



Corso di Laurea in Tecniche Di Radiologia Medica, Per Immagini E Radioterapia

# TECNICHE DI DIAGNOSTICA PER IMMAGINI I

## SISTEMI DIGITALI E CONTROLLI DI QUALITÀ

Dott. Raffaele Villa

Anno Accademico 2021-2022

- **Mail:** [raffaele.villa@unimib.it](mailto:raffaele.villa@unimib.it)
- **Ricevimento:** su appuntamento tramite email
  - In remoto
  - In sede Presso S.C. Fisica Sanitaria, Avancorpo settore B, Piano -2.

- Introduzione
- Normativa e Controlli di qualità
- Radioprotezione del paziente:
  - Ottimizzazione
  - Schermature
  - Livelli Diagnostici di Riferimento

# Introduzione

Effettuare i controlli di qualità su TUTTE le apparecchiature radiologiche è un obbligo di legge.

DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020, n. 101.

*Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117. (20G00121) . . . . .*

Abroga

DECRETO LEGISLATIVO 17 marzo 1995, n. 230

*((Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti, 2009/71/Euratom in materia di sicurezza nucleare degli impianti nucleari e 2011/70/Euratom in materia di gestione sicura del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi derivanti da attività civili.))*

**Decreto Legislativo del Governo n. 187 del 26 maggio 2000**

**Attuazione della direttiva 97/43/Euratom in materia di protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse ad esposizioni mediche.**

Effettuare i controlli di qualità su TUTTE le apparecchiature radiologiche è un obbligo di legge.

DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020, n. 101.

*Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117. (20G00121) . . . . .*

3. Il responsabile dell'impianto radiologico, tenendo conto delle indicazioni fornite dallo specialista in fisica medica, provvede affinché, sulle attrezzature medico-radiologiche, siano:

*a)* intrapresi e documentati adeguati programmi di garanzia della qualità, compreso il controllo della qualità. Rientrano in tali programmi anche la valutazione della dose o dell'attività somministrata ai pazienti;

*b)* effettuate e documentate, secondo le norme di buona tecnica applicabili e tenuto conto delle indicazioni fornite dal produttore, le seguenti prove:

- 1) accettazione prima dell'entrata in uso;
- 2) corretto funzionamento a intervalli regolari;
- 3) corretto funzionamento dopo ogni intervento rilevante di manutenzione;

*c)* redatti protocolli di esecuzione di tutte le prove necessarie a esprimere il giudizio di idoneità all'uso clinico.

Art. 163.

*Attrezzature medico-radiologiche (direttiva 59/2013/ EURATOM, articolo 60; decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 187, articoli 7, commi 4, 6, 13, articolo 8, e 9, comma 6).*

5. Lo specialista in fisica medica esprime il giudizio sulla qualità tecnica delle attrezzature medico-radiologiche in relazione ai risultati delle prove di cui al comma 3, lettera *b)*.

6. Il responsabile dell'impianto radiologico esprime il giudizio di idoneità sull'uso clinico delle attrezzature medico-radiologiche, tenendo conto dei risultati del programma di controllo della qualità e delle valutazioni conseguenti effettuate dallo specialista in fisica medica. Nel caso di attrezzature utilizzate per radiologia interventistica, il responsabile dell'impianto acquisisce e tiene conto anche delle valutazioni del medico specialista che svolge la pratica.

7. Le prove di cui al comma 3, lettera *b)*, punto 2), sono effettuate dal tecnico sanitario di radiologia medica o dallo specialista in fisica medica, sulla base delle indicazioni e del protocollo di esecuzione predisposti da quest'ultimo.

### 3 Tipologie di prove:

*b) effettuate e documentate, secondo le norme di buona tecnica applicabili e tenuto conto delle indicazioni fornite dal produttore, le seguenti prove:*

- 1) accettazione prima dell'entrata in uso;
- 2) corretto funzionamento a intervalli regolari;
- 3) corretto funzionamento dopo ogni intervento rilevante di manutenzione;

Lo scopo della prova di accettazione è quello di verificare la conformità dell'impianto alle specifiche contrattuali e la sua idoneità all'uso clinico.

La prova di accettazione viene effettuata presso l'U.O. destinataria dell'apparecchiatura quando:

- è stato installato un nuovo apparecchio;
- sono state apportate importanti modifiche ad un apparecchio esistente, tali da variarne le caratteristiche tecniche.
- La prova di accettazione deve essere eseguita prima dell'entrata in uso dell'apparecchio.
- La prova di accettazione consiste generalmente in una serie di misure dei valori assoluti dei principali parametri funzionali, secondo le modalità descritte da norme ufficiali oppure, qualora ciò non sia possibile, secondo le modalità previste dalla ditta costruttrice.

### 3 Tipologie di prove:

*b) effettuate e documentate, secondo le norme di buona tecnica applicabili e tenuto conto delle indicazioni fornite dal produttore, le seguenti prove:*

- 1) accettazione prima dell'entrata in uso;
- 2) corretto funzionamento a intervalli regolari;
- 3) corretto funzionamento dopo ogni intervento rilevante di manutenzione;

Hanno lo scopo di sorvegliare la costanza delle prestazioni funzionali dell'apparecchio mediante un metodo di prova semplice e rapido da effettuare, che può utilizzare misure di valori relativi o assoluti

Prove di costanza devono essere effettuate:

- immediatamente dopo che una prova di stato ha indicato che la prestazione funzionale dell'apparecchiatura è soddisfacente, per stabilire i valori di riferimento (prova di costanza iniziale)
- ad intervalli regolari, secondo la periodicità prevista nelle specifiche istruzioni operative per tipologia di apparecchiatura
- quando si sospetta un malfunzionamento dell'apparecchio

### 3 Tipologie di prove:

*b) effettuate e documentate, secondo le norme di buona tecnica applicabili e tenuto conto delle indicazioni fornite dal produttore, le seguenti prove:*

- 1) accettazione prima dell'entrata in uso;
- 2) corretto funzionamento a intervalli regolari;

3) corretto funzionamento dopo ogni intervento rilevante di manutenzione;

Hanno lo scopo di stabilire lo stato funzionale dell'impianto in un determinato momento tramite misure di valori relativi o assoluti dei parametri funzionali.

Una prova di stato deve essere eseguita dopo l'effettuazione della prova di accettazione di una nuova apparecchiatura.

La prova di stato iniziale può coincidere in tutto o in parte con la prova di accettazione.

Prove di stato devono essere ripetute quando:

- sono state eseguite regolazioni che possono modificare le caratteristiche tecniche dell'impianto
- sono stati modificati, sostituiti o rimossi componenti o accessori
- il risultato di una prova di costanza risulta fuori dalle tolleranze e necessita di approfondimenti per la definizione della causa del problema.

## Principio di Ottimizzazione

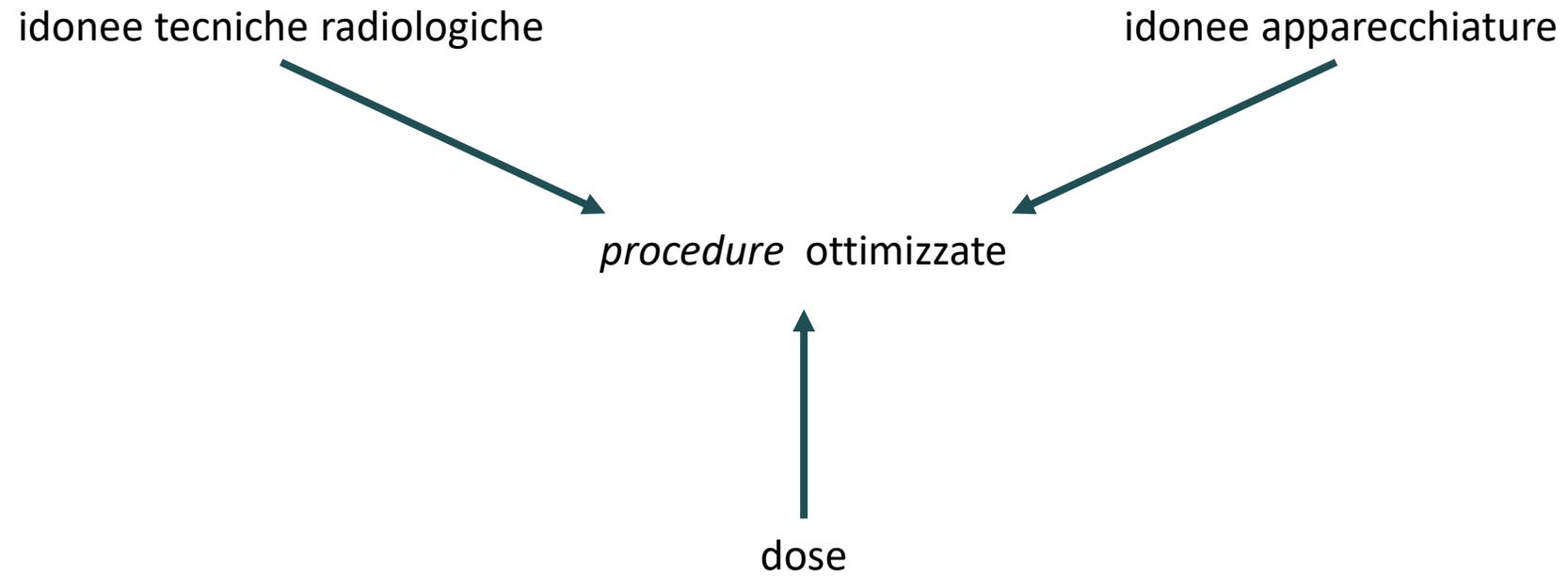
Tutte le dosi dovute a esposizioni mediche per scopi radiologici, ad eccezione delle procedure radioterapeutiche, devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile e compatibile con il raggiungimento della informazione diagnostica richiesta, tenendo conto di fattori economici e sociali.

Questo Riguarda:

- la scelta delle attrezzature,
- la produzione adeguata di un'informazione diagnostica appropriata o del risultato terapeutico,
- la delega degli aspetti pratici,
- i programmi per la garanzia di qualità, inclusi i controlli di qualità,
- l'esame e la valutazione delle dosi o delle attività somministrate al paziente.

- Assicurare il mantenimento delle performance dell'apparecchiatura
- Assicurare che soddisfi i criteri minimi di accettabilità

## Principio di Ottimizzazione



- devono essere predisposti programmi di garanzia e controllo della qualità
- devono essere effettuate prove di accettazione prima dell'entrata in uso delle attrezzature radiologiche e prove di funzionamento a intervalli regolari e dopo ogni intervento rilevante di manutenzione

**(Verifica della rispondenza ai criteri di accettabilità)**

**Obiettivo:** verifica preliminare e periodica delle caratteristiche delle attrezzature che possono influenzare la qualità della prestazione radiologica, per assicurare che le condizioni di funzionamento si mantengano all'interno di tolleranze predefinite

Il programma di garanzia della qualità sulle attrezzature dovrebbe essere progettato in funzione delle applicazioni cliniche cui le attrezzature radiologiche sono dedicate e tenendo conto della situazione del parco-macchina esistente nella struttura.

Deve Comprendere:

- individuazione delle responsabilità (chi fa che cosa, quando, e come lo documenta);
- descrizione della tipologia delle prove, con indicazione delle relative frequenze e degli intervalli di accettabilità dei risultati dei controlli;
- indicazione delle modalità di gestione delle “non conformità”;
- Indicazione delle modalità di registrazione e conservazione dei risultati.

Tolleranze e frequenze delle prove da effettuarsi dovrebbero essere oggetto di attenta riflessione e definite in relazione a:

- applicazioni cliniche cui l'attrezzatura è dedicata dal momento che risultano fortemente condizionate dagli obiettivi di qualità che si intende perseguire
- carico di lavoro dell'apparecchiatura
- criticità dell'elemento testato
- indicazioni delle norme di buona tecnica
- Istruzioni di Lavoro: predisposizione di chiare istruzioni di lavoro scritte in cui siano specificati gli aspetti più pratici relativi all'esecuzione dei controlli di qualità;

Individuazione degli interventi da adottare in caso di presenza di attrezzature che non siano in grado di soddisfare i criteri di accettabilità;

Nella pianificazione di interventi correttivi si dovrebbe tenere conto almeno dei seguenti elementi:

- possibilità di utilizzo di tecniche alternative di analoga specificità che non comportino l'esposizione alle radiazioni ionizzanti;
- risultati del programma di garanzia della qualità adottato;
- entità del costo dell'intervento manutentivo in relazione all'età dell'apparecchiatura, al suo ammortamento economico, all'evoluzione tecnologica.

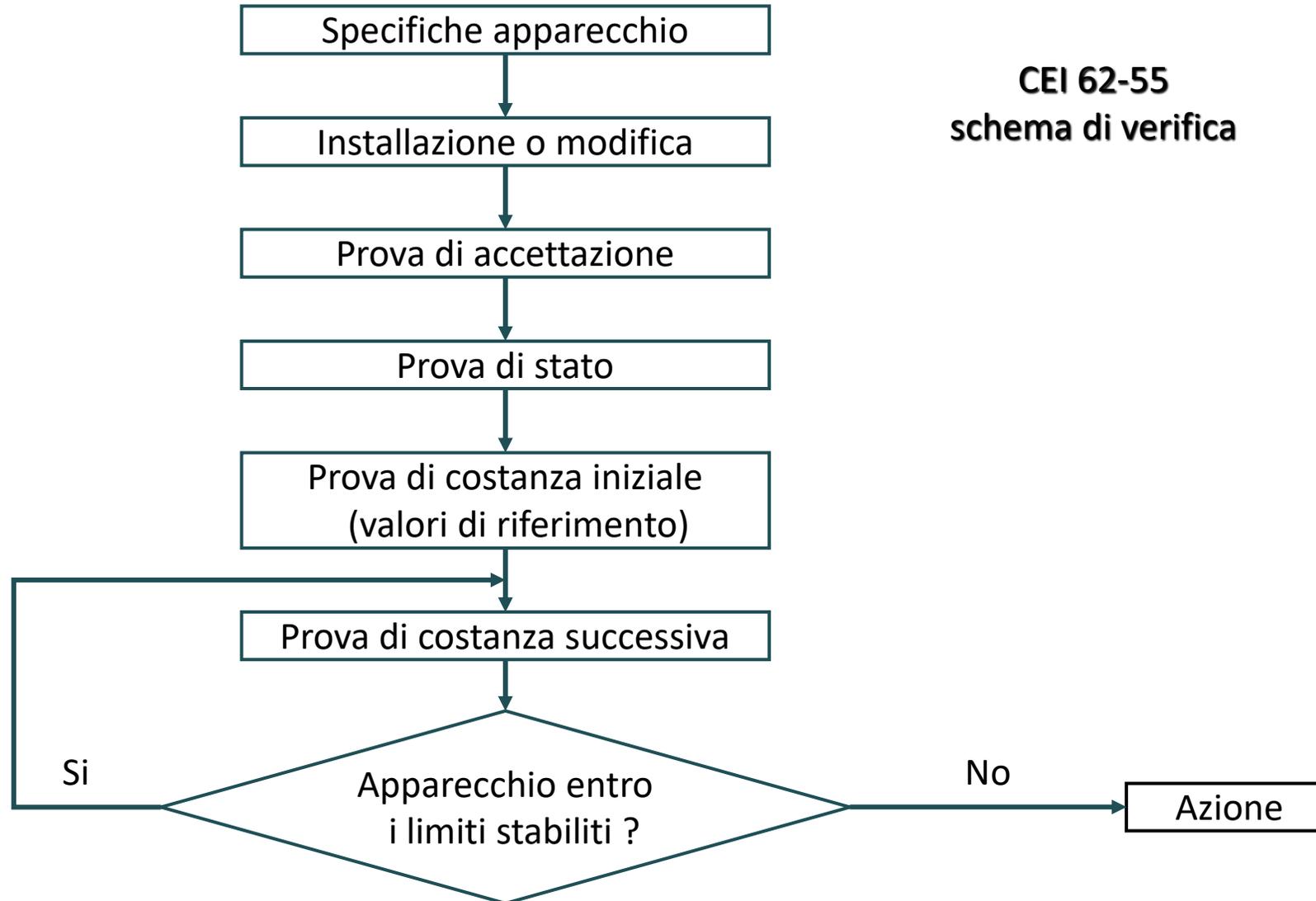
Il programma di garanzia della qualità sulle attrezzature dovrebbe essere reso contestuale:

- al programma di manutenzione ordinaria o straordinaria delle attrezzature;
- al piano di sostituzione delle attrezzature obsolete;
- nel caso delle attrezzature utilizzate a scopo diagnostico:
  - alle valutazioni dosimetriche (verifica degli LDR),
  - al controllo di qualità dell'immagine da perseguirsi attraverso la definizione di standard di qualità dell'immagine predefiniti (si veda per esempio i documenti della Commissione Europea);
- nel caso delle attrezzature utilizzate a scopo terapeutico:
  - alle verifiche dosimetriche.

Il programma di garanzia della qualità delle attrezzature non va inteso in maniera burocratica e rigida, ma come uno strumento di lavoro flessibile, dinamico, in grado di combinare qualità, costi, bisogni istituzionali

La sua organizzazione deve tenere conto di tutte le competenze e responsabilità e dovrebbe essere ampiamente condivisa tra tutti i protagonisti coinvolti.

	Prove di accettazione	Prove di stato	Prove di costanza
Scopo	Accettazione delle prestazioni dell'apparecchio come concordato tra il costruttore e il proprietario (contratto)	Determinazione del livello di prestazione	Verifica della costanza delle prestazioni
Caratteristiche	Misura dei parametri chiave	Misura dei parametri chiave	Misure relative (valori non assoluti)
Frequenza	Al momento della installazione e dopo modifiche importanti	Inizialmente, dopo modifiche e all'inizio dello scostamento dalla costanza	Sistematicamente, immediatamente dopo un intervento di manutenzione e quando si sospetta un malfunzionamento



Se il risultato della prova non rientra marginalmente nelle tolleranze specificate nel protocollo di CQ o nei criteri minimi di accettabilità:

- si attende il risultato della prova di costanza successiva, ma nel frattempo deve essere verificata la qualità delle immagini cliniche prodotte,
- si aumenta la frequenza della prova di costanza,
- il fallimento della prova di costanza viene registrato come punto che richiede attenzione al momento della manutenzione dell'apparecchio.

Se il risultato di una prova non soddisfa i criteri stabiliti:

- si esegue una prova di stato
- si determina quale intervento di manutenzione
  - è appropriato
  - è immediatamente necessario
- viene presa la decisione di sospendere o limitare l'uso clinico dell'apparecchio.

Quando si constata che l'apparecchio presenta una storia di difettosità di prestazione, si deve considerare:

- richiesta di una prova di stato
- richiesta di un ampliamento dei parametri da controllare
- restrizione dell'uso dell'apparecchio
- sostituzione dell'apparecchio

- individuazione dei parametri da controllare;
- definizione delle modalità di misura/determinazione dei singoli parametri;
- specificazione degli intervalli di accettabilità dei valori dei singoli parametri;
- previsione della frequenza di valutazione dei singoli parametri;
- documentazione dei risultati

### **Organismi internazionali**

- Unione Europea
- Documenti della Commissione Europea
- WHO: World Health Organisation
- IAEA: International Atomic Energy Agency
- NCRP: National Council on Radiation Protection and Measurements
- NBS: National Bureau of Standards
- NRPB: National Radiological Protection Board
- Organismi di standardizzazione: IEC, ISO

# Controlli di Qualità

# Apparecchiature





Tubo Radiogeno





# Apparecchiature



Sistema di Rivelazione





Sistema di Visualizzazione



# Nuove Apparecchiature: Prima dell'inizio dell'attività Clinica



Acquisto di una nuova apparecchiatura radiologica



 <p>Sistema Socio Sanitario Regione Lombardia ASST Monza S.C. FISICA SANITARIA</p>	<p>Prove di accettazione Fujifilm FDR Go Plus</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------

ASST BRIANZA  
PRESIDIO OSPEDALIERO DI VIMERCATE  
UNITA' OPERATIVA DI RADIODIAGNOSTICA

Apparecchiatura: Fujifilm FDR Go Plus  
Tipologia: APPARECCHIATURA Portatile digitale  
Anno di fabbricazione: 2021  
SIC:  
Ubicazione: ASST Brianza, Ospedale di Vimercate

Data installazione: 07/09/2021

#### PROVA DI ACCETTAZIONE

(art.163, comma 3, lettera b) del Decreto Legislativo del 31 Luglio 2020 n.101

Norme di riferimento:

- 1.CEI 62-69 (CEI EN 61601-1-3) 199511-2009: Apparecchi elettromedicali - Parte 1: prescrizioni generali per la sicurezza. 3: Norma collaterale: Prescrizioni generali per la radioprotezione in apparecchi radiologici per diagnostica.
- 2. EC (1997) – Radiation Protection 91: Criteria of acceptability of Radiological (including Radiotherapy) and Nuclear Medicine installations e allegato V DLgs. 187/00
- 3. CEI 62-1 (CEI EN 60336) 1997: Complessi tubo-guaina per diagnostica medica. Caratteristiche delle macchie focali
- 4. IPEM (2005a) Recommended Standards for the Routine Performance Testing of diagnostic X-Ray Imaging Systems. Report 91
- 5.Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy Radiation Protection N° 162 (2012)
- 6 IPEM (2010) Institute of Physics and Engineering in Medicine. Measurement of the Performance Characteristics of Diagnostic X-ray Systems: Digital Imaging Systems, Report 32 (VII)
- 7.IEC 62220-1 2003 "Medical electrical equipment - Characteristics of digital X-ray imaging devices - Part 1: Determination of the detective quantum efficiency"
- 8.Linee guida per i controlli di qualità per gli apparecchi di radiografia digitale diretta AMFPI – 6° Report AIFM 2009
- 9.CEI 62-55 1998: Prove di valutazione e di routine nei reparti per la produzione di immagini mediche. - Parte I: Aspetti generali.
- 10.IEC 61223-2-11 1999: Evaluation and routine testing in medical imaging departments - Constancy tests – Equipment for general direct radiography

La prova di accettazione include la verifica di stato e la prova di costanza iniziale.

Stima del tempo necessario per esecuzione della prova di accettazione: 5 ore

Specialista in Fisica Medica    Direttore UO Fisica Sanitaria    Il responsabile dell'impianto radiologico

Preparazione Protocollo di accettazione:

Questo documento contiene:

- tutte le indicazioni dell'apparecchiatura e i documenti di riferimenti.

 <p>Sistema Socio Sanitario Regione Lombardia ASST Monza S.C. FISICA SANITARIA</p>	<p><b>ISTRUZIONE OPERATIVA</b></p> <p><b>Prove di accettazione mammografo digitale</b></p>	Pag. 2/18
		FSN -PO-002

## ELENCO DEI PARAMETRI SOGGETTI A MISURA

<b>MAMMOGRAFIA</b>	<b>3</b>
1. Misura di intensità di esposizione della radiazione di fuga	3
2. Accuratezza dei kV	3
3. Riproducibilità dei kV	3
4. Verifica dello spessore emivalente (SEV)	3
5. Caratterizzazioni delle macchie focali	4
6. Calcolo del rendimento del tubo [3]	4
7. Allineamento fascio cassetta [3]	4
8. Riproducibilità a breve termine[2]	5
9. Rilevabilità a basso contrasto	5
10. Dose ghiandolare media in PMMA	5
11. Verifica del dispositivo AEC. Signal to Noise Ratio (SNR) e Contrast to Noise Ratio (CNR)	6
12. Curva di risposta del rivelatore e rumore	8
13. Noise Power Spectrum	8
14. Omogeneità	9
15. Pixel difettosi	9
16. Modulation transfer function [2]	9
17. Soglia di contrasto e contrasto dell'immagine	10
18. Tempo di esposizione	10
19. Corretto funzionamento della griglia	10
20. Forza di compressione	10
21. Riproducibilità a lungo termine	10
<b>TOMOSINTESI</b>	<b>12</b>
1. Movimento della macchia focale	12
2. Allineamento fascio mammografico	12
3. Rendimento del tubo RX	12
4. Accuratezza e riproducibilità dei kV	12
5. Verifica dello spessore emivalente (SEV)	13
6. Distribuzione di esposizione per le diverse proiezioni	13
7. Sicurezza del dispositivo AEC	13
8. Riproducibilità a breve termine	13
9. Riproducibilità a lungo termine	13
10. Verifica del dispositivo AEC. Signal difference to Noise Ratio (SDNR)	14
11. Funzionamento del compressore	15
12. Curva di risposta del rivelatore e rumore	15
13. Pixel difettosi non corretti	16
14. Mappa dei bad Pixel	16
15. Qualità delle immagini ricostruite	16
16. Z-resolution	16
17. Valutazione del tessuto mancante verso la parete toracica	17
18. Valutazione del tessuto mancante	17
19. Omogeneità delle immagini ricostruite	17
20. Distorsione geometrica delle immagini ricostruite	17
21. Dose media ghiandolare	17

## OSSERVAZIONI GENERALI [3]

Non possono essere utilizzati sul paziente apparecchi mammografici:

- senza dispositivo di controllo automatico dell'esposizione (AEC)
- con distanza fuoco rivelatore < 60 cm
- campo di vista < 18 x 24 cm<sup>2</sup> escludendo dispositivi per stereotassi
- dispositivi senza comando del compressore a pedale motorizzato e senza display per la lettura e visualizzazione dello spessore e della forza di compressione

Preparazione Protocollo di accettazione:

Questo documento contiene:

- l'elenco di tutti i Parametri sottoposti a verifica.

I Controlli possono quindi essere divisi in:

- Controlli su Tubo Radiogeno e Generatore
- Controlli su indici dosimetrici
- Controlli sul sistema automatico dell'esposizione
- Controlli geometrici
- Controlli sul sistema di Imaging
- Controlli sulla qualità Immagine
- Controlli sul sistema di visualizzazione
- Controlli Specifici dell'apparecchiatura

## Controlli su Tubo Radiogeno e Generatore:

Necessari per verificare il corretto funzionamento della selezione dei parametri di erogazione del fascio.

- Accuratezza e riproducibilità dei kV
  - Accuratezza del temporizzatore
  - Riproducibilità e Verifica del Rendimento del tubo ( $\mu\text{Gy}/\text{mAs}$ )
  - Linearità del Rendimento
  - Verifica dello spessore Emivalente
  - Verifica delle Macchie focali
- 
- Controllo dei Singoli Parametri
- Non Potendo misurare il mA, verifico il Rendimento
- Controllo complessivo dell'energia del fascio

Cosa si misura

*Si determinano le caratteristiche del fascio Rx che dipendono dal generatore:*

- kVp (tensione applicata)
- durata impulso

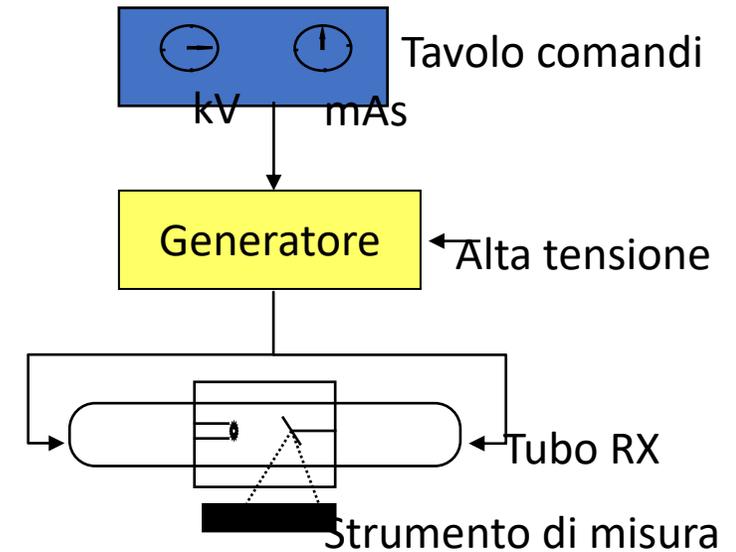


Strumenti di misura :  
Multimetro



Parametri di qualità

- Precisione e Accuratezza dei kVp
- Precisione e Accuratezza dei Tempi di esposizione
- Linearità tra mAs e dose



Si garantisce:

- la corrispondenza tra i parametri impostati sul tavolo di comando e quelli effettivi
- la ripetibilità del sistema

## Cosa si misura

*Si determinano le caratteristiche del fascio Rx che dipendono dal sistema generatore/tubo Rx*



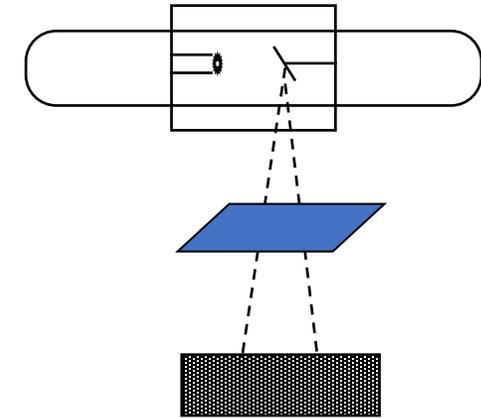
## Strumenti di misura :

- Dosimetro (Camera a ionizzazione o diodo)
- Filtri alluminio
- Dispositivo per macchia focale (pin hole, slit camera, star pattern) o mira ad alto contrasto



## Parametri di qualità

- rateo di kerma in aria
- rendimento ( $\mu\text{Gy/mAs}$ )
- SEV (mm Al)
- caratteristiche della macchia focale (dimensioni)

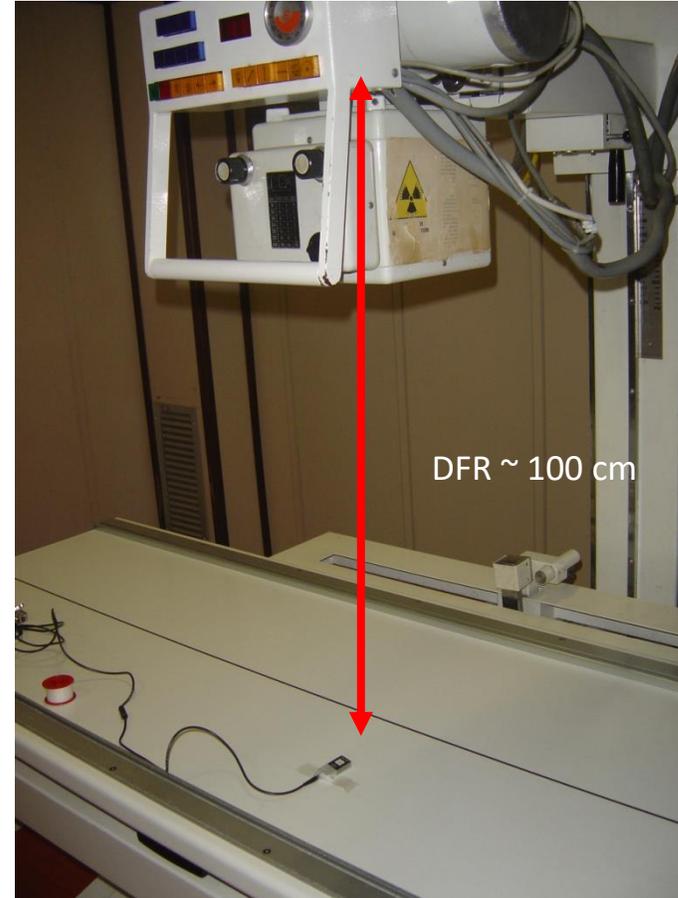
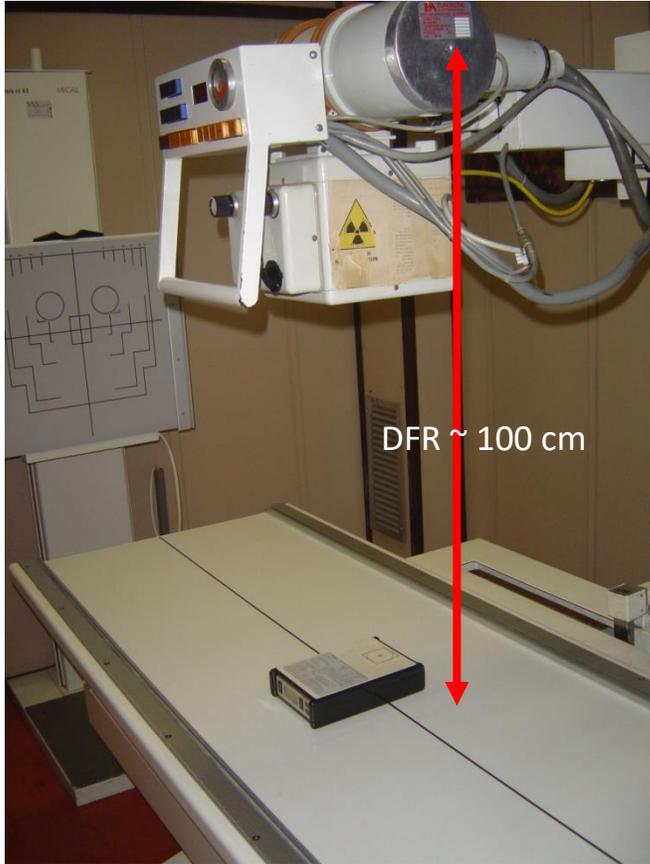


Strumento di misura



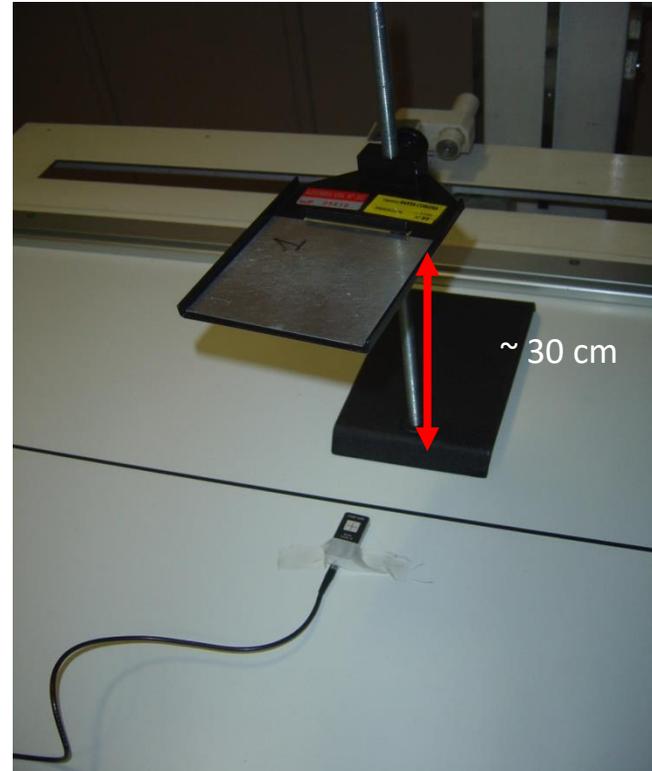
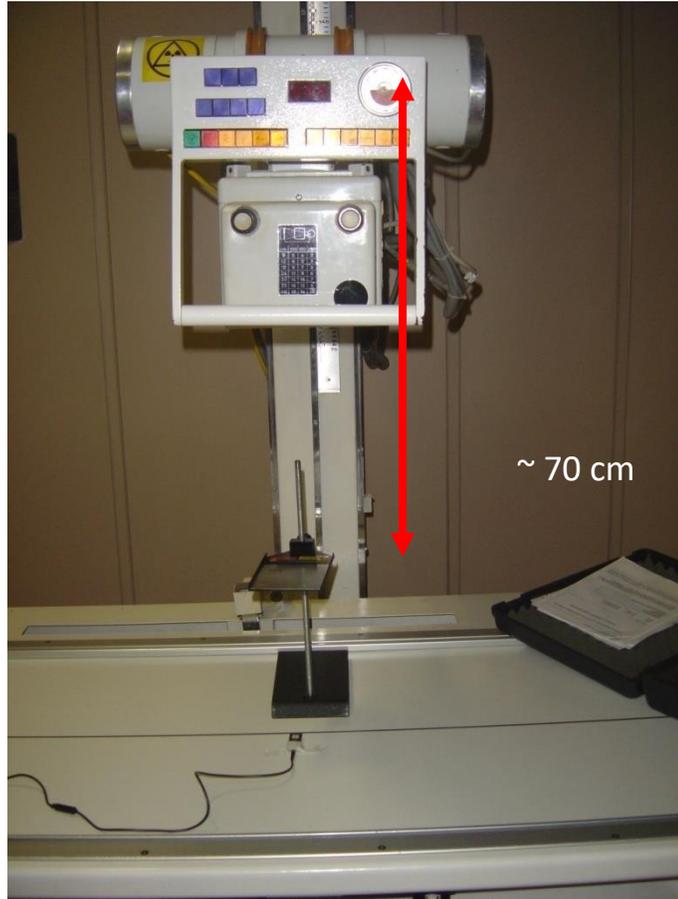
## Si garantiscono

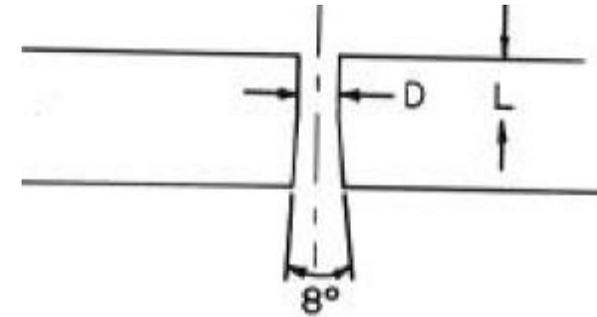
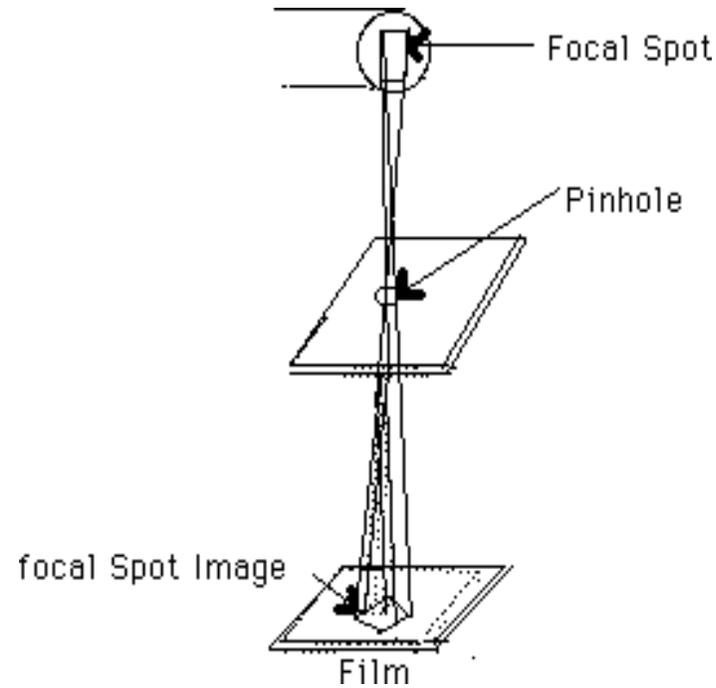
- i parametri dosimetrici
- la correttamente filtrazione della radiazione
- che la macchia focale non sia degradata



- Nella prova di accettazione:
  - misura a 80 kVp (verifica della conformità al criterio di accettabilità)
  - misure su un ampio range di tensioni, fuoco piccolo e fuoco grande
- Nella prova di costanza
  - può essere sufficiente la verifica a 80 kVp

# Possibile disposizione sperimentale (SEV)



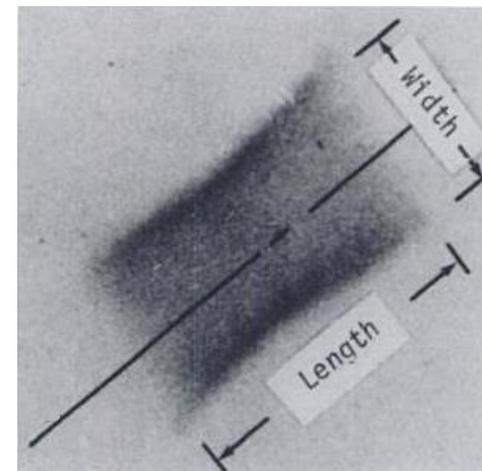


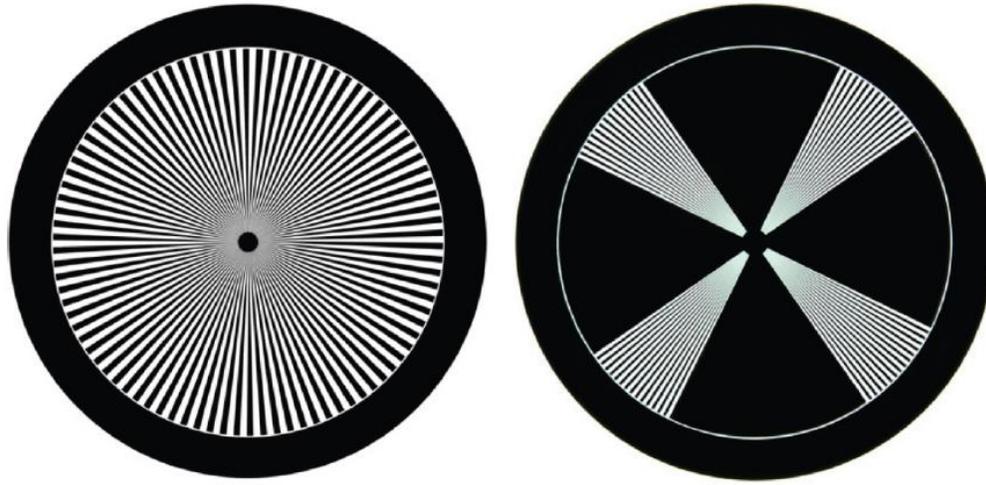
## Pin hole

FOCAL SPOT		
f (mm)	D (mm)	L (mm)
$0.3 < f < 1.2$	0.030	0.075
$1.2 < f < 2.5$	0.075	0.350
$2.5 < f$	0.100	0.500

$$W = W'/M ; L = L'/M$$

M = ingrandimento





Schiera di barre in Pb a forma di cuneo disposte come raggi di una ruota con intervalli tra i cunei della stessa ampiezza (es.  $\theta = 2^\circ$ : 90 raggi in una circonferenza di 45 mm di diametro).

La barra in Pb e lo spazio adiacente costituiscono una coppia di linee. La frequenza delle linee in funzione del diametro  $D$  è data da:  $0,637 \cdot 45/D$ .

## Star pattern



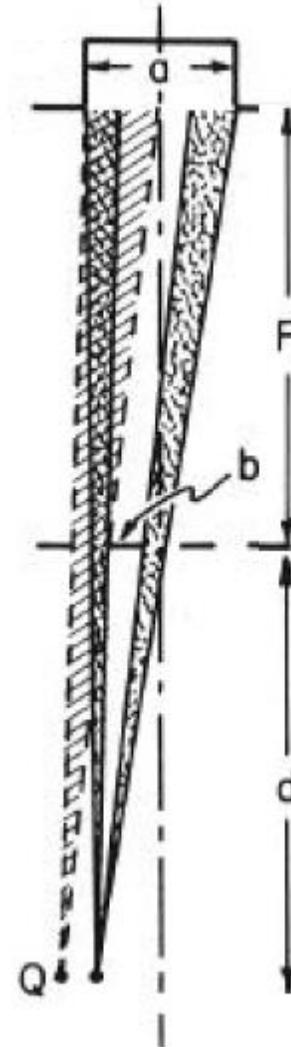
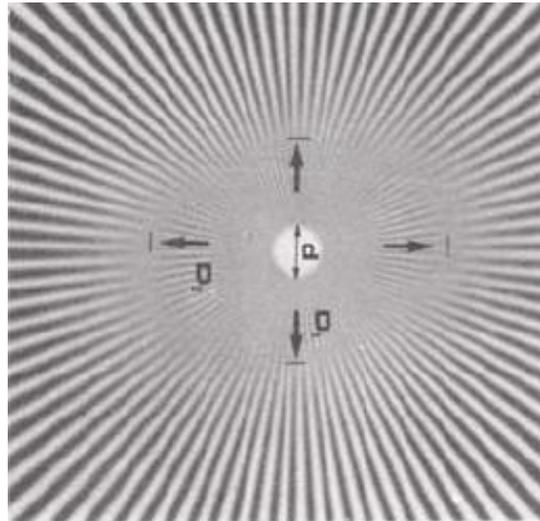
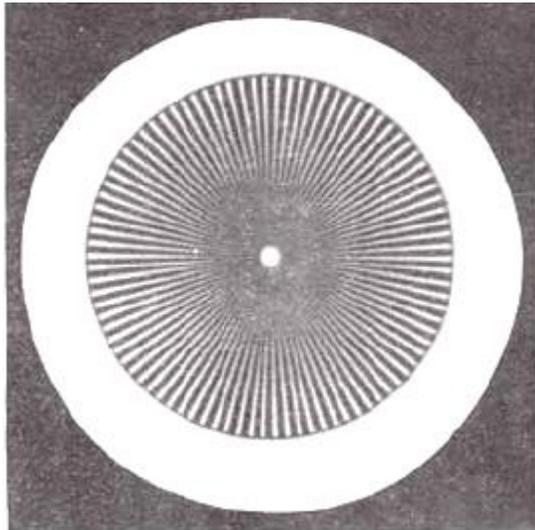
$$W = (\theta/57,3) \cdot D_w/(M-1)$$

$D_w$  = diametro prima  
"disparizione"

$M$  = ingrandimento

$$W/2b = (F+d)/d = (F+d)/F \cdot F/d = M/(M-1)$$

$$W = 2bM/(M-1) = \theta(\text{rad}) D_w/(M-1)$$



- Tensione

- Accuratezza: entro 10%
- Precisione a parità di carico: entro 5%
- Variazione massima al variare della corrente: entro 10%

- Tempo di esposizione

- Accuratezza: entro 10% (per tempi nominali maggiori di 100 ms)

- Macchia focale
  - Non sono stabiliti criteri minimi di accettabilità
  - Si dovrebbero eseguire determinazioni della dimensione della macchia focale durante la vita del tubo per evidenziare eventuali deterioramenti
  - In fase di accettazione richiedere al costruttore la certificazione della dimensione della macchia focale verificando il rispetto delle specifiche previste.
  
- Griglia
  - Produrre un'immagine della griglia con fascio X a 50 kV e verificare che vi sia presenza di artefatti.
  - Nel caso di griglia mobile non devono essere visibili sull'immagine al più breve tempo di esposizione utilizzato in pratica.

- Radiazione emessa
  - Rateo di dose:  $> 25 \mu\text{Gy/mAs}$  a 1 m  
(a 80 kV e 2,5 mm Al di filtrazione totale)
  - Costanza: entro  $\pm 20\%$  della media
  - Variazione in funzione della corrente indicata: 15%
  - Variazione in funzione del prodotto corrente per tempo di esposizione: 20%
  - SEV (a 80 kVp):  $> 2,3 \text{ mm Al}$

**Cosa si misura**

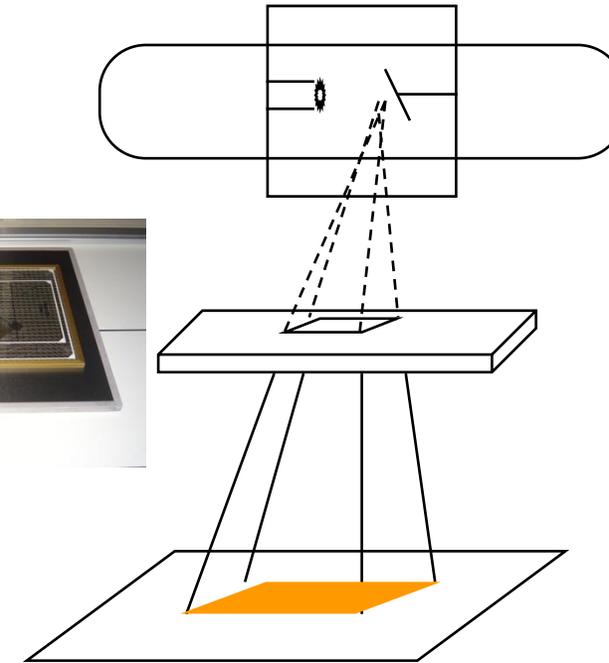
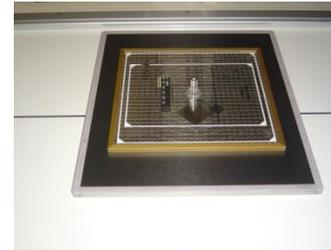
*Si determinano le caratteristiche del sistema di centratura e collimazione*

**Strumenti di misura :**

- Test pattern e pellicola radiografica

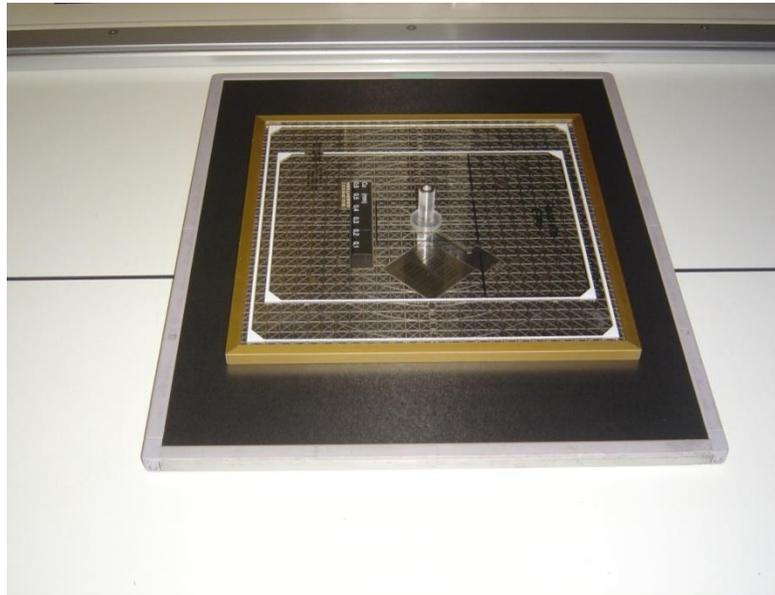
**Parametri di qualità:**

- Coincidenza campo luminoso - campo RX
- Ortogonalità del fascio rispetto al recettore d'immagine
- Coincidenza campo RX - recettore immagine radiologica
- Corretta indicazione distanza fuoco pellicola
- Minima distanza fuoco pelle



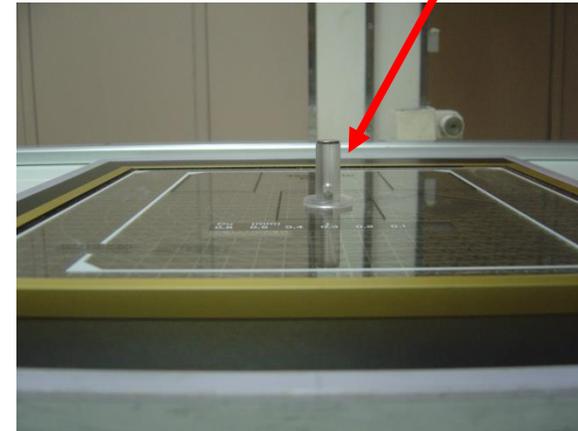
**Garantisce che non vi siano esposizioni indebite e, in scopia, che il fascio RX copra il recettore (IB) e non debordi**

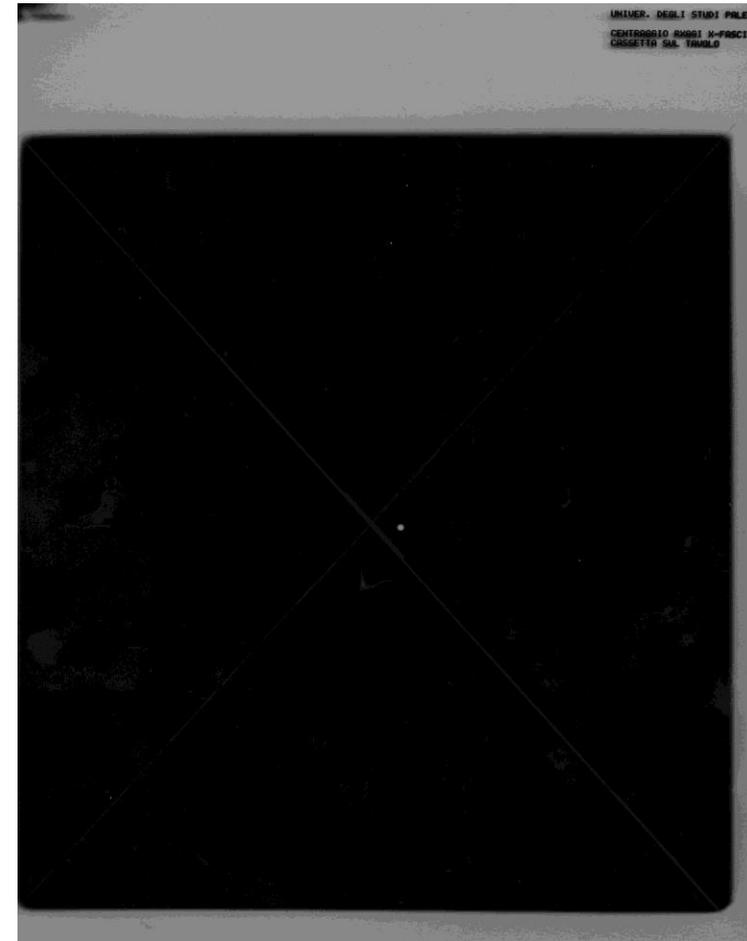
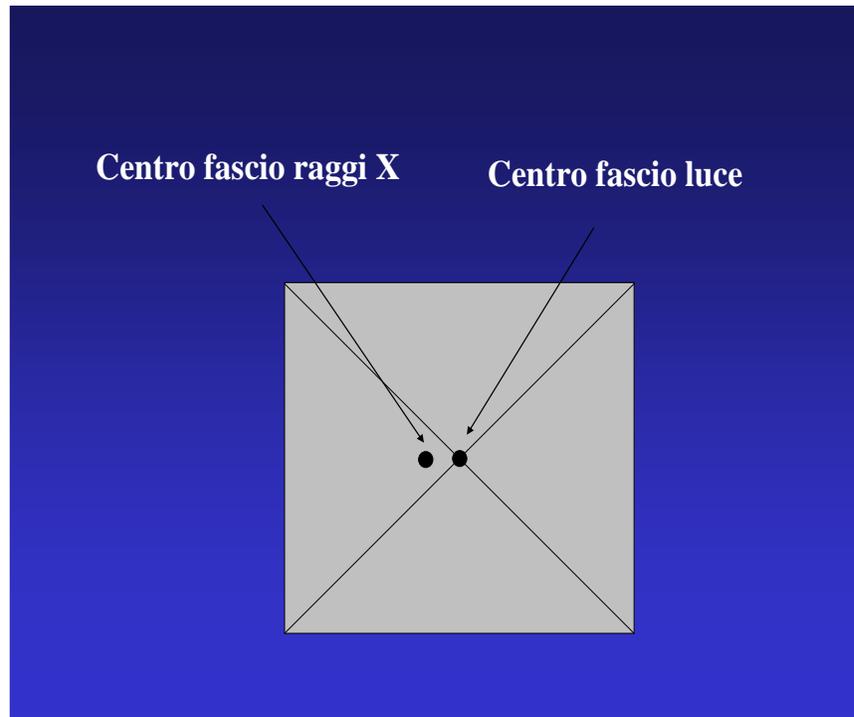
# Sistema di centratura e collimazione

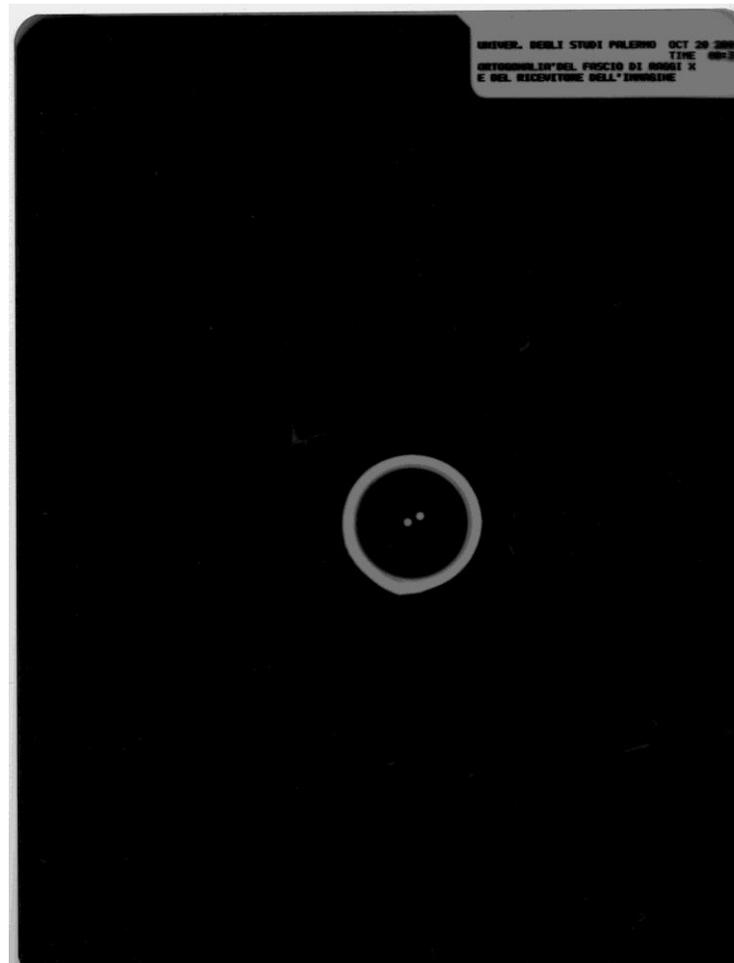


Distanza fuoco cassetta: 100  
cm

Accessorio per verifica  
dell'ortogonalità







- Coincidenza tra campo luminoso e campo radiante (asse maggiore e minore): entro 3%
- Coincidenza tra campo luminoso e campo radiante (somma dei disallineamenti): entro 4%
- Disallineamento centro campo radiante centro recettore d'immagine: entro 2%
- Allineamento centro campo radiante centro fascio luce: entro 1%
- Allineamento del centro campo luce con il centro della pellicola (Bucky): entro 1%
- Ortogonalità del fascio Rx e del recettore d'immagine: entro 1.5°

**% rispetto alla distanza fuoco-recettore d'immagine**

- **Collimazione**

- Il fascio radiante deve essere collimato in modo che l'area esposta totale per una distanza fissa fuoco-recettore d'immagine rimanga entro i bordi del recettore
- Nel caso di collimazione automatica il fascio radiante non deve differire per più del 2% della distanza fuoco-recettore d'immagine su ciascun lato del recettore d'immagine.

Controlli sul sistema automatico dell'esposizione:

La maggior parte delle apparecchiature permette la selezione automatica dei parametri dell'esposizione in funzione delle caratteristiche fisiche e morfologiche del paziente e dello specifico distretto considerato.

Un loro non ottimale funzionamento può portare a dosi indebite al paziente e/o ad una qualità clinica dell'esame non ideale.

La loro verifica permette di valutarne il funzionamento e l'affidabilità.

**Cosa si misura**

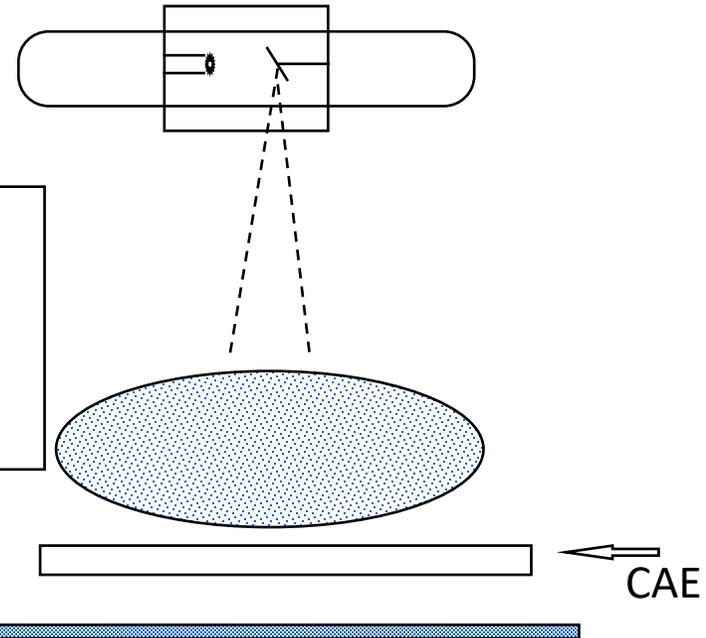
*Si determina la capacità del sistema di adattarsi a pazienti di diverse corporature al fine di dare una esposizione costante sul recettore d'immagine*

**Strumenti di misura :**

- Dosimetro (Camera a ionizzazione o diodo)
- Filtri rame da 1 e 2 mm
- Sistema di Imaging

**Parametri di qualità:**

- Limitazione dell'esposizione
- Costanza dell'esposizione in funzione del tempo e della tensione
- Costanza dell'esposizione in funzione dello spessore del paziente



**Il CAE regola la dose che raggiunge il paziente e il recettore immagine :  
determina direttamente la dose e la  
qualità immagine**

- La differenza di segnale tra due esposizioni a pari regolazione del CAE, una con un tempo di esposizione breve e l'altra con un tempo di esposizione lungo, deve essere  $< 20\%$ .
- Per uno spessore fisso dell'attenuatore, la massima differenza nell'intervallo di tensioni al tubo usato in pratica deve essere entro  $\pm 20\%$ .
- Per una tensione fissa al tubo, la massima differenza nell'intervallo di spessore dell'attenuatore che copre la gamma di spessori dei pazienti incontrato in pratica deve essere entro  $\pm 20\%$ .

La qualità è determinata sia dalle caratteristiche della radiazione e del sistema IB-catena televisiva, sia dalla dose necessaria per produrre l'immagine

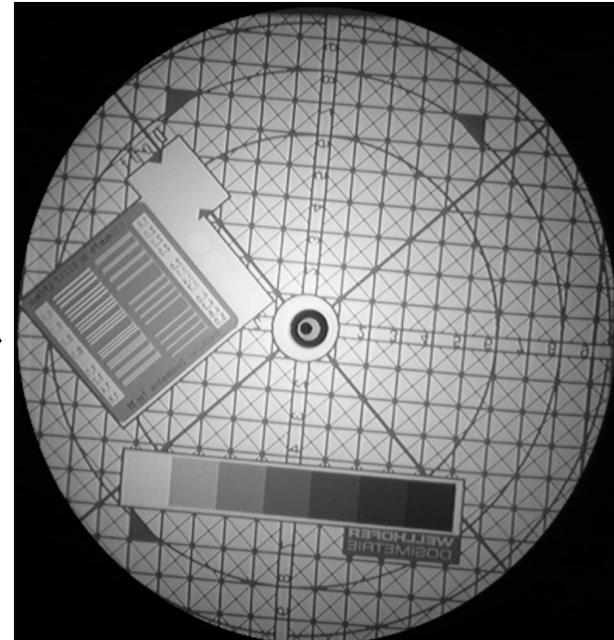
Caratteristiche della radiazione



Parametri di qualità del  
sistema IB-catena televisiva



Parametri dosimetrici



- Dimensione campo radiante/immagine
  - Il rapporto delle aree tra il campo radiante e la superficie d'ingresso dell'intensificatore d'immagine non deve superare 1,15. Si considera buona pratica vedere i bordi dei collimatori sull'immagine TV.
- Temporizzatore
  - Un dispositivo di interruzione deve intervenire automaticamente al superamento di un tempo integrato di fluoroscopia predeterminato, non superiore a 10 minuti. Un segnale acustico deve avvertire la prossimità dell'interruzione con almeno 30 secondi di anticipo per permettere di ripristinare il dispositivo se l'esposizione deve essere prolungata.

Controlli sugli indici dosimetrici:

Sono specifici di ogni differente modalità (per esempio Dose ghiandolare media in mammografia o DAP in radiologia).

Sono indici correlati alla dose assorbita dal paziente durante l'esame.

La loro verifica è necessaria in quanto utilizzati da Clinici e Tecnici.

Stato report: Completo

Tempo fluoroscopia cumulativo: 24:42 mm:ss

DAP cum. (fluoroscopia): 162 Gycm<sup>2</sup>  
DAP cum. (esposizione): 70.7 Gycm<sup>2</sup>

DAP totale: 233 Gycm<sup>2</sup>

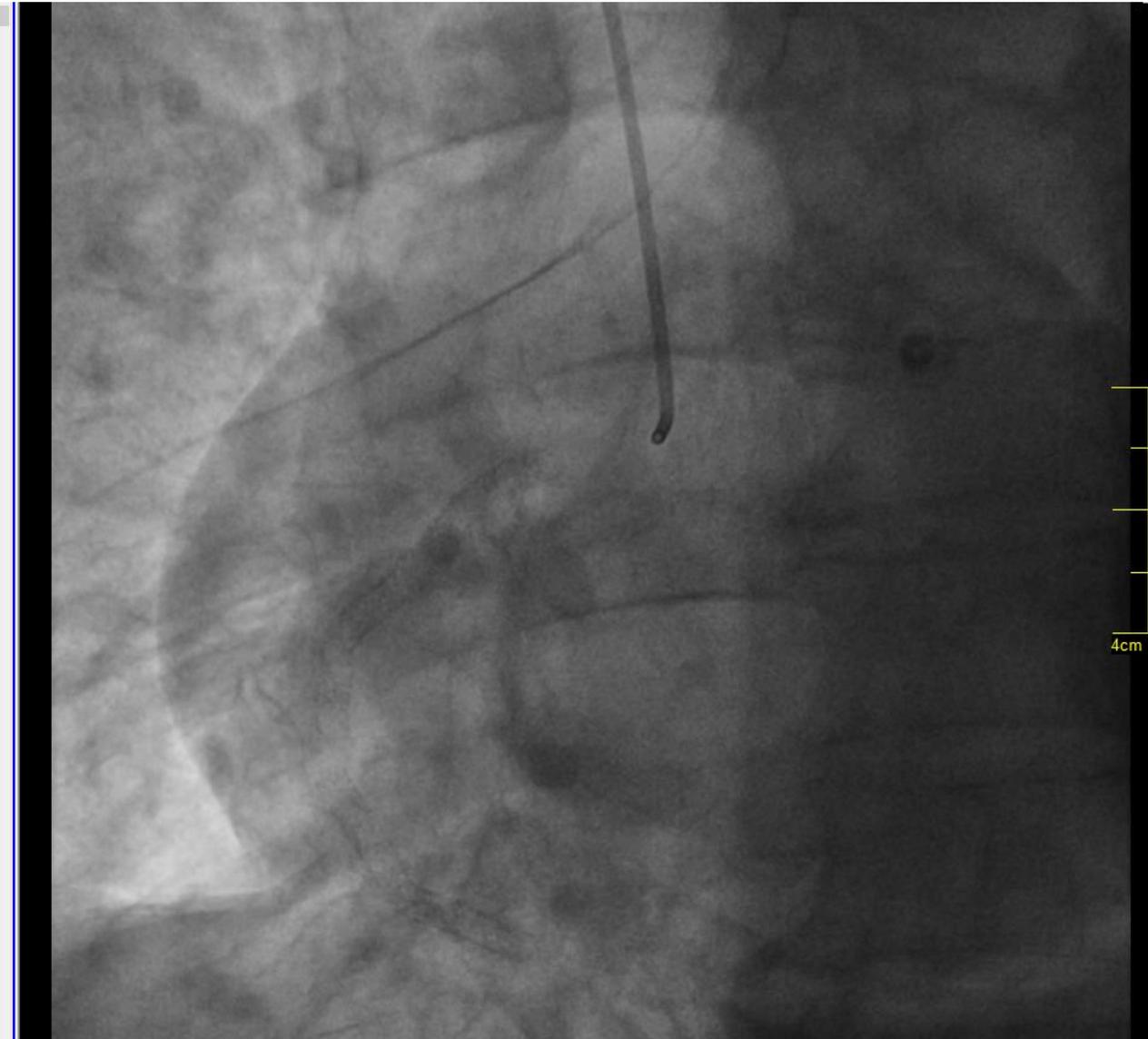
Air Kerma cum.: 3416.16 mGy

Numero tot. serilog. acquisite: 29

Numero tot. imm. acquisite: 2858

Numero tot. imm. esposiz. acquisite: 1923

N. ser.	N. Immagini	Procedura	Velocità F/s	kV	mA	ms	DAP [Gycm <sup>2</sup> ]	Ka [mGy]	Rotazione	Angolazione	SID [cm]
1	60	Coro 15 fpsBassaDose	15	74	769	6	1.66	14.03	LA023	CAUD1	99
2	85	Coro 15 fpsBassaDose	15	74	778	6	2.38	20.38	LA023	CAUD1	99
3	104	Coro 15 fpsBassaDose	15	76	856	6	3.73	30.65	0	CAUD13	99
4	119	Coro 15 fpsBassaDose	15	89	800	8	5.74	62.58	RA014	CRAN25	116
5	79	Coro 15 fpsBassaDose	15	93	766	8	4.54	46.85	LA013	CRAN31	113
6	62	Coro 15 fpsBassaDose	15	92	779	8	3.43	36.21	LA025	CAUD21	113
7	100	Coro 15 fpsBassaDose	15	86	830	8	3.67	50.51	LA015	CRAN11	101
8	136	Coro 15 fpsBassaDose	15	89	801	8	4.49	69.31	LA015	CRAN11	101
9	88	Fluoroscopia	15	101	11		0.584	8.31	LA015	CRAN11	101
10	137	Coro 15 fpsBassaDose	15	89	806	8	5.27	72.47	LA07	CRAN11	101
11	130	Coro 15 fpsBassaDose	15	86	828	8	4.81	66.25	LA07	CRAN11	101
12	69	Fluoroscopia	15	108	11		0.502	7.38	LA07	CRAN11	101
13	58	Coro 15 fpsBassaDose	15	87	818	8	2.15	29.77	LA017	CRAN9	101
14	60	Coro 15 fpsBassaDose	15	84	856	7	1.99	28.03	LA023	CRAN6	101
15	64	Coro 15 fpsBassaDose	15	92	776	8	2.26	43.46	LA082	0	121
16	150	Fluoroscopia	15	97	19		3.83	75.67	LA030	CAUD8	120
17	166	Coro 15 fpsBassaDose	15	89	805	8	4.70	87.34	LA030	CAUD8	120
18	150	Fluoroscopia	15	100	19		4.24	83.97	LA030	CAUD8	120
19	150	Fluoroscopia	15	99	19		3.71	73.83	LA030	CAUD8	120
20	92	Coro 15 fpsBassaDose	15	90	799	8	2.73	51.30	LA030	CAUD8	120
21	28	Fluoroscopia	15	100	20		0.217	4.42	LA030	CAUD8	120
22	69	Coro 15 fpsBassaDose	15	88	813	8	1.96	36.69	LA030	CAUD8	120
23	150	Fluoroscopia	15	98	19		6.28	124.48	LA030	CAUD8	120
24	92	Coro 15 fpsBassaDose	15	84	846	8	2.93	45.75	LA030	CAUD8	108
25	150	Fluoroscopia	15	98	14		2.03	33.45	LA030	CAUD8	108
26	70	Coro 15 fpsBassaDose	15	84	850	8	2.16	33.81	LA030	CAUD8	108
27	91	Coro 15 fpsBassaDose	15	85	843	8	2.90	44.53	RA029	CAUD4	108
28	98	Coro 15 fpsBassaDose	15	86	827	8	4.37	43.48	LA031	CAUD12	108
29	51	Coro 15 fpsBassaDose	15	82	875	7	2.34	23.11	LA031	CAUD12	108



- **Dose di riferimento**

- Il kerma in aria alla superficie d'ingresso di un fantoccio di PMMA deve essere:

Fantoccio PMMA		
40 mm	45 mm	50 mm
$\leq 10$ mGy	$\leq 12$ mGy	$\leq 20$ mGy

- **Dose di riferimento (Documento EUREF, 2006)**

- La dose ghiandolare media (mGy) deve essere:

2 cm	3 cm	4 cm	4,5 cm	5 cm	6 cm	7 cm
valore accettabile						
< 1	< 1,5	< 2	< 2,5	< 3	< 5	< 6,5
valore raggiungibile						
< 0,6	< 1	< 1,6	< 2	< 2,4	< 3,6	< 5,1

$$D = Kgcs$$

K = kerma in aria incidente sul fantoccio  
g, c e s = fattori ricavabili dal documento

- Intensità di dose

- Il rateo di dose massimo sullo schermo d'ingresso senza griglia (IB  $\emptyset$  25 cm): 0,8  $\mu\text{Gy/s}$  (per l'esposizione di un fantoccio appropriato – per esempio 20 cm PMMA – con controllo automatico della luminosità).
- Per applicazioni speciali a elevata intensità di dose, per esempio in radiologia intraoperatoria, il rateo di dose massimo non deve superare 1  $\mu\text{Gy/s}$ .
- Per altre dimensioni degli schermi di ingresso l'intensità di dose può venire adattata in proporzione inversa al quadrato del diametro.

- Cinematografia

- Con IB  $\emptyset$  23 cm la dose all'ingresso per fotogramma non deve essere  $> 0,20 \mu\text{Gy}$ . Nel caso di un paziente tipico – per esempio con fantoccio da 20 cm PMMA – il rateo di dose all'ingresso è compreso tra 0,10 e 0,30  $\mu\text{Gy/min}$  per 25 fotogrammi al secondo.