

1996

# Protokol for modtagekontrol af røntgengeneratorer

**Statens Institut for Strålehygiejne**  
Knapholm 7 · 2730 Herlev

**Medico-teknisk afdeling, Århus Amt**  
Brendstrupgårdsvej 100 · 8200 Århus N

---

## INDHOLD

Indledning . . . . .	3
Princippet i kontrol af røntgenudstyr . . . . .	5
Krav til tolerancer for røntgengeneratorer . . . . .	7
Udførelse af målinger på røntgengeneratorer . . . . .	9
Højspænding . . . . .	10
Reproducerbarhed . . . . .	11
Linearitet . . . . .	12
Eksponeringstid . . . . .	13
Rørstrøm x eksponeringstid . . . . .	15
Nominel effekt for generator/røntgenrør . . . . .	16
Dosismålinger under "narrow beam" betingelser . . . . .	17
Måleskemaer . . . . .	19
Måleskema for højspænding, finfokus . . . . .	20
Måleskema for højspænding, grovfokus . . . . .	21
Måleskema for reproducerbarhed . . . . .	22
Måleskema for linearitet, finfokus . . . . .	23
Måleskema for linearitet, grovfokus . . . . .	24
Måleskema for eksponeringstid . . . . .	25
Måleskema for rørstrøm x eksponeringstid ved finfokus . . . . .	26
Måleskema for rørstrøm x eksponeringstid ved grovfokus . . . . .	27
Måleskema for nominel effekt ved grovfokus . . . . .	28

## INDLEDNING

*Erkendelsen af at systematiseret kvalitetskontrol af røntgenudstyr er en forudsætning for at opnå billeder af ensartet og af diagnostisk tilfredsstillende kvalitet vinder efterhånden mere udbredelse. Imidlertid har den systematiserede kvalitetskontrol af røntgenudstyr hidtil i meget væsentlig grad centreret sig omkring fremkaldeprocessen. Det er da også ubetinget nødvendigt at fremkaldeprocessen er i orden, før kvalitetskontrollen udvides til at omfatte udstyr til røntgenfotografering.*

*For at fremme udbredelsen af kvalitetskontrol af røntgenudstyr nedsatte Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålehygiejne i 1992 en projektgruppe efter et tilsagn fra Medico-teknisk afdeling, Århus Amt om at medvirke ved den praktiske gennemførelse af pilotprojekter på en røntgenafdeling.*

*Projektgruppen fik følgende sammensætning:*

*Professor, dr.med. Niels Egun, Odense Sygehus.*

*Sektionsleder Ole Hjardemaal, Statens Institut for Strålehygiejne.*

*Radiograf René Jensen, Skejby Sygehus (til juni 1993).*

*Civilingeniør Michael Kragholm, Rigshospitalet.*

*Oversygeplejerske Bente Livø, Rigshospitalet.*

*Afdelingsingeniør Peter Røtzler, Siemens.*

*Civilingeniør Carsten Trant, Medico-teknisk afdeling, Århus Amt.*

*Røntgentekniker Poul Sørensen, Medico-teknisk afdeling, Århus Amt (fra juni 1993 til juni 1994).*

*Desuden har afdelingschef Lars Kaysen, Medico-teknisk afdeling, Århus Amt deltaget*

---

*i nogle af gruppens møder.*

*Efter konsultationer i projektgruppen har Statens Institut for Strålehygiejne og Medico-teknisk afdeling, Århus Amt udarbejdet denne og andre protokoller for kvalitetskontrol af røntgenudstyr og afprøvet dem på sygehusene i Århus Amt.*

*Det er vort håb at protokollerne vil finde praktisk anvendelse på røntgenafdelingerne ikke kun ved installation af nyt udstyr, men også ved kvalitetskontrol af allerede bestående. Vi er imidlertid opmærksomme på, at der ved visse digitale systemer kan være problemer med anvendelsen.*

*Det er tilstræbt at gøre protokollerne så enkle som muligt og begrænse antallet af målinger til det absolut nødvendige. Selv om de er afprøvet i praksis er vi klare over, at de kan forbedres, og beder alle der anvender dem om at komme med forslag herom.*

---

## PRINCIPPET I KONTROL AF RØNTGENUDSTYR

Princippet i systematisk kontrol af røntgenudstyr er vist som flow chart nedenstående.

Ved indkøb specificeres udstyrets ydelse m.v. samt de tolerancer, det skal overholde. Se afsnittet herom i protokollerne.

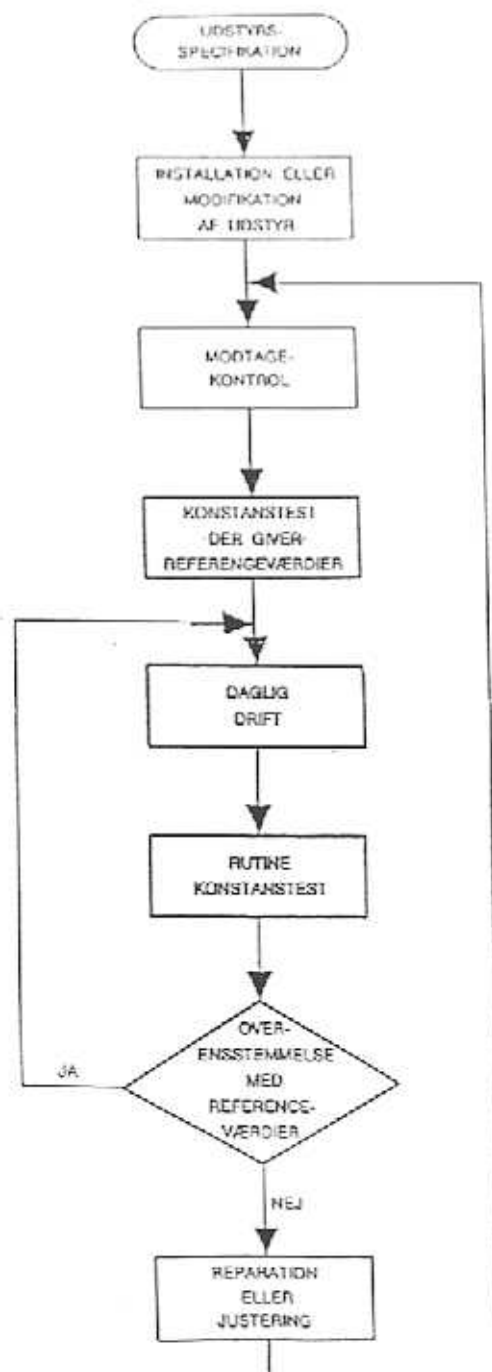
Udstyret leveres og installeres, og der udføres en modtagekontrol med henblik på at konstatere om de ved indkøbet opstillede specifikationer og tolerancer er overholdt. Modtagekontrol kan imidlertid også udføres på eksisterende udstyr, hvis dette modificeres, eller fordi man ønsker at påbegynde et kvalitetskontrolprogram.

Modtagekontrollen er omfattende og kan udføres på det samlede udstyr som sådant eller på enkelte dele af det. De målinger, der udføres i forbindelse med modtagekontrollen, vil normalt være absolutte målinger og skal udføres af personer med en teknisk/fysisk kompetence. Ved større reparationer kan det være påkrævet at gennemføre i hvert fald visse dele af modtagekontrollen for at konstatere om udstyret stadigvæk overholder de nødvendige specifikationer.

En konstanstest udføres så snart modtagekontrollen har vist at udstyret overholder specifikationer og tolerancer, og det i øvrigt fungerer tilfredsstillende. Denne konstanstest danner grundlaget for senere konstanstest, idet man sammenligner resultater herfra med den grundlæggende test. Konstanstest udføres med bestemte mellemrum, samt når der opstår problemer med brugen af udstyret. Konstanstest er relative målinger og udføres af radiografer, sygeplejersker eller andre kvalificerede.

Modtagekontrol og konstanstest er to uafhængige ting og vil normalt udføres af to forskellige faggrupper. Modtagekontrollen kræver kompliceret måleudstyr og må derfor

udføres af faggrupper, der er fortrolige med brug af sådant udstyr. Hvis modtagekontrollen udføres af leverandøren af røntgenudstyret, må en radiograf, sygeplejerske eller anden kvalificeret repræsentant fra røntgenafdelingen være til stede. Det vil i øvrigt, uanset hvem der udfører modtagekontrollen, være hensigtsmæssigt at de personer, der er ansvarlige for konstanstesten, er til stede ved modtagekontrollen.



---

## KRAV TIL TOLERANCER FOR RØNTGENGENERATORER

Røntgengeneratorer fremstilles efter IEC-standard 601-2-7, der tillader meget store tolerancer. Moderne generatorer kan imidlertid uden videre arbejde inden for meget mindre tolerancer. Da film kan have en stejl karakteristisk med deraf følgende snævre tolerancer er små eksponeringstolerancer da også nødvendige. Dette gør sig især gældende ved optagelser af lunger og småknogler, hvor der arbejdes med små mAs-tal og korte eksponeringstider, for lungeoptagelsers vedkommende omkring 10 millisekunder.

Det skal anbefales, at man ved indkøb af generatorer i udbudsmaterialet specificerer tolerancer, f.eks. de nedenfor anførte, og ved beslutning om leverandør lader de af ham opgivne tolerancer indgå i vurderingen af generatorens egnethed.

Ved idriftsættelsen af generatoren skal de af leverandøren opgivne tolerancer verificeres. Råder køberen ikke over den nødvendige ekspertise og det nødvendige måleudstyr hertil, kan det anbefales at lade leverandøren udføre målingerne og dokumentere disse f.eks. ved at udfylde skemaerne bagerst i protokollen.

Følgende tolerancer foreslås:

reproducerbarhed:	5%
linearitet:	10%
højspænding:	5%
eksponeringstid:	Til og med 20 millisekunder: 20%

---

over 20 til og med 50 millisekunder: 10%  
over 50 millisekunder: 5%

rørstrøm x ekspone-  
ringstid:

Til og med 10 mAs: 10%  
over 10 mAs: 5%

At der for korte eksponeringstider og små mAs værdier tillades større tolerancer skyldes dels fabrikationsmæssige hensyn og dels at der er måletekniske problemer ved disse små værdier.

Med hensyn til reproducerbarheden skal denne sikre at filmsværtningen for samme indstillede mAs og kV er konstant fra eksponering til eksponering.

Lineariteten skal sikre at dosis per mAs ved en bestemt kV er uafhængig af den anvendte tid og mAs.

Det kan ikke forventes, at ældre udstyr kan overholde de anførte tolerancer ved alle indstillinger af kV, mAs og eksponeringstid. Men det bør kunne bringes til at overholde tolerancerne ved de indstillingskombinationer, der anvendes i det daglige arbejde.



---

## UDFØRELSE AF MÅLINGER PÅ RØNTGENGENERATORER

Da den væsentligste del af de generatorer, der anskaffes i dag har faldende last, er de følgende anbefalinger for målingers udførelse rettet mod sådanne generatorer, men vil eventuelt med modifikationer også kunne anvendes ved andre typer generatorer. Såfremt generatorer skal kontrolleres ved alle tænkelige kombinationer af de variable parametre, er dette uhyre tidskrævende. Der er i de følgende anbefalinger foretaget et valg således, at der kun måles ved udvalgte indstillinger. Kun ved måling af reproducerbarhed foretages der gentagne målinger ved et givet sæt eksponeringsdata. Ved de andre målinger måles kun én værdi, og kun såfremt tolerancen overskrides anbefales det at udføre gentagne målinger, f.eks. 3, ved et givet sæt eksponeringsdata.

Hvis man ved modtagekontrollen ikke ønsker at anvende invasive målemetoder, dvs. gøre indgreb i røntgengeneratoren, kan man i stedet for måling af mAs måle lineariteten med et dosimeter. Modsat kan måling af mAs erstatte en måling af linearitet.

**Emne:** HØJSPÆNDING

**Udstyr:** Spændingsdeler eller penetrameter

**Metode:** Målingerne udføres enten med en spændingsdeler, der kobles ind i højspændingskredsen, eller med et elektronisk penetrameter, der måler i strålingen. Der skal udføres målinger for begge fokus. Målingerne udføres ved 40 kV, 70 kV, 100 kV og 150 kV (eller højeste spænding), og de udføres ved en normalt anvendt belastning. Desuden udføres der en måling ved 100 kV, grovfokus og maksimal belastning for at teste generatorens stivhed. Det er vigtigt at se på højspændingens kurveform for at checke indsvingningsfænomener, idet de kan være vigtige til vurdering af generatorens funktion.

**Interval:** Ved modtagelse af nyt udstyr, ved reparation, ved driftsproblemer.

**Tolerance:**  $\frac{kV_m - kV_i}{kV_i} \leq 0.05$

hvor

$kV_m$  = målte kV

$kV_i$  = indikerede kV

**Emne:** REPRODUCERBARHED

**Udstyr:** Dosimeter  
Aluminiumabsorber 20 mm tyk

**Metode:** Målingen udføres med et dosimeter, så vidt muligt under "narrow beam" betingelser (se vejledningen herom i protokollen). En aluminiumabsorber indsættes i strålegangen. Der udføres 3 målinger. Mellem målingerne ændres arbejdsplads, fokus, kV, mAs osv. og stilles derefter tilbage til det oprindelige igen. Derved kontrollerer man, om generatoren yder det samme, hver gang et givet sæt eksponeringsdata indstilles. Reproducerbarheden undersøges ved nogle i den daglige brug almindeligt forekommende kombinationer af eksponeringsdata eller ved 80 kV og 50 mAs. Målingerne udføres kun ved én fokus.

**Interval:** Ved modtagelse af nyt udstyr, ved reparationer, ved driftsproblemer.

**Tolerance:**  $S < 0.05 \bar{X}$

hvor

$S$  = spredningen på de 3 dosismålinger

$\bar{X}$  = gennemsnit af de 3 dosismålinger

**Emne:** LINEARITET

**Udstyr:** Dosimeter  
Aluminiumabsorber 20 mm tyk

**Metode:** Målingerne udføres med dosimeteret for alle fokus, så vidt muligt under "narrow beam" betingelser (se vejledning herom). En aluminiumabsorber indsættes i strålegangen. Der vælges 90 kV ved alle målinger. Der indstilles 4 mAs-værdier jævnt fordelt over skalaen, fra 2 mAs til den højeste, dog maksimalt 400 mAs, idet der i praksis ikke anvendes højere mAs-tal. Der udføres én måling ved hver mAs-værdi, og dosis pr. mAs beregnes.

**Interval:** Ved modtagelse af nyt udstyr, ved reparation, ved driftsproblemer.

**Tolerance:**

$$\frac{\frac{X_{\max}}{mAs} - \frac{X_{\min}}{mAs}}{\frac{X_{\max}}{mAs} + \frac{X_{\min}}{mAs}} \leq 0.10$$

X er den målte dosis ved en bestemt mAs.

$\frac{X_{\max}}{mAs}$  er den største dosis pr. mAs af alle målinger.

$\frac{X_{\min}}{mAs}$  er den mindste dosis pr. mAs af alle målinger.

**Emne:** EKSPONERINGSTID

**Udstyr:** Spændingsdeler eller penetrameter

**Metode:** Eksponeringstiden er defineret som tidsintervallet fra spændingen første gang overstiger en værdi der ligger mellem 65% og 85% af maksimalværdien til den sidste gang falder til under den samme værdi. Såfremt der ikke er særlige problemer med formagnetiseringspulser vælges værdien 75%. Målingerne foretages ved en spænding på 70% af den maksimale spænding.

Målingerne udføres enten med en spændingsdeler, der kobles ind i højspændingskredsen, eller med et elektronisk penetrameter, der kan bestemme højspændingskurven over et fastsat spændingsniveau.

Målinger med en diode er uegnede, idet disse ikke gør det muligt at definere et bestemt niveau af rørspændingen i henhold til definitionen på eksponeringstiden, men kun et niveau af dosishastigheden.

Målingerne udføres fra 5 ms som laveste tid til 1 s, idet der udføres 5 målinger for hvert rør ved enten grov eller fin fokus. Målingerne skal udføres ved høj belastning (stor rørstrøm).

**Interval:** Ved modtagelse af nyt udstyr, ved reparation, ved driftsproblemer.

**Tolerancer:** Ved  $t_i$  til og med 20 ms:  $\frac{t_m - t_i}{t_i} < 0.20$

Ved  $t_i$  over 20 ms til og med 50 ms:  $\frac{t_m - t_i}{t_i} < 0.10$

Ved  $t_i$  over 50 ms:  $\frac{t_m - t_i}{t_i} < 0.05$

hvor

$t_m$  = målte eksponeringstid

$t_i$  = indikerede eksponeringstid

---

**Emne:** RØRSTRØM x EKSPONERINGSTID

**Udstyr:** mAs-meter

**Metode:** Målingerne udføres med et mAs-meter indsat i højspændingskredsen. Ved generatorer med faldende last skal der udføres målinger for alle fokus ved 80 kV fra den laveste til den højeste mAs, idet der vælges 10 værdier.

**Interval:** Ved modtagelse af nyt udstyr, ved reparation, ved driftsproblemer.

**Tolerancer:** Ved  $mAs_i \leq 10$  mAs:  $\frac{mAs_m - mAs_i}{mAs_i} < 0.10$

Ved  $mAs_i > 10$  mAs:  $\frac{mAs_m - mAs_i}{mAs_i} < 0.05$

$mAs_m$  = målte mAs

$mAs_i$  = indikerede mAs

**Emne:** NOMINEL EFFEKT FOR GENERATOR/RØNTGENRØR

**Metode:** Den nominelle effekt er den højeste elektriske effekt i kW som kombinationen generator/røntgenrør kan yde ved en eksponeringstid på 0.1 s og en rørspejding på 100 kV. Effekten beregnes for den største fokus, der er tilsluttet generatoren.

Den beregnes efter formlen:  $P = U \times I \times F$ , hvor

P er den elektriske effekt i kW

U er højspændingen i kV

I er rørstrømmen i A

F er en dimensionsløs størrelse

$F = 0.74$  for en- eller topulsgeneratorer

$F = 0.95$  for sekspulsgeneratorer

$F = 1.0$  for pulstal højere end seks

Generatoren indstilles til 100 kV og 0.1 s, og den maksimale mAs som generatoren nu kan arbejde med indstilles og aflæses på pultens mAs-meter. Rørstrømmen beregnes på følgende måde:

$$I = \frac{\text{milliamperesekundprodukt (mAs)}}{1000 \times \text{exponeringstid (s)}}$$

**Interval:** Ved modtagelse af nyt udstyr og ved skift af røntgenrør.

**Tolerance:** Den udregnede effekt må ikke ligge mere end 10% under den nominelle.



---

## DOSISMÅLINGER UNDER "NARROW BEAM" BETINGELSER

Ved måling under "narrow beam" betingelser skal strålingen indblændes så meget som muligt for at minimere bidrag fra den spredte stråling.

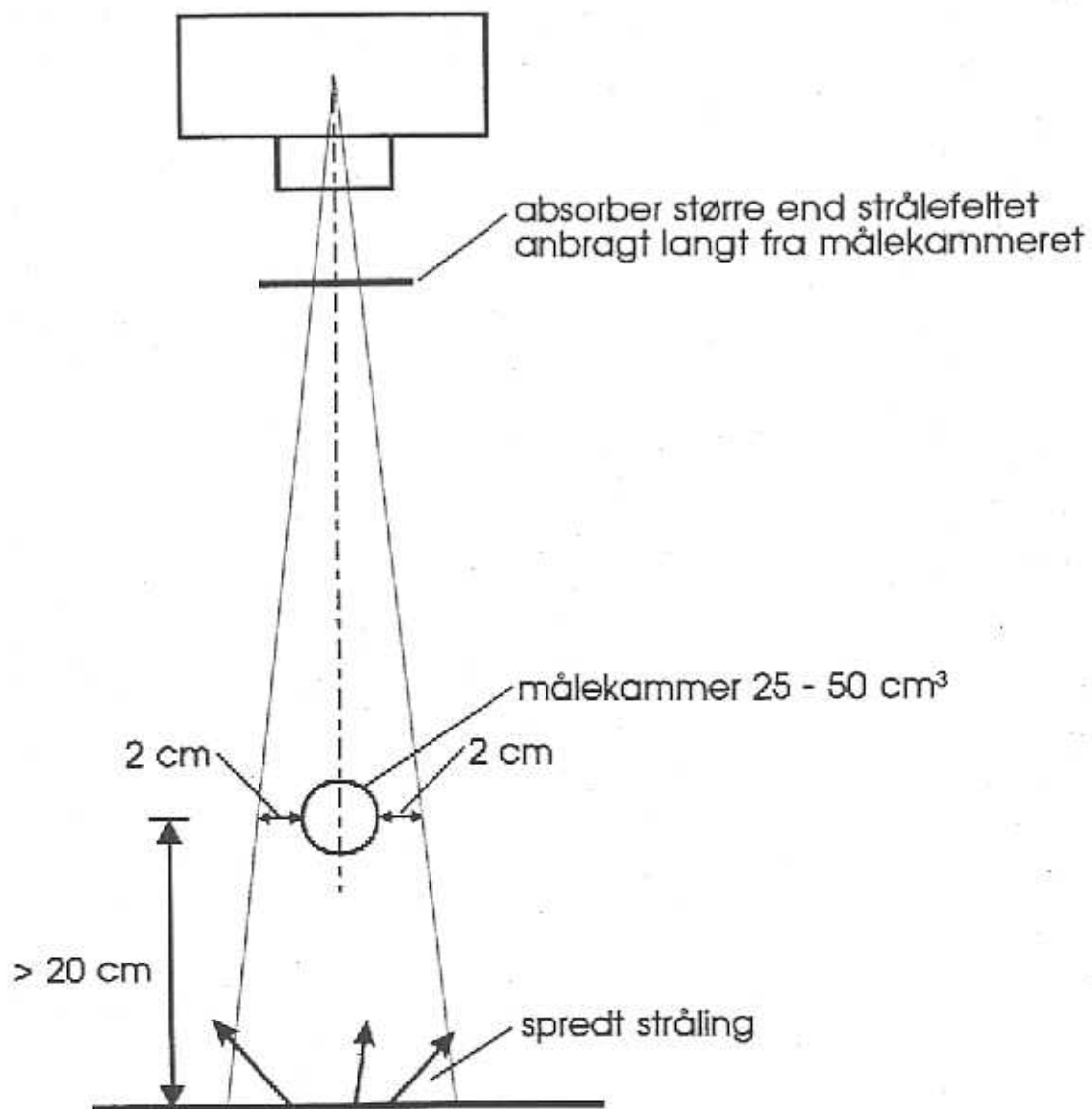
Imidlertid er det ikke altid muligt at måle under sådanne betingelser, og ved de her anbefalede målinger kan det heller ikke anses for afgørende for resultatet. Der anvendes normalt et ionisationskammer med et volumen på 25-50 cm<sup>3</sup>. Et større kammer er ganske vist mere følsomt, men vil kræve et større strålefelt.

Ved måling skal man være sikker på, at hele kammeret er udblændet, uden at feltet som nævnt bliver alt for stort. Dette opnås i praksis ved at strålefeltet på alle sider går 2 cm uden for kammeret. Ved denne indstilling af feltet bør man ikke forlade sig på lysviserblænderen alene, men kontrollere udblænding med et stykke fluorescerende skærm eller en film.

Målekammeret skal placeres i en afstand af mindst 20 cm fra genstande, der danner spredt stråling.

Ved måling af halvværdilag ved hjælp af absorbere skal disse placeres så langt fra målekammeret som muligt og have en sådan størrelse, at de med sikkerhed er større end strålefeltet.

## Dosismåling under "narrow beam" betingelser



## MÅLESKEMAER

Skemaerne på de følgende sider udfyldes ved modtagekontrollen, og de målte værdier sammenholdes med de ved anskaffelsen krævede eller med de i denne protokol angivne. Skemaerne har et felt til bemærkninger. Her kan f.eks. noteres data, som kan være vigtige for at udføre målingerne på samme måde senere.

De udfyldte skemaer opbevares ved røntgenudstyret til brug i forbindelse med senere gentagelse af målingerne.

Skemaerne kan kopieres efter behov.

Modtagekontrol af  
røntgeneratore

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

## HØJSPÆNDING FINFOKUS

Generator:

Røntgenrør:

Måling nr.	Indstillet kV	Indstillet mAs	Målt kV	$\frac{kV_m - kV_i}{kV_i}$	Bemærkninger
1	40				
2	70				
3	100				
4	150				

Initialer:

Modtagekontrol af  
røntgengeneratorer

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

## HØJSPÆNDING GROVFOKUS

Generator:

Røntgenrør:

Måling* nr.	Indstillet kV	Indstillet mAs	Målt kV	$\frac{kV_m - kV_i}{kV_i}$	Bemærkninger
1	40				
2	70				
3	100				
4	150				
5	100				

\*Måling 1-4 er for middel belastning og 5 er for max. belastning.

Initialer:

Modtagekontrol af  
røntgengeneratorer

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

## REPRODUCERBARHED

Generator:

Røntgenrør/fokus:

Indstillet højspænding:	kV
Indstillet milliamp.sek. produkt:	mAs
Indstillet rørstrøm:	mA
Indstillet tid:	ms

Måling	Målt dosis (X)	Bemærkninger
1		
2		
3		

Gennemsnit  $\bar{X} = \frac{\quad + \quad + \quad}{3}$

Spredning  $S =$

Reproducerbarhed  $\frac{S}{\bar{X}} =$

Initialer:

Modtagekontrol af  
røntgengeneratorer

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

## LINEARITET

### FINFOKUS

Generator:

Røntgenrør:

Måling nr.	Indstillet mAs	Målt dosis X	$\frac{X}{\text{mAs}}$	Bemærkninger
1				
2				
3				
4				

$$\frac{X_{\max}}{\text{mAs}} - \frac{X_{\min}}{\text{mAs}}$$

=

$$\frac{X_{\max}}{\text{mAs}} + \frac{X_{\min}}{\text{mAs}}$$

Initialer:

Modtagekontrol af  
røntgengeneratorer

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

## LINEARITET GROVFOKUS

Generator:

Røntgenrør:

Måling nr.	Indstillet mAs	Målt dosis X	$\frac{X}{\text{mAs}}$	Bemærkninger
1				
2				
3				
4				

$$\frac{X_{\max}}{\text{mAs}} - \frac{X_{\min}}{\text{mAs}}$$

=

$$\frac{X_{\max}}{\text{mAs}} + \frac{X_{\min}}{\text{mAs}}$$

Initialer:



Modtagekontrol af  
røntgengeneratorer

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

## EKSPONERINGSTID

Generator:

Røntgenrør:

Indstillet måletærskel (65% - 85%) =

Indstillet højspænding (70% af kV max) =

Måling nr.	Indstillet tid	Målt tid	$\frac{t_m - t_i}{t_i}$	Bemærkninger
1				
2				
3				
4				
5				

Initialer:

Modtagekontrol af  
røntgengeneratorer

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

## RØRSTRØM x EKSPONERINGSTID VED FINFOKUS

Generator:

Røntgenrør:

Måling nr.	Indstillet mAs	Målt mAs	$\frac{mAs_m - mAs_i}{mAs_i}$	Bemærkninger
1				
2				
3				
4				

Initialer:

Modtagekontrol af  
røntgengeneratorer

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

RØRSTRØM x EKSPONERINGSTID  
VED GROVFOKUS

Generator:

Røntgenrør:

Måling nr.	Indstillet mAs	Målt mAs	$\frac{mAs_m - mAs_i}{mAs_i}$	Bemærkninger
1				
2				
3				
4				

Initialer:

Modtagekontrol af  
røntgengeneratorer

MÅLESKEMA

Sygehus:

Dato:

Afdeling:

Rum:

## NOMINEL EFFEKT VED GROVFOKUS

Generator:

Røntgenrør:

Aflæst højspænding (U):	kV
Aflæst tid (t):	s
Aflæst milliamperesekund produkt:	mAs
Beregnet rørstrøm (I):	A
Beregnet effekt (P):	kW

*Beregnet effekt  $\geq 0.9$  x nominel effekt*

$$I = \frac{\text{(mAs)}}{1000 \times t}$$

$$P = U \times I \times F$$

Bemærkninger:

Initialer: