente incorretto, lasciando non azionato a turno ciascuno degli interruttori in successione e lasciando la porta aperta. Andrebbe compilata una scheda per ogni prova.	
Interruttore CHIAVE 1	Aperto <input checked="" type="checkbox"/>	Chiuso <input type="checkbox"/>
Interruttore CHIAVE 2	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 1	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 2	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 3	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Risultato:	LA PORTA NON SI CHIUDE	
Osservazioni:		
Data:	Operatore:	Espresso Qualificato:
10/3/2011		

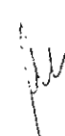




Test 2

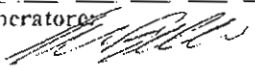
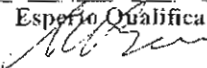
Oggetto	Controllo sequenza giro di ronda	
Scopo	Verificare che il ciclotrone non raggiunga la condizione di azionamento del fascio se la sequenza di ispezione e chiusura porta non viene completata correttamente	
Modalità di prova	Si effettua la sequenza in modo volutamente incorretto, lasciando non azionato a turno ciascuno degli interruttori in successione e lasciando la porta aperta. Andrebbe compilata una scheda per ogni prova.	
Interruttore CHIAVE 1	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore CHIAVE 2	Aperto <input checked="" type="checkbox"/>	Chiuso <input type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 1	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 2	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 3	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Risultato:		
Osservazioni:		
Data: 10/5/2011	Operatore: 	Esperto Qualificato: 

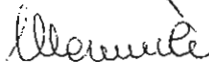


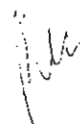




Test 3

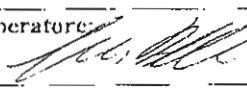
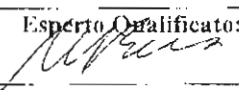
Oggetto	Controllo sequenza giro di ronda	
Scopo	Verificare che il ciclone non raggiunga la condizione di azionamento del fascio se la sequenza di ispezione e chiusura porta non viene completata correttamente	
Modalità di prova	Si effettua la sequenza in modo volutamente incorretto, lasciando non azionato a turno ciascuno degli interruttori in successione e lasciando la porta aperta. Andrebbe compilata una scheda per ogni prova.	
Interruttore CHIAVE 1	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore CHIAVE 2	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 1	Aperto <input checked="" type="checkbox"/>	Chiuso <input type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 2	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 3	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Risultato:		
Osservazioni:		
Data: 10/3/2011	Operatore: 	Esperito Qualificato: 

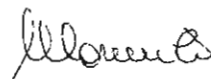


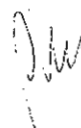




Test 4

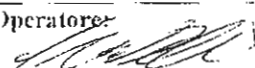
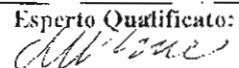
Oggetto	Controllo sequenza giro di ronda	
Scopo	Verificare che il ciclotrone non raggiunga la condizione di azionamento del fascio se la sequenza di ispezione e chiusura porta non viene completata correttamente	
Modalità di prova	Si effettua la sequenza in modo volutamente incorretto, lasciando non azionato a turno ciascuno degli interruttori in successione e lasciando la porta aperta. Andrebbe compilata una scheda per ogni prova.	
Interruttore CHIAVE 1	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore CHIAVE 2	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 1	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 2	Aperto <input checked="" type="checkbox"/>	Chiuso <input type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 3	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Risultato:		
Osservazioni:		
Data: 10/3/2011	Operatore: 	Esperto Qualificato: 



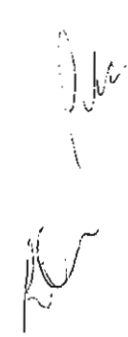




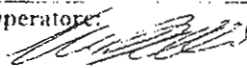
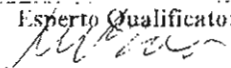
Test 5


Oggetto	Controllo sequenza giro di ronda	
Scopo	Verificare che il ciclotrone non raggiunga la condizione di azionamento del fascio se la sequenza di ispezione e chiusura porta non viene completata correttamente	
Modalità di prova	Si effettua la sequenza in modo volutamente incorretto, lasciando non azionato a turno ciascuno degli interruttori in successione e lasciando la porta aperta. Andrebbe compilata una scheda per ogni prova.	
Interruttore CHIAVE 1	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore CHIAVE 2	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 1	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 2	Aperto <input type="checkbox"/>	Chiuso <input checked="" type="checkbox"/>
Interruttore FUNGO 3	Aperto <input checked="" type="checkbox"/>	Chiuso <input type="checkbox"/>
Risultato:		
Osservazioni:		
Data:	Operatore:	Esperto Qualificato:
10/3/2011		

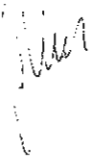






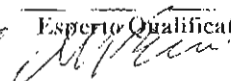
Test 6

Oggetto	Controllo sistema di comunicazione	
Scopo	Verificare che il sistema TV permetta di ispezionare visivamente il bunker chiuso; Verificare che un operatore entro il bunker possa comunicare con l'esterno;	
Modalità di prova	Un operatore rimane nel bunker mentre questo viene chiuso eseguendo correttamente la sequenza di chiusura; dalla consolle di comando del ciclotrone si esegue un'ispezione visiva dal monitor TV; l'operatore deve risultare visibile in ogni posizione. Verificare che l'operatore possa comunicare per mezzo del citofono e/o dei sistemi disponibili.	
Ispezione monitor TV	Operatore visibile <input checked="" type="checkbox"/>	Operatore non visibile <input type="checkbox"/>
Contatto Citofono	Funzionante <input checked="" type="checkbox"/>	Non Funzionante <input type="checkbox"/>
Osservazioni:		
Data:	Operatore:	Esperto Qualificato:
10/3/2011		

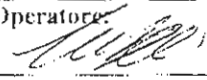
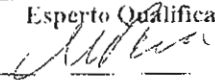


Test 7

Oggetto	Controllo segnalatori luminosi ed acustici	
Scopo	Verificare in condizione di accensione dei sottosistemi si attivino le segnalazioni luminose ed acustiche	
Modalità di prova	Si osservano i segnalatori luminosi ed acustici e si verifica, all'interno di ogni procedura, la loro corretta attivazione	
Irraggiamento	Operatore visibile <input checked="" type="checkbox"/>	Operatore non visibile <input type="checkbox"/>
Magnete on	Funzionante <input checked="" type="checkbox"/>	Non Funzionante <input type="checkbox"/>
RF on	Funzionante <input checked="" type="checkbox"/>	Non Funzionante <input type="checkbox"/>
Osservazioni:		
Data:	Operatore:	Esperto Qualificato:
10/3/2011		

Test 8

Oggetto	Controllo del funzionamento dei rivelatori per radiazioni gamma e della centralina del sistema di misura.		
Scopo	Verificare che tutti i rivelatori gamma siano operativi		
Modalità di prova	Utilizzando una sorgente di riferimento di ^{137}Cs ci si avvicina a ciascun rivelatore. Si deve verificare l'attivazione della segnalazione luminosa ed acustica tenendo conto del tempo di risposta. Si deve inoltre verificare che il software di controllo su PC registri correttamente l'evento		
Rivelatore 1	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 2	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 3	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 4	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 5	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 6	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 7	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 8	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 9	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 10	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Rivelatore 11	Acustica <input checked="" type="checkbox"/>	Luminosa <input checked="" type="checkbox"/>	Registrazione software <input checked="" type="checkbox"/>
Risultato:			
Osservazioni:	Verificata la corrispondenza dei valori del rateo di dose letto sui contatori Geiger.		
Data:	Operatore:	Esperto Qualificato:	
10/3/2011			

TEST 9 NON PRESENTE

Test 10

Oggetto	Controllo della rispondenza delle barriere protettive rispetto ai criteri di progetto
Scopo	Verificare che nei locali adiacenti e/o all'esterno del bunker del ciclotrone, l'intensità di equivalente di dose non sia superiore ai livelli previsti
Modalità di prova	Avviare il ciclotrone in condizioni peggiorative rispetto al normale funzionamento (MeV, corrente e target disponibili) e comunque testando diverse configurazioni. Utilizzando un rivelatore di radiazioni gamma/neutroni, misurare il livello di equivalente di dose in una serie di posizioni prestabilite a circa 100 cm dalla barriera.
Punti di misura	<ul style="list-style-type: none"> A contatto con la porta schermata del ciclotrone Locale 13 zona filtro Locali adiacenti al ciclotrone Piano superiore stanza 29 Piano superiore stanza 30 Piano superiore stanza 31

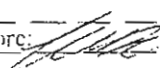
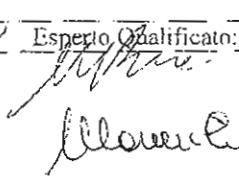
Posizione	Int.Eq.Dose gamma ($\mu\text{Sv/h}$)	Int.Eq.Dose neutroni ($\mu\text{Sv/h}$)	note
1	0,14	0,43	VALORE DI FONDO
2	0,13	0,43	//
3	0,1	0,41	//
4	0,1	0,40	//
5	0,1	0,40	//
6	0,11	0,41	//

Data 7/13/2011

Operatore:

Esperto Qualificato:

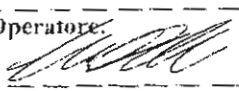
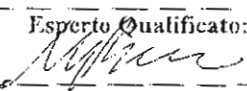
Test 11

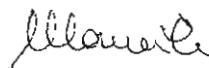
Oggetto	Controllo tenuta linee di trasferimento dei prodotti radioattivi e dell'efficacia delle barriere protettive lungo il percorso.
Scopo	Verificare che le linee di trasferimento e le relative valvole siano a tenuta; misurare la massa di trasferimento per i materiali bersaglio liquidi; Verificare il rateo di dose lungo le linee di trasferimento nel percorso ciclotrone-celle di manipolazione
Modalità di prova	<ul style="list-style-type: none"> Per ogni linea di trasferimento: dalla stazione di controllo del ciclotrone si pressurizza la linea e si procede al delivery verso le celle di manipolazione; Si verifica che non ci siano perdite lungo il percorso Con una camera a ionizzazione si misura il rateo di dose lungo il percorso e sopra i pozzetti;
Risultati della prova	<p>LINEE DI TRASFERIMENTO OK</p> <p>RATEO DI DOSE VERBALE AL FONDO AMBIENTALE</p> <p>BARRIERE E LINEE EFFICACI</p>
Osservazioni:	
Data: 20/3/2017	Operatore:  Esperto Qualificato: 

Lin

Lin

Test 12

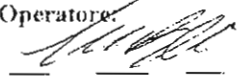
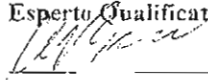
Oggetto	Controllo Interlock autoschermatura ciclotrone		
Scopo	Verificare che se l'autoschermatura del ciclotrone non è chiusa correttamente non è possibile lo stato di "beam on"		
Modalità di prova	<p>Prova a: si lasciano aperte le schermature, in modo che non vi sia il contatto degli switch; dal software del ciclotrone procedere con l'accensione del bias. Verificare che non sia possibile accendere il bias e che sulla pagina Interlocks sia evidenziata in giallo la voce Shields</p> <p>Prova b: si chiudono le schermature e si preme il pulsante a livello di cabinet del ciclotrone indicato con "BEAM ENABLE RESET"; dal software del ciclotrone procedere con l'accensione del bias. Verificare che sia possibile accendere il bias e che sulla pagina Interlocks sia evidenziata in blu la voce Shields</p>		
Risultati	Prova a:	OK <input checked="" type="checkbox"/> Y	NON OK
	Prova b:	OK <input checked="" type="checkbox"/> X	NON OK
Osservazioni:			
Data:	Operatore:	Esperto Qualificato:	
10/3/2011			



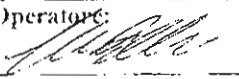
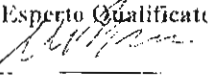


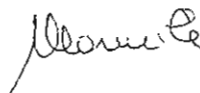


Test 13

Oggetto	Controllo raggiungimento delle depressioni nel bunker		
Scopo	Verificare che se il valore soglia di depressione non viene raggiunto, non è possibile procedere all'attivazione del fascio		
Modalità di prova	Si procede simulando una depressione non corrispondente alla soglia impostata e si verifica che sia impossibile procedere all'attivazione del fascio		
Risultati	Valore soglia: - 40 Pa Valore impostato: - 40 Pa Prova OK X NON OK		
Osservazioni:			
Data:	Operatore:	Esperto Qualificato:	
10/3/2017			

Test 14

Oggetto	Controllo funzionalità contatore mani-piedi														
Scopo	Verificare che ciascuno dei 4 contatori, 2 per le mani e 2 per i piedi, rilevi la presenza di una eventuale contaminazione														
Modalità di prova	Si procede simulando una contaminazione per ogni contatore utilizzando una sorgente posta su ogni contatore. Verificare che il contatore rilevi la contaminazione e dia il segnale di allarme														
Risultati	<table border="0"> <tr> <td>Contatore Mano destra:</td> <td>OK X</td> <td>NON OK</td> </tr> <tr> <td>Contatore Mano sinistra:</td> <td>OK X</td> <td>NON OK</td> </tr> <tr> <td>Contatore piede destro:</td> <td>OK X</td> <td>NON OK</td> </tr> <tr> <td>Contatore piede sinistro:</td> <td>OK X</td> <td>NON OK</td> </tr> </table>			Contatore Mano destra:	OK X	NON OK	Contatore Mano sinistra:	OK X	NON OK	Contatore piede destro:	OK X	NON OK	Contatore piede sinistro:	OK X	NON OK
Contatore Mano destra:	OK X	NON OK													
Contatore Mano sinistra:	OK X	NON OK													
Contatore piede destro:	OK X	NON OK													
Contatore piede sinistro:	OK X	NON OK													
Osservazioni:															
Data:	Operatore:	Esperto Qualificato:													
10/3/2017															







Test 15

Oggetto	Verifica del campo magnetico		
Scopo	Verificare i valori previsti per il campo magnetico in fase progettuale, siano rispondenti ai valori rilevati utilizzando apposita strumentazione		
Modalità di prova	Si procede collocando un gassometro-teslametro lungo le linee di isodose del campo magnetico disegnate sul progetto e si verificano i valori riportati.		
Risultati	Valore previsto: 0,1 mT Valore rilevato: 0,1 mT		
Osservazioni:	VALORI CONFORMI AI VALORI PROGETTUALI		
Data:	Operatore:	Esperto Qualificato:	
10/3/2017	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	

[Signature]

[Signature]
[Signature]

TEST DI ACCETTAZIONE PET-CT

GE MOD. TRIUMPH DUAL-MODALITY SYSTEM

Nell'ambito delle verifiche ai fini della radioprotezione sono stati effettuati i test di accettazione relativi alla PET-CT mod. TRIUMPH della GE installata presso il CROM.

I parametri tecnici della macchina sono riportati nella tabella 11:

Numero di sistema	C5140602
Serial Number	GR0135
System ID:	C5140602
x-ray tube S/N	214677
Geiger Counter S/N	2204-049
Nxt Calibration Date	17/09/2010

Tabella 11: parametri tecnici pet-CT

I risultati delle prove sono riportati nelle tabelle 12, 13, 14:

Tube S/N: 214677		Detector S/N: C7942GK-22	
Specifications		Criteria	Obtained Value
Reconstructed image uniformity	1" water phantom @COR with default setting	<5%	3.167%
Spatial Resolution: regular x-ray tube (50-75µm)	50µm tungsten wire phantom at default setting (1.3x)	<180 µm	~180 µm

Tabella 12: performance controlli su CT

Specifications		Criteria			Obtained Value		
Sensitivity	0.25mm Na-22 solid point source	> 1.2% with Na-22 point source			1.04% with F-18 liquid phantom - pass		
	or F-18 point source	~1% with other replacement liquid phantom					
Uniformity with 1" phantom	Single bed position at default setting, trans-axial and coronal slices	≤ 8%			5.4%		
Spatial Resolution	0.25mm solid point source	x	y	z	x	y	z
	Multiple trans-axial resolution point tests.	≤ 1.8mm			Used visual assessment of the ultra deluxe phantom: 1.35mm rods separable -pass		
		≤ 1.8mm					

Tabella 13: performance controlli su PET

Specifications	Criteria	Obtained Value
PET/CT Fusion Protocol	< 0.5 mm offset	<0.2mm

Tabella 14: performance controlli Dual Modality Image Fusion

Conclusioni inerenti i test di accettazione della PET-CT

Il Sistema PET-CT ha superato positivamente tutti i test effettuati. Le misure della risoluzione spaziale e della sensibilità non sono stati effettuati utilizzando i protocolli standard previsti a causa della mancanza della sorgente puntiforme di Na 22. Una stima della risoluzione spaziale è stata comunque condotta utilizzando un ultra micro Delux phatom indicato per i test di accettazione. Verrà comunque effettuato il test di risoluzione spaziale con sorgente puntiforme di Na 22 non appena sarà disponibile. Per quanto concerne il test della Sensibilità, è stata utilizzata una sorgente di F18 liquido ed i risultati risultano comunque entro le tolleranze previste per il superamento del test. Verrà comunque effettuato il test di sensibilità previsto con sorgente puntiforme di Na 22 non appena sarà disponibile.

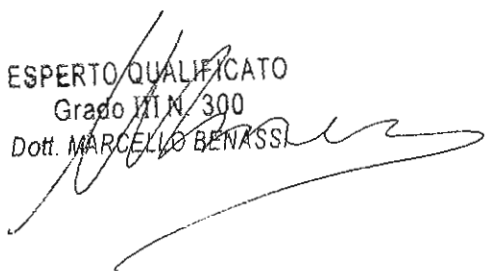
CONCLUSIONI

Nel corso delle misure non sono stati riscontrati in nessuna situazione valori anomali o che si discostino, oltre le incertezze sperimentali, da quelli previsti da progetto.

Visto l'esito positivo delle prove a freddo e a caldo e i risultati della presente relazione si **rilascia il benessere dal punto di vista della radioprotezione.**

Roma 18 Aprile 2011

ESPERTO QUALIFICATO
Grado III N. 300
Dott. MARCELLO BENASSI



Dr. Bellesi Luca
Esperto in Fisica Medica
Esperto Qualificato di III Grado n. 652
Via Vico Consorti 60 - 00127 Roma
CELL: +393291544065

