



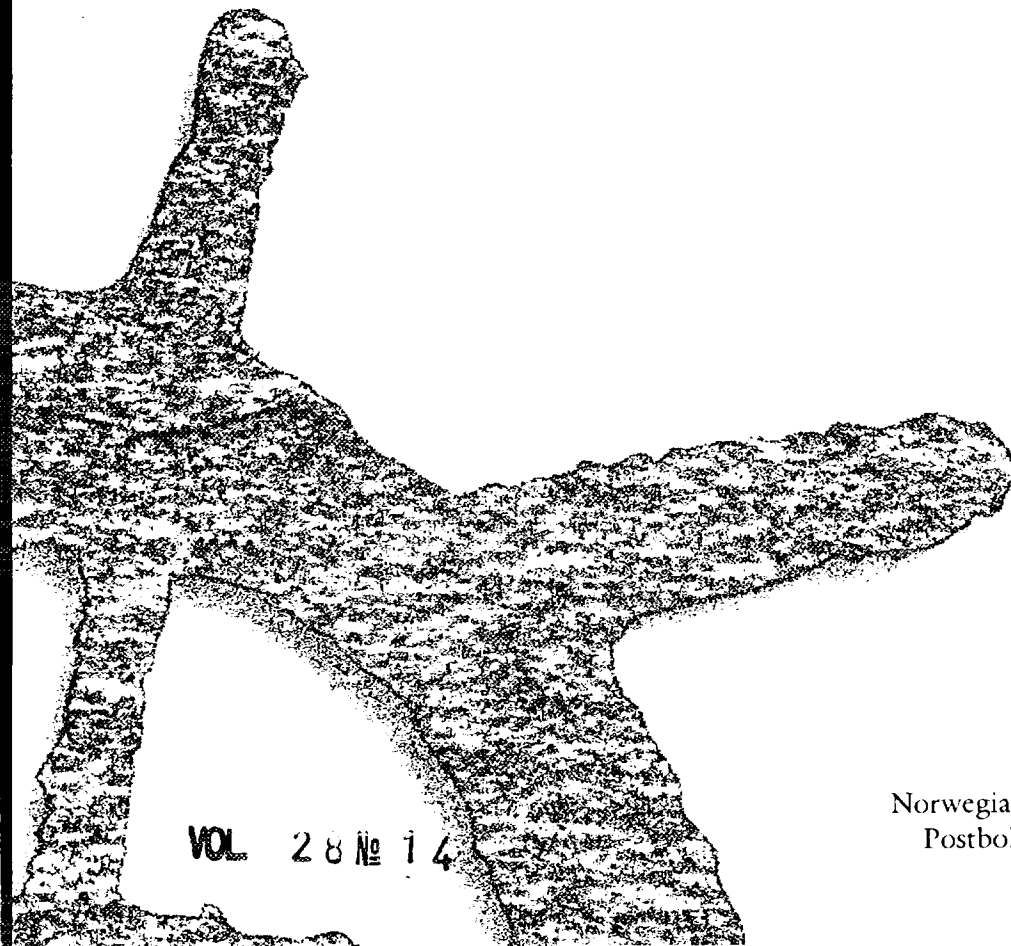
NO9700090

StrålevernRapport 1996:7

Prøveprosjekt med mammografiscreening

Teknisk kvalitetskontroll det første året

Jan B. Olsen – Jarle Nordanger



VOL 28 No 14



*Statens
strålevern*

Norwegian Radiation Protection Authority
Postboks 55 · N-1345 Østerås · Norway

Prøveprosjekt med mammografiscreening

Teknisk kvalitetskontroll det første året

Jan B. Olsen – Jarle Nordanger

Referanse:

Olsen JB, Nordanger J. Prøveprosjekt med mammografiscreening: Teknisk kvalitetskontroll det første året. StrålevernRapport 1996:7. Østerås: Statens strålevern, 1996.

Emneord:

Mammografi. Utstyr. Kvalitetskontroll.

Resymé:

Ved Statens strålevern er det opprettet en øremerket tilsynsgruppe knyttet til prøveprosjektet med mammografiscreening. Denne rapporten inneholder resultater fra mottaks- og statuskontroller utført i løpet av prosjektets første år. Resultatene viser at apparaturen holder god teknisk kvalitet, og at bildekvaliteten er god alle steder.

Reference:

Olsen JB, Nordanger J. National breast cancer screening programme: Technical quality control the first year. NRPA Report 1996:7. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 1996. Language: Norwegian.

Key words:

Mammography. Equipment. Quality Control.

Abstract:

At the Norwegian Radiation Protection Authority, an inspection body dedicated to the national breast cancer screening programme is established. This report contains results from the acceptance tests and status controls carried out during the first year of the project. The results shows that the equipment is performing properly, and that the image quality is fully satisfactory at all sites.

Prosjektleder: Jan B. Olsen.

Godkjent:



Gunnar Saxebøl, avdelingsdirektør, Avdeling Tilsyn.

34 sider.

Utgitt 1996-10-18.

Opplag 200.

Form, omslag: Graf, Oslo

Trykk: Grüner & Jebsen A/S, Østerås

Bestilles fra:

Statens strålevern, Postboks 55, 1345 Østerås.

Telefon 67 16 25 00, telefaks 67 14 74 07

ISSN 0804-4910

Sammendrag

I forbindelse med prøveprosjektet med mammografiscreening ble det i løpet av våren 1995 opprettet en øremerket tilsynsgruppe ved Statens strålevern. I løpet av høsten 1995 ble det utarbeidet to kvalitetskontrollmanualer, en til bruk for radiografene i prøvefylkene og en for Statens strålevern. Statens strålevern har i samarbeid med Det Norske Radiumhospital, arrangert kurs for radiografene, hvor kvalitetskontroll utgjorde en sentral del.

Etterhvert som screeningen har startet opp i det enkelte fylke, har Statens strålevern gjennomført tekniske mottaks- og statuskontroller av mammografer og framkallere. For de stedene som startet først har dette blitt fulgt opp med et nytt stedlig tilsyn i løpet av våren 1996.

Resultatene fra mottaks- og statuskontrollene er samlet i denne rapporten. Mammografene holdt en høy teknisk standard, hvilket har sammenheng med at de fleste apparatene er nyanskaffet til prosjektet. Filmladerne, som også er nyanskaffet i forbindelse med prosjektet, har vært beheftet med flere tekniske problemer. Det har ikke vært spesielle problemer knyttet til framkallingsprosessen. Det er imidlertid vanskelig å forklare de store forskjellene i følsomhet og kontrast mellom stedene, da alt utstyret er fra samme leverandør og innstilt etter leverandørens anbefalinger.

Summary

As part of the national breast cancer screening programme, a dedicated inspection body was established during the spring of 1995 at the Norwegian Radiation Protection Authority (NRPA). During the autumn of 1995, two quality control manuals were made written, one for the radiographers in the programme and one for the NRPA. NRPA has, together with the Norwegian Radium Hospital, organized courses for the radiographers, with quality control as a major subject.

Four counties participate in the programme, and the screening was started between October 1995 and February 1996. As the screening started in a county, NRPA carried out acceptance tests and status controls of all the x-ray equipment and film processors. This has been followed up by a new site visit during the spring of 1996 for the counties that started first.

This report contains the results from the acceptance tests and status controls. The x-ray equipment is technically working very well, as was to be expected because most of the equipment was obtained specifically for the programme. There have repeatedly been technical problems with the daylight film loaders. The film processing was satisfactory. However, as all sites have film processors from the same manufacturer which are set according to the manufacturer's recommendations, there is no obvious explanation to the differences in film speed and contrast.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	iii
SUMMARY	iv
INNHOLDSFORTEGNELSE	v
1 INNLEDNING	1
1.1 DEFINISJONER	2
1.2 UTSTYR	2
1.3 DATAPROGRAM TIL BRUK VED DET STEDLIGE TILSYN	3
2 MÅLINGER OG RESULTATER	4
2.1 MEKANISK OG FUNKSJONELL SIKKERHET	4
2.2 AUTOMATISK EKSPONERINGSKONTROLL (AEC)	4
2.3 FILMSVERTNING	4
2.4 FILM-FOLJE-KONTAKT	5
2.5 FORSTERKNINGSFOLIENES HASTIGHET	5
2.6 VURDERING AV BILDEKVALITET	6
2.7 STRÅLEFELTSGEOMETRI	7
2.8 KOMPRESJON	8
2.9 FOKUSSTØRRELSE	8
2.10 RØRSPENNING OG KURVEFORMER	10
2.11 EKSPONERINGSTID	10
2.12 HALVVERDILAG	11
2.13 STRÅLEUTBYTTE	11
2.14 MIDLERE ABSORBERT BRYSTKJERTELDOSE	12
2.15 DOSE TIL REGISTRERENDE SYSTEM	13
2.16 FRAMKALLINGSPROSESSEN	13
2.17 MØRKEROM	14
2.18 ARTEFAKTER	15
3 DISKUSJON	16
4 KONKLUSJONER	20
REFERANSER	21
VEDLEGG I. EKSEMPEL PÅ MÅLERESULTATER	22

1 Innledning

Ved Statens strålevern (Strålevernet) er det opprettet en øremerket tilsynsgruppe for prøveprosjektet med mammografiscreening. Gruppen består av en radiograf og en forsker (for tiden to forskere i 50 % stilling). De viktigste oppgavene har så langt vært:

- mottaks- og statuskontroll av alt røntgenutstyr
- utarbeidelse av to kvalitetskontrollmanualer
- opplæring av radiografer i bildedannelse, strålefysiske prinsipper og kvalitetskontroll
- samarbeid med leverandørene og radiografene/radiologene
- egen kompetansoppbygging

Tilsynsgruppen skal føre tilsyn med alle mammografiapparatene og framkallingsmaskinene som omfattes av prosjektet. Med dette menes alle screeningenhetene samt de kliniske enhetene hvor videreutredning av de selekterte kvinnene foregår. Strålevernets tilsyn er i hovedsak basert på manual 7 i kvalitetssikringsmanualen for prøveprosjektet med mammografiscreening [5]. Tilsynet omfatter også gjennomgang av det kvalitetskontrollarbeidet som screeningsentrene og de brystdiagnostiske sentrene selv er ansvarlig for i henhold til manual 1 i kvalitetssikringsmanualen [6].

Det stilles store krav til ytelse og stabilitet for utstyr som skal brukes til mammografi generelt og screening spesielt. For å sikre høy og stabil kvalitet er det nødvendig med en regelmessig teknisk kvalitetskontroll. Det er vanlig å dele kvalitetskontrolltestene inn i 3 grupper:

- 1) *Mottakskontrollen* finner sted i forbindelse med installering og overlevering av utstyret. Ved denne kontrollen er teknisk personell fra leverandør og mottaker tilstede. Formålet er her å vurdere om utstyret virker som det skal og fastsette referanseverdier for utstyrets ytelse. Ved senere statuskontroller sammenlignes resultatene med disse referanseverdiene.
- 2) *Statuskontroller* utføres minst 1 gang i året. Det foretas da en grundig gjennomgang av utstyret for å påse at ytelsen er i samsvar med aksepterte standarder. Statuskontrollene er i hovedsak identisk med mottakskontrollene, men noe mindre omfattende. I prøveprosjektet er statuskontrollene tillagt Strålevernet og de enkelte kontrollmomenter er beskrevet i manual 7.
- 3) *Konstanskontroller* er enkle og vanligvis lite tidkrevende tester som gjøres hyppig for å kontrollere stabilitet og ytelse til de mest vitale funksjoner ved utstyret. I prøveprosjektet er denne kontrollen det enkelte senters ansvar, og det skal utpekes en radiograf som er ansvarlig for etablering og ivaretagelse av kontrollrutinene beskrevet i manual 1. Denne radiografen skal også være Strålevernets kontaktperson på det enkelte sted.

Strålevernet har gjennomført mottakskontroll av alt nytt utstyr til prosjektet og også for det utstyret som eksisterte fra tidligere. Disse kontrollene inneholder imidlertid ikke alle de elementer som vanligvis forbindes med en mottakskontroll, som formelt sett er en sak mellom kjøper og selger. Begrepet mottakskontroll er likevel benyttet, da formålet var å kontrollere at utstyret virket som det skulle i henhold til fastsatte krav og gjeldende

standarder, samt å etablere referanseverdier for utstyrets ytelse. Fastsettelse av referanseverdier for de daglige testene er imidlertid det enkelte senters eget ansvar.

Mottakskontrollene har blitt gjort etter hvert som screeningen har startet opp i det enkelte fylke, og strekker seg over et halvt år i tid. Resultatene av disse kontrollene er samlet i denne rapporten. Foruten kontrollene beskrevet i manual 7, omfattet også kontrollene flere av testene beskrevet i manual 1. Disse ble i noen tilfeller utført av personalet på stedet. For de steder som har blitt besøkt flere ganger, er kun resultatene fra siste besøk inkludert i denne rapporten. Antall målinger varierer betydelig for de forskjellige testene, noe som beror på at utstyret har forskjellig antall bruksopsjoner (anoder, fokusstørrelser, kassetiformater, m.v.).

Hvert sted har oppnevnt en radiograf som ansvarlig for alt kvalitetskontrollarbeidet (kvalitetskontrollradiograf). Resultatene fra mottaks- og statuskontrollene er fortløpende blitt sendt til kvalitetskontrollradiografen ved de respektive stedene. Dataene fra målingene er derfor samlet og presentert på en generell måte i denne rapporten. Dette gjør måleresultatene fra det enkelte sted vanskelig å identifisere.

1.1 Definisjoner

I rapporten brukes ord utledet av REFERANSE og STANDARD. Eksponeringer gjøres hovedsakelig ved to ulike innstillinger:

- REFERANSEINNSTILLING. Eksponeringsfaktorer (kV, anode, filter, m.v.) og andre forhold (fokus-film-avstand, svertningskorreksjon, m.v.) satt som under vanlige arbeidsforhold. Målinger med denne innstillingen gir klinisk relevant informasjon om utstyret og bruken av det.
- STANDARDINNSTILLING. Bruker faste eksponeringsfaktorer (28 kV, Mo/Mo, m.v.), mens alle andre forhold er som for REFERANSEINNSTILLING. Målinger med denne innstillingen gir informasjon om utstyret under standardiserte betingelser, noe som kan brukes for sammenligning av ulike enheters ytelse opp mot fastsatte krav og standarder.

Andre sentrale begrep er:

- REFERANSEPUNKT. Punkt som ligger transversalt i senter 4 cm fra filmkanten på brystveggsiden. Filmsvertningen (OD) måles i dette punktet om ikke annet er angitt.
- REFERANSEPOSISJON. Angir plasseringen av fantomet på kassettbordet: mot brystveggsiden og slik at fantomet sårer såvidt utenfor bordkanten.
- REFERANSEKASSETT. Merket kassett som alltid brukes i kvalitetskontrollprosedyrene.
- Netto filmsvertning (ND). Filmsvertning fratrukket filmens grunnslør.
- STANDARDBRYST. 4,5 cm vevsekvivalent materiale (50 % fett og 50 % kjertelvev).
- REFERANSEEKSPONERING. mAs-verdi ved eksponering av et STANDARDBRYST med bruk av REFERANSEINNSTILLING.

1.2 Utstyr

I prøveprosjektet er alle mammografene til screeningen nyanskaffet og av samme modell (Siemens Mammomat 300). Utstyret ved de brystdiagnostiske sentrene er av varierende

type, og kun et fåtall er nyanskaffet. Tabell 1 viser hvilke mammografer som omfattes av prosjektet.

<i>Produsent</i>	<i>Modell</i>	<i>Antall</i>
General Electric CGR	Senographe 600 T	2
	Senographe DMR	3
Siemens	Mammomat 300	7
	Mammomat 3000	3

Tabell 1. Oversikt over hvilke mammografer som omfattes av prøveprosjektet.

Alle prøvefylkene valgte samme leverandør av film og framkallingsutstyr (Kodak), og samtlige av de brystdiagnostiske senterne benyttet denne leverandøren fra tidligere. Et sted benyttet Kodaks Min-RH film og standard framkallingsprosess (90 sekunders gjennomløpstid), mens de resterende benyttet Min-RE filmen og forlenget syklus (3,5 minutter).

Strålevernet har gått til anskaffelse av det nødvendige måleutstyr for mottaks- og statuskontrollene (tabell 2). Ved mange av testene benyttet homogene plater av et vevsekvivalent materiale. Det er vanlig å bruke perspeks, som er vesentlig tettere enn normalt brystvev, for disse testene. Strålevernet har benyttet et materiale som tilsvarer et middels tett bryst (50 % fett og 50 % kjertelvev).

<i>Utstyr</i>	<i>Produsent</i>	<i>Modell</i>
Plater av vevsekvivalent materiale (omtalt som perspeks)	CIRS	Model I4A
Densitometer	Kodak	Control Strip Reader
Finmasket metallnett	Gammex RMI	157A
Linjetestraster	CIRS	Gull, 5-20 lp/mm
Bildekvalitetsfantom	CIRS	Model 11A
Bildekvalitetsfantom	RMI	Model 156
Slit-kamera	Gammex RMI	07-624
Stativ for fokusmålinger	Gammex RMI	07-623
Forstørrelsesglass med måleskala	Gammex RMI	07-620
Penetrameter, styringsprogram	RTI Electronics AB	PMX III, oRTIgo
Elektrometer, ionisasjonskammer	Radcal Corporation	20X5-6M
Aluminiumsfiltere	Gammex RMI	115H
Sensitometer	Kodak	Process Control Sensitometer

Tabell 2. Oversikt over det måleutstyret som er benyttet ved kontrollene.

1.3 Dataprogram til bruk ved det stedlige tilsyn

Strålevernet har utviklet et dataprogram til bruk ved stedlige tilsyn, bestående av en rekke elektroniske regneark [Excel 5.0; Microsoft Corporation] som omfatter flesteparten av kontrollmomentene i manual 7. Måleverdiene mates inn i programmet, som deretter gjør de nødvendige beregninger og kommer ut med godkjent eller ikke godkjent i henhold til grenseverdiene definert i manualen. Strålevernets rapport etter et tilsynsbesøk består av en utskrift av disse regnearkene og et følgebrev med de viktigste konklusjonene. En utskrift av regnearkene er gitt i vedlegg 1.

2 Målinger og resultater

I forbindelse med mottaks- og statuskontrollene ble de fleste av testene i manual 1 og samtlige av testene i manual 7 gjort. Testprosedyrene er beskrevet i detalj i disse manualene, og er derfor beskrevet svært kortfattet her, med henvisning til de relevante avsnitt i kvalitetskontrollmanualen.

2.1 Mekanisk og funksjonell sikkerhet

Dette omfatter enkle tester for å kontrollere om låser, bremses og fotpedaler virker som de skal. Det testes også at kassettbordet ikke kan beveges når kompresjonen er i bruk og at kompresjonen blir frigjort etter eksponering og ved nødstopp eller strømbrudd. Kontrollmomentene finnes beskrevet i avsnitt 2.1 *Mekanisk og funksjonell sikkerhet* i manual 1.

Testene har gitt tilfredsstillende resultat alle steder. Eneste anmerkning gjelder GE's Senographe 600 T, hvor det var mulig å bevege kassettbordet når kompresjon var i bruk. Dette skyldes imidlertid ikke noen feil, men apparatens konstruksjon. Senographe 600 T har vært i bruk i mange år, og radiografene er oppmerksom på denne muligheten. Det er siden disse apparatene ble levert, kommet nye krav til bl.a. funksjonell sikkerhet, og nye mammografer har innebygget en sperre som hindrer bevegelse av kassettbordet når kompresjonen er i bruk.

2.2 Automatisk eksponeringskontroll (AEC)

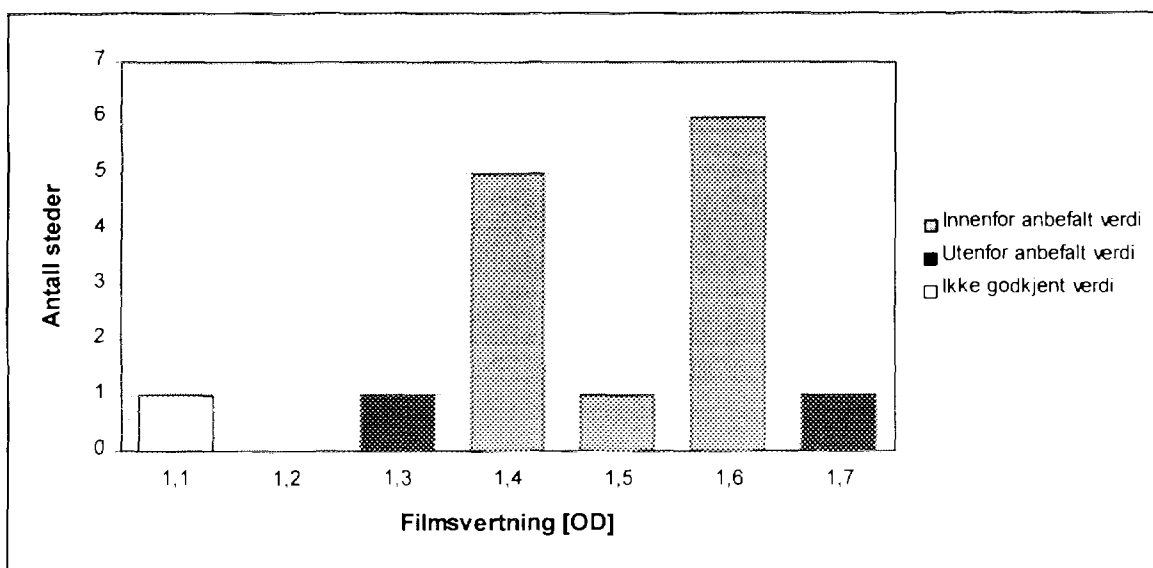
Testing av den automatiske eksponeringskontrollen kan inndeles i 1) kontrollere av at filmsvertningen er tilnærmet konstant over tid, og 2) kontroll av at filmsvertningen er tilnærmet uavhengig av eksponeringsteknikk og brystets tykkelse og tetthet. I forbindelse med mottaks- og statuskontrollene er kun det siste punktet aktuelt, og testene finnes beskrevet i avsnitt 2.2 *Automatisk eksponeringskontroll (AEC)* i manual 1.

Flere av testene har ikke gitt tilfredsstillende resultater. Dette gjelder spesielt for tykkelseskompensasjonen og kV-kompensasjonen på Siemens' Mammomat 300 og 3000. Eksempelvis har svertningen gjennomgående blitt altfor lav ved 6 cm objekt tykkelse. I løpet av våren 1996 er både software og hardware til AEC'en byttet i alle Mammomat'ene, og tykkelseskompensasjonen er nå tilfredsstillende. kV-kompensasjonen er fortsatt ikke optimal, da bildene blir undereksponert ved 24 kV. Dette medfører imidlertid små praktiske problemer, siden så lave kV-verdier sjelden benyttes.

2.3 Filmsvertning

For å sammenligne filmsvertningen de forskjellige stedene ble det gjort en eksponering av et STANDARDBRYST ved REFERANSEINNSTILLING. Filmen ble framkalt på stedet, og svertningen ble målt i REFERANSEPUNKTET.

Variasjonene i filmsvertning er vist i figur 1. De fleste steder ligger innenfor det anbefalte området, og kun ett sted, som er et brystdiagnostisk senter, ligger utenfor det tillatte området definert i avsnitt 2.2.1 *AEC - Reproduserbarhet* i manual 1. Disse grenseverdiene er definert med tanke på screening, og er ikke å betrakte som absolutte grenser for



Figur 1. Filmsvertningen målt i REFERANSEPUNKTET for eksponering av et STANDARDBRYST med bruk av REFERANSEINNSTILLING.

klinisk virksomhet. Ved screening tas det kun to bilder av hvert bryst, og disse framkalles først etter at kvinnene har forlatt laboratoriet. Det er derfor svært viktig å eksponere slik at alle deler av brystet blir gjennomeksponert for å få tilstrekkelig kontrast. Ved klinisk virksomhet tydes imidlertid bildene fortløpende, og det tas tilleggsbilder etter behov.

2.4 Film-folie-kontakt

På grunn av kassettenes spesielle konstruksjon kan dårlig film-folie-kontakt være et problem i mammografi. Dårlig film-folie-kontakt gir redusert oppløsningsevne, og kan medføre tap av diagnostisk informasjon. Det er vanskelig for den som tyder mammogrammene å oppdage dette, bl.a. fordi dårlig film-folie-kontakt vanligvis kun opptrer i mindre områder. Regelmessig kontroll av kassettenes er derfor viktig. Testprosedyren består i å eksponere et finmasket metallnett plassert direkte oppå kassettenes (avsnitt 4.2 *Film-folie-kontakt* i manual 1).

Bildene ble hengt opp på en lyskasse og vurdert på 1-2 meters avstand. Dårlig film-folie kontakt indikeres av områder med forhøyet svertning. Det er vanskelig å sette klare grenselinjer for hva som er akseptabelt eller ikke, da det nesten alltid vil være et antall mørke områder på disse filmene. Når det var store, gjennomsvartede områder (> 1 cm) eller mange områder med dårlig film-folie-kontakt, ble kassetten vurdert som ikke akseptabel.

Film-folie-kontakten var tilfredsstillende for de fleste kassettenes. Enkelte kassetter har blitt skiftet ut. Resultatene var gjennomgående bedre for 18x24 cm kassettenes enn for 24x30 cm kassettenes.

2.5 Forsterkningsfolienes hastighet

Det er viktig at filmsvertningen blir den samme uavhengig av hvilken kassetten som brukes. Forsterkningsfolienes hastighet ble testet ved å eksponere et STANDARDBRYST med bruk

av REFERANSEINNSTILLING og med fantomet i REFERANSEPOSISJON (avsnitt 4.3 *Forsterkningsfolienes hastighet* i manual 1).

Størstedelen av kassetene hadde god uniformitet i filmsvertning. Steder med flere apparater har fordelt kassetene etter foliehastigheten, slik at hvert laboratorium fikk kassetter med god uniformitet i svertning. De kassetter som ikke tilfredsstilte kravet til uniformitet i svertning har blitt erstattet, slik at alle kassetter som nå er i bruk tilfredsstiller de fastsatte kravene.

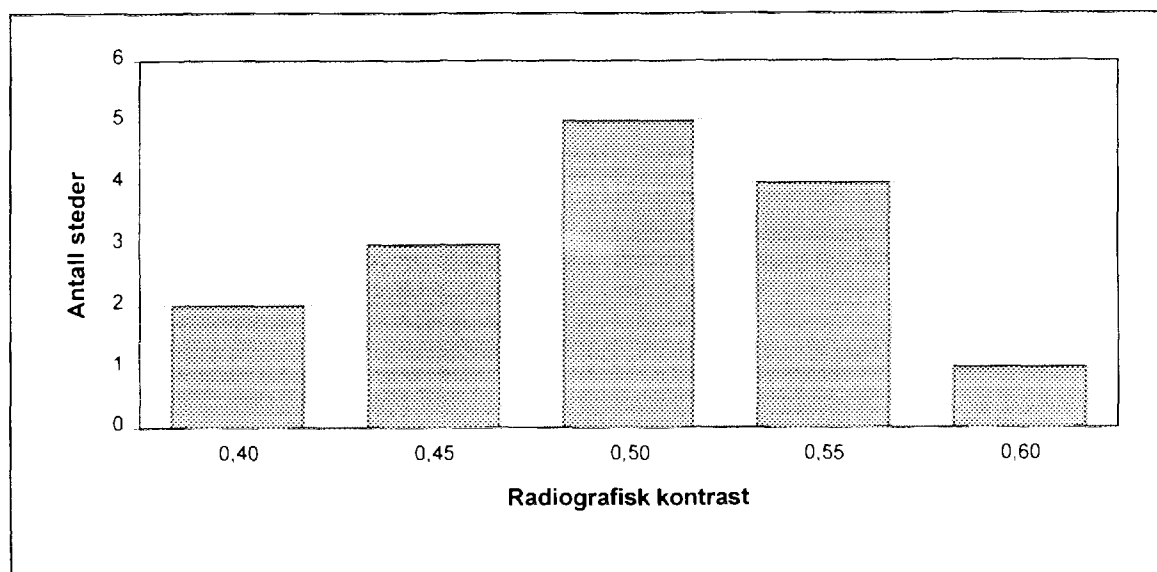
2.6 *Vurdering av bildekvalitet*

Opplosningsevnen ble målt både i fokusets lengderetning og bredderetning med oppløsningsrasteret liggende oppå et STANDARDBRYST. Opplosningsrasteret ble plassert slik at målingen ble gjort nærmest mulig brystveggposisjonen. Tre observatører tydet bildene uavhengig av hverandre, og det var små forskjeller mellom disse. Medianverdien for de tre observatørene ble brukt.

I fokusets lengderetning varierte oppløsningen fra 10 lp/mm til 18-19 lp/mm (ca. 13 lp/mm i gjennomsnitt). Opplosningen i fokusets bredderetning varierte mindre, og lå hovedsakelig mellom 15 og 18 lp/mm. Det var betydelig forskjell i oppløsning i fokusets lengderetning mellom Senographe'ene (ca. 18 lp/mm for de fleste) og Mammomat'ene (11-12 lp/mm).

Testing av bildekvalitet er beskrevet generelt i manual 1 (avsnitt 6.1 *Vurdering av bildekvalitet*), og prosedyren vil avhenge av hvilket bildekvalitetsfantom som benyttes. Strålevernet har benyttet CIRS-fantomet og RMI-fantomet (tabell 2).

For RMI-fantomet finnes det spesifikke krav til antall strukturer som skal kunne ses, for at bildekvaliteten blir vurdert som tilfredsstillende. Ingen av stedene hadde problemer med å tilfredsstille disse kravene, og det var kun små forskjeller mellom de ulike stedene.



Figur 2. Kontrasten fra CIRS-fantomet. Verdien er fremkommet ved å ta differansen i filmsvertning mellom to bestemte områder i fantomet.

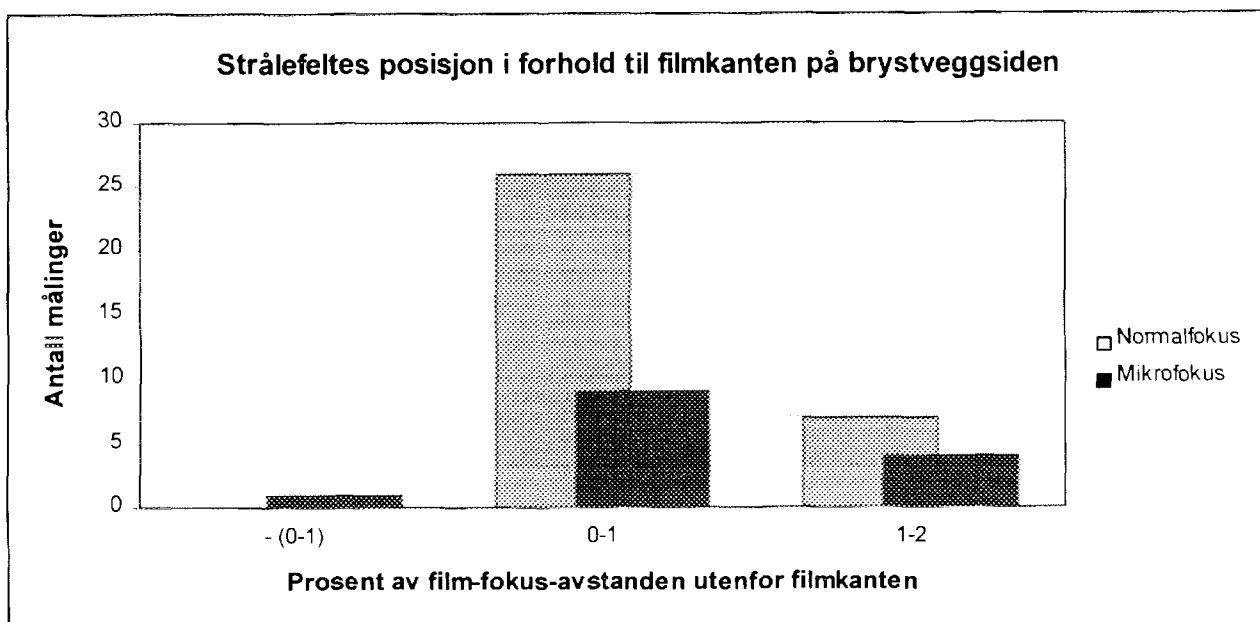
CIRS-fantomet er nyanskaffet i forbindelse med mammografiscreeningen. Det inneholder betydelig flere strukturer enn RMI-fantomet, og evalueringen er mer tidkrevende. Med økende erfaring med fantomet kan det ventes at evalueringen vil gå raskere. Flere av strukturene i fantomet er av samme type som i RMI-fantomet, men de ligger annerledes plassert og har ikke eksakt de samme dimensjoner. For disse typene strukturer var det, som for RMI-fantomet, små variasjoner. Filmsvertningen varierte fra mindre enn 1,0 til over 1,6, men de fleste filmene hadde svertning over 1,3. Også kontrasten (forskjellen i filmsvertning mellom to veldefinerte områder) varierte mye, og det var ca. en faktor 1,5 mellom høyeste og laveste verdi (figur 2). Alle stedene hadde imidlertid kontrast godt over 0,34, som er minsteverdien anbefalt i manualen for fantomet [Computerized Imaging Reference Systems, Inc. (CIRS). Tissue equivalent breast phantom, Model 11A. Technical paper. Norfolk, VA, 1995].

2.7 Strålefeltsgeometri

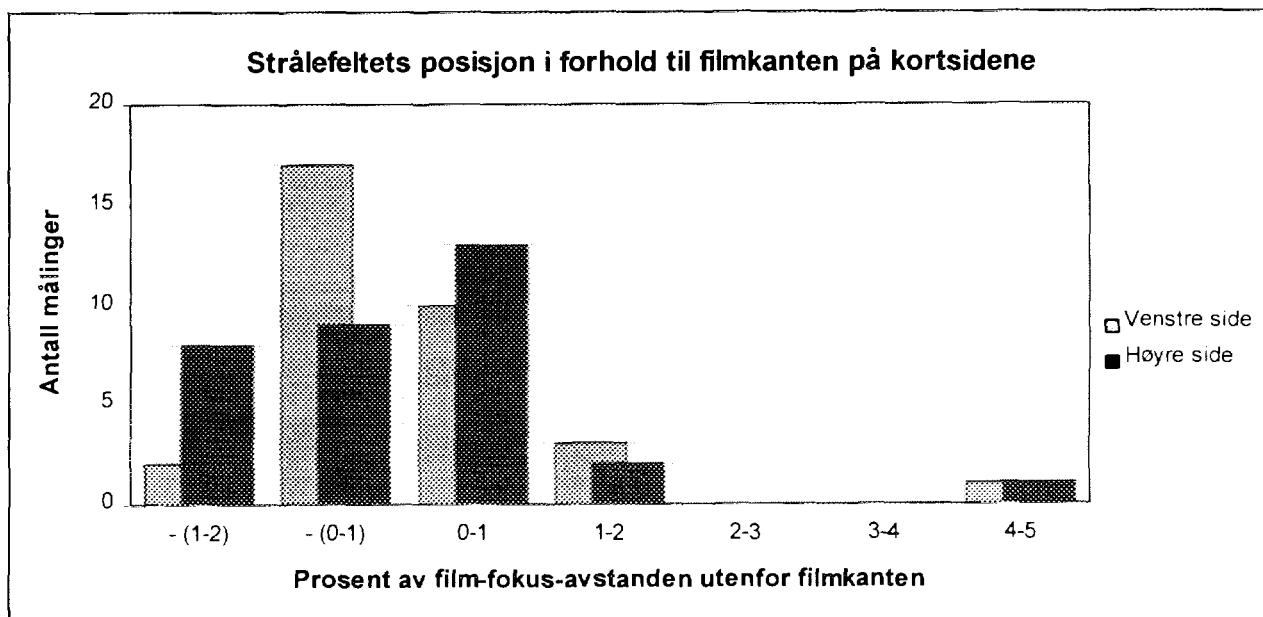
For å unngå tap av diagnostisk informasjon skal hele filmen eksponeres på brystvegg-siden uten at kompresjonsplatens fremre kant synes på filmen. Samtidig, for å unngå unødig strålebelastning, skal strålefeltet ikke gå for langt på utsiden av filmen. På sidekantene skal strålefeltet ikke gå utenfor filmkanten, samtidig som feltet er stort nok til å dekke hele brystet. Dette testes i henhold til prosedyren beskrevet i manual 7, avsnitt 2.2 Strålefeltsgeometri.

For ett apparat ble det konstatert en 1 mm stor blenderkant på brystveggsiden av filmen for mikrofokus. For resten av apparatene ble kravene i manual 7 tilfredsstilt for brystveggsiden (figur 3).

Når det gjelder sidekantene, ble det konstatert at strålefeltet gikk utenfor filmen for flere apparater (figur 4). Noen apparater hadde blenderkanter på over 5 mm. Dette er



Figur 3. Strålefeltets posisjon i forhold til filmkanten på brystveggsiden, uttrykt i prosent av fokus-film-avstanden. Negativt fortegn betyr at strålefeltet ikke dekker hele filmen. Målingene omfatter alle feltstørrelser og anodevalg.



Figur 4. Strålefeltets posisjon i forhold til filmkanten på sidekantene, uttrykt i prosent av fokus-film-avstanden. Negativt fortegn betyr at strålefeltet ikke dekker hele filmen. Målingene omfatter alle feltstørrelser for normalfokus og Mo/Mo.

forholdsvise mye, og kan medføre tap av verdifull diagnostisk informasjon, særlig i skråbildene.

2.8 Kompresjon

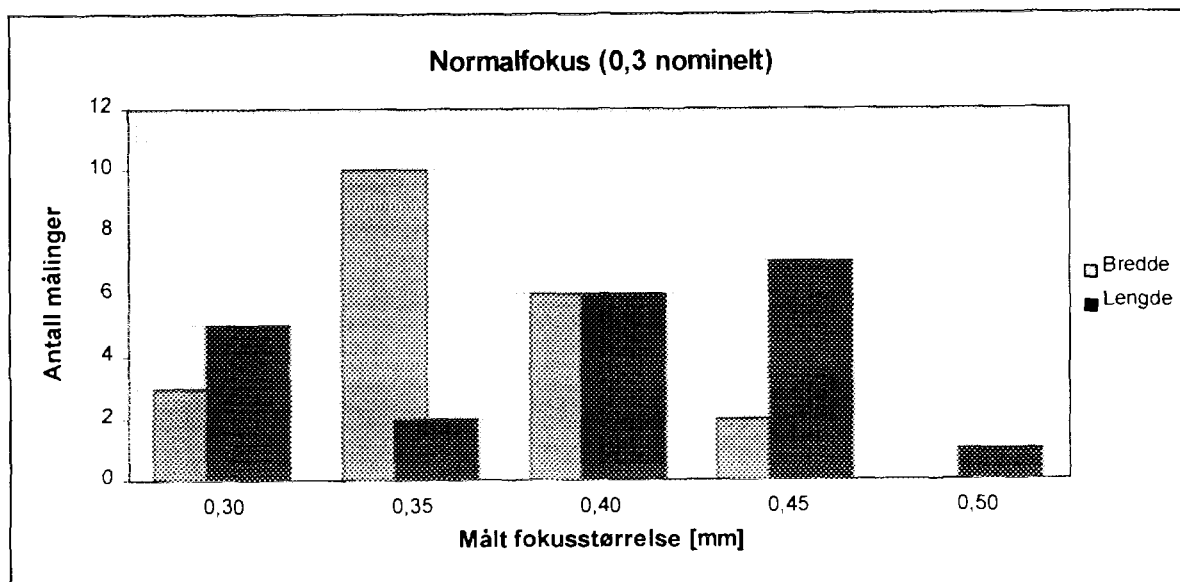
Både kompresjonskraften og kompresjonsplattens stivhet ved belastning ble testet (avsnitt 2.3 *Kompresjon* i manual 7). Den maksimale kompresjonskraften skal ikke overstige 200 N. Det ble også testet at den indikerte kompresjonskraften og at den komprimerte brysttykkelsen samsvarte med måleverdiene.

Kompresjonen fungerte tilfredsstillende på alle apparatene. Mammomat 300 og 3000 er utstyrt med automatikk (Opcomp), som tilpasser kompresjonskraften til det enkelte bryst. Denne var justert forskjellig fra apparat til apparat, avhengig av de krav radiografene/radiologene på det enkelte sted hadde satt.

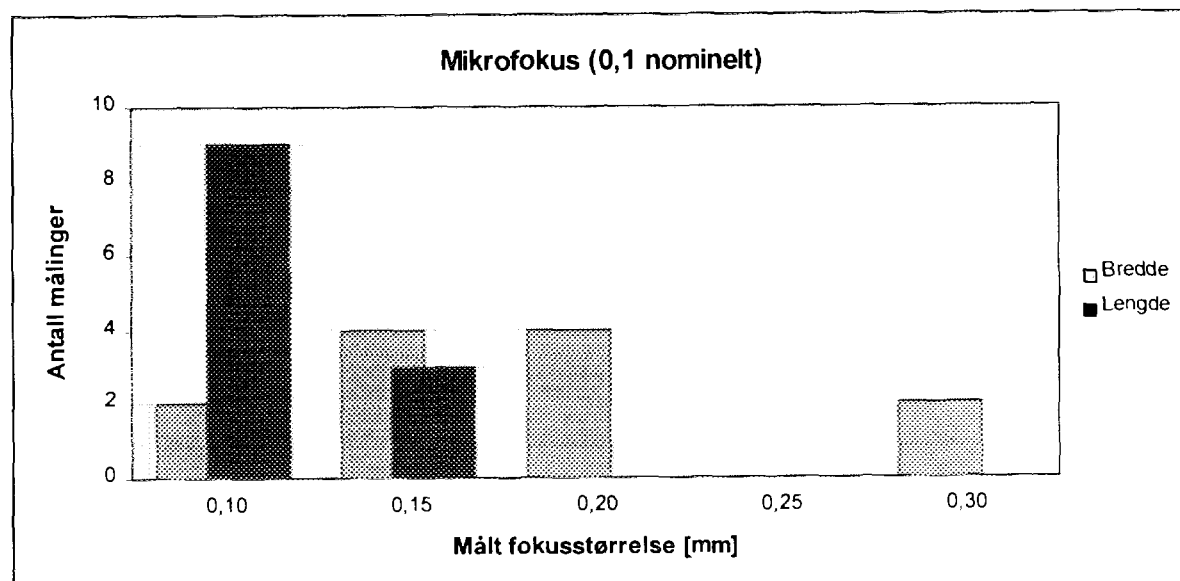
2.9 Fokusstørrelse

Måling av fokusstørrelse basert på stjernestraster er vanskelig ved mammografi. Dette beror hovedsakelig på de spesielt små fokus og den inhomogene intensitetsfordelingen fra fokus. Alle målinger av fokusstørrelse er derfor basert på slit-kamera. Dette er en smal spalte (10 μm), og bredden av denne etter eksponering på film er tilnærmet proporsjonal med fokusstørrelsen (manual 7, avsnitt 2.4 *Fokusstørrelse*). Bredden av spalten på filmen ble lest av med et forstørrelsesglass med inngravert måleskala. Det tas aldri forstørrelsesbilder med screeningapparatene, og mikrofokus ble derfor ikke testet på disse.

Det var til å begynne med noe usikkerhet omkring vurdering av de målte fokusstørrelsene i forhold til fastsatte grenseverdier. I den internasjonale standarden for måling av fokusstørrelse [3], fremgår det at alle målinger skal gjøres i et plan vinkelrett på røntgenrørets referanseakse. Strålevernet har målt langs en akse vinkelrett på



Figur 5. Målt fokusstørrelse for normalfokus (0,3 nominelt). Verdiene gjelder for referanseaksen definert for det enkelte apparat.



Figur 6. Målt fokusstørrelse for mikrofokus (0,1 nominelt). Verdiene gjelder for referanseaksen definert for det enkelte apparat. Målingene er kun gjort for 7 av de 8 kliniske apparatene.

filmp Janet, hvor fokusets lengde er størst. Produsenten av røntgenrøret står imidlertid fritt i definisjonen av referanseaksen. For å kunne sammenholde de målte fokusstørrelsene med grenseverdiene i standarden, ble fokusstørrelsen i et plan vinkelrett på referanseaksen estimert på grunnlag av de opprinnelige måleverdiene og den oppgitte geometrien for de forskjellige røntgenrørene. Måleverdiene i figur 5 og figur 6 gjelder derfor for fokusenes referanseakse.

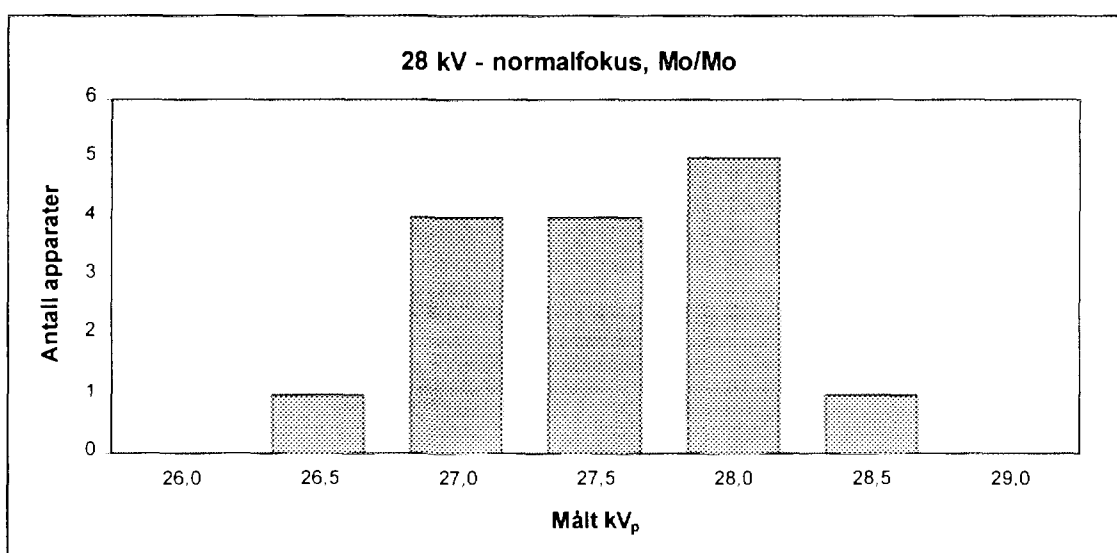
For normalfokus (0,3 fokus) skal bredden ikke overstige 0,45 mm og lengden ikke overstige 0,65 mm. Dette er tilfredsstillende for samtlige apparater (figur 5). For mikrofokus (0,1 fokus) skal hverken bredden eller lengden overstige 0,15 mm. Det er ett røntgenrør hvor mikrofokus ikke tilfredsstillende dette kravet (figur 6). Imidlertid blir den relative

måleusikkerheten stor ved 0,1 fokus, og avvikene er med to unntak av samme størrelsesorden som måleusikkerheten [7].

2.10 Rørspenning og kurveformer

Disse målingene ble gjort med et elektronisk penetrameter og tilhørende styringsprogram. Rørspenningen er målt for hver kV mellom 24 og 31. For screeningapparatene har målingene kun blitt gjort for normalfokus, da kun dette fokus benyttes. For de kliniske apparatene har målingene blitt gjort for begge fokus, og for de apparater som har Rh-anode i tillegg til Mo-anode, har også denne blitt testet. Målestyret er ikke kalibrert for anode-filter-kombinasjonen W/Rh (Mammomat 3000). Kurveformene for rørspenning og stråleutbytte ble registrert for en REFERANSEEKSPONERING. Testprosedyren er beskrevet i manual 7, avsnitt 2.6 Rørspenning og kurveformer.

Det ble ikke funnet betydelige avvik i rørspenning noe sted (figur 7). Forskjellen mellom største og minste kV_p var kun 1,8. Målt kV_p lå gjennomgående lavere for Siemens' mammografer enn for GE's apparater. Kurveformene (rørspenning og stråleutbytte) var tilfredsstillende for alle apparatene.



Figur 7. Målt kV_p for 28 kV, normalfokus og Mo/Mo.

2.11 Eksponeringstid

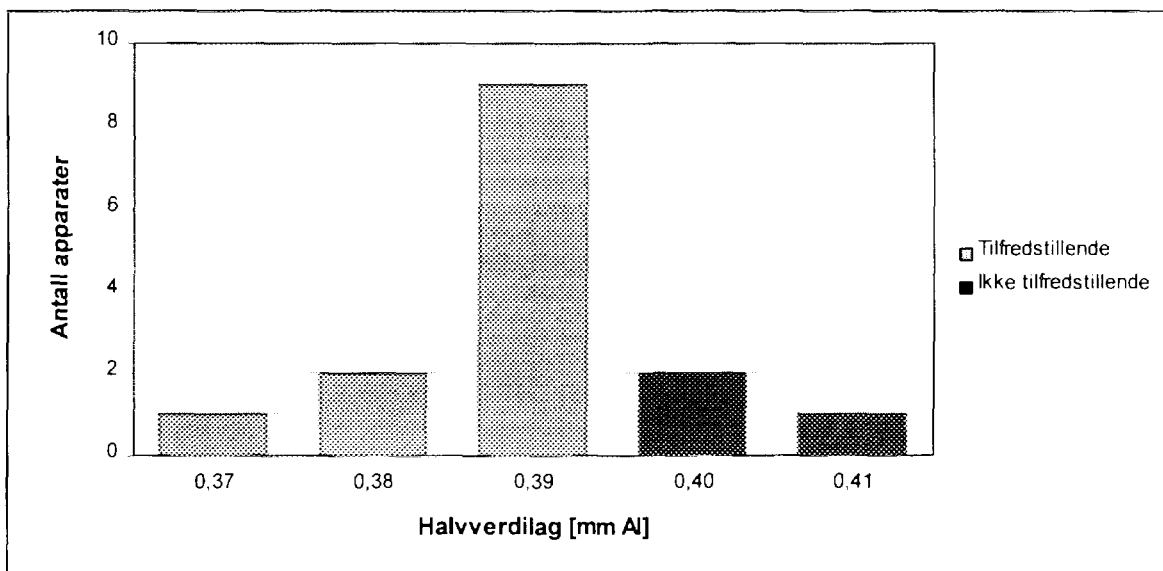
Eksponeringstiden ble målt for noen mAs-verdier med bruk av REFERANSEINNSTILLING. På grunnlag av disse målingene ble eksponeringstiden for et STANDARDBRYST beregnet ved lineær interpolasjon. Prosedyren for disse målingene er beskrevet i manual 7, avsnitt 2.6 Rørspenning og kurveformer.

Det var store variasjoner i eksponeringstiden. Mammomat'ene hadde høyt stråleutbytte (avsnitt 2.13 Stråleutbytte) sammenlignet med Senographe'ene, og dermed også kortere eksponeringstider, typisk mellom 0,6 og 0,8 sekund ved kontaktteknikk mot 0,5 til 1,0 sekund for Senographe'ene. Forstørrelsesteknikk benyttes på et fåtall av apparatene, og korteste eksponeringstid var på under 1 sekund, mens lengste var på bortimot 3 sekunder.

2.12 Halvverdilag

Strålekvaliteten bestemmes av rørspenningen (kV), anodematerialet, filtreringen og generatorens kurveform. Halvverdilaget (HVL) er en vanlig størrelse for å angi strålekvaliteten. Lave HVL-verdier resulterer i økte stråledoser, mens høye HVL-verdier reduserer kontrasten i bildene. HVL er målt både med bruk av REFERANSEINNSTILLING (for beregning av brystkjerteldosen) og med bruk av STANDARDINNSTILLING (for sammenligning med fastsatte grenseverdier). Måleprosedyren finnes i manual 7, avsnitt 2.7 *Halvverdilag (HVL)*.

Halvverdilaget for 28 kV er vist i figur 8. Det var flere steder med HVL over den øvre grenseverdien. Likevel var forskjellen mellom høyeste og laveste HVL-verdi så liten som 0,04 mm Al.

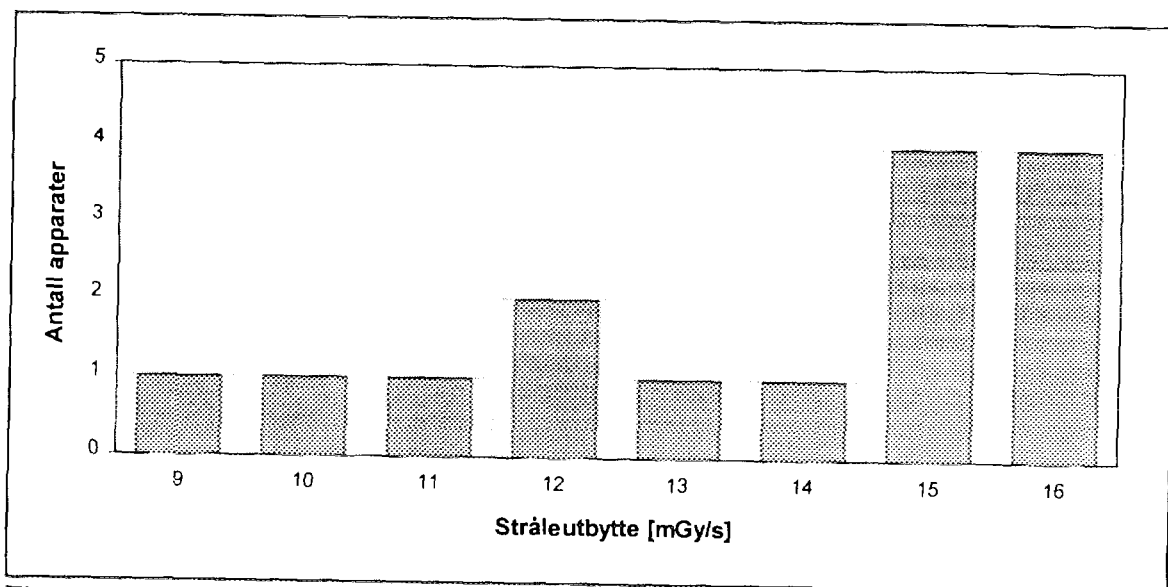


Figur 8. Halvverdilaget for 28 kV, normalfokus og Mo/Mo. For denne rørspenningen skal HVL være mindre enn 0,40 mm Al.

2.13 Stråleutbytte

Stråleutbyttet uttrykker dosestabiliteten inn mot brystet (bak kompresjonsplaten), og lave verdier resulterer vanligvis i lange eksponeringstider. Målemetoden er beskrevet i manual 7, 2.8 *Stråleutbytte*.

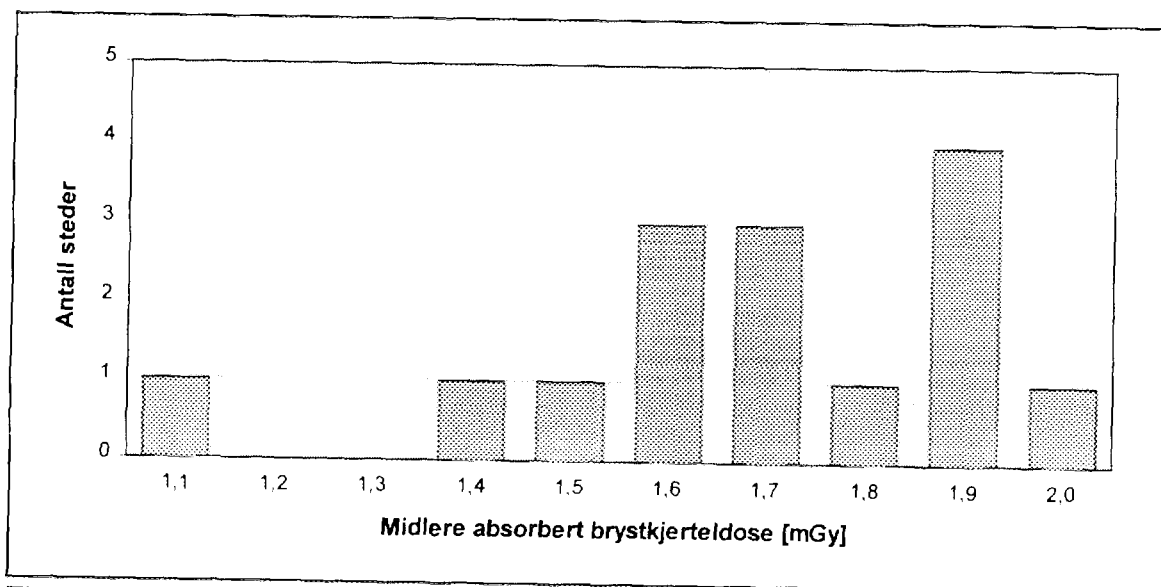
Stråleutbyttet varierte med en faktor på bortimot 2 (figur 9), noe som samsvarer godt med de variasjonene som ble funnet i eksponeringstiden. Mammomat'ene har noe høyere stråleutbytte enn Senographe'ene.



Figur 9. Stråleutbyttet målt bak kompresjonsplaten. Høy dosehastighet er gunstig med tanke på korte eksponeringstider.

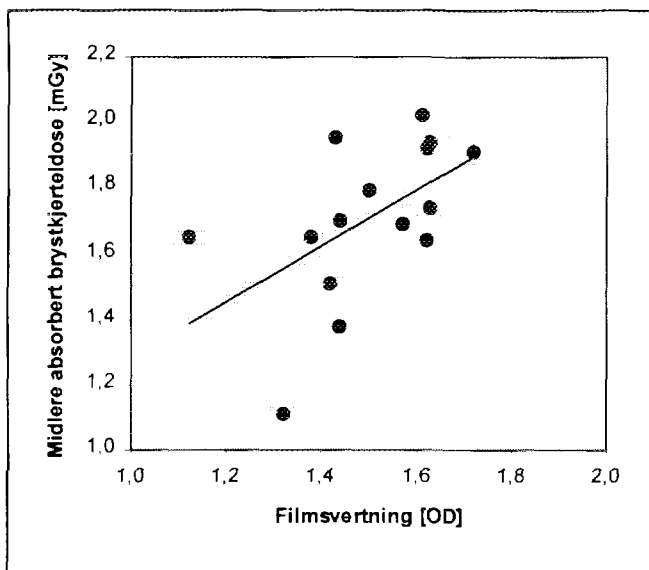
2.14 Midlere absorbert brystkjerteldose

For å beregne den gjennomsnittlige brystkjerteldosen, ble huddosen (inngangsdosen, eng. entrance skin exposure, X_{ESE}) målt for en REFERANSEEKSPONERING i craniocaudal (CC) projeksjonen (manual 7, avsnitt 2.9 *Midlere absorbert brystkjerteldose*). I beregningen av brystkjerteldosen inngår den normaliserte brystkjerteldosen D_{GN} , som er bestemt av anode-filter-kombinasjonen, rørspenningen og halvverdilaget [9].



Figur 10. Beregnet brystkjerteldose for REFERANSEINNSTILLING.

Beregnet midlere absorbert brystkjerteldose er vist i figur 10. Da brystkjerteldosen er beregnet for den effektive svertningen (for en REFERANSEEKSPONERING) er det, som forventet, en klar sammenheng mellom filmsvertningen og stråledosen (figur 11). Det er likevel viktig å holde svertningen høy, slik at alle deler av brystet blir gjennomeksponert, og ikke forsøke å redusere stråledosene ved å redusere filmsvertningen.



Figur 11. Sammenhengen mellom stråledosen og filmsvertningen.

Tidligere var det vanlig å bestemme stråledosen ved netto filmsvertning 1,0, hvilket tilsvarer en total-svertning på ca. 1,2. Ved å følge trendlinjen i figur 11, kan man se at stråledosen ved en filmsvertning på 1,2 OD er noe mindre enn 1,5 mGy. Dette samsvarer godt med resultatene i StrålevernRapport 1995:5 [8], hvor den midlere stråledosen for de steder som benyttet rasterteknikk var 1,4 mGy.

2.15 Dose til registrerende system

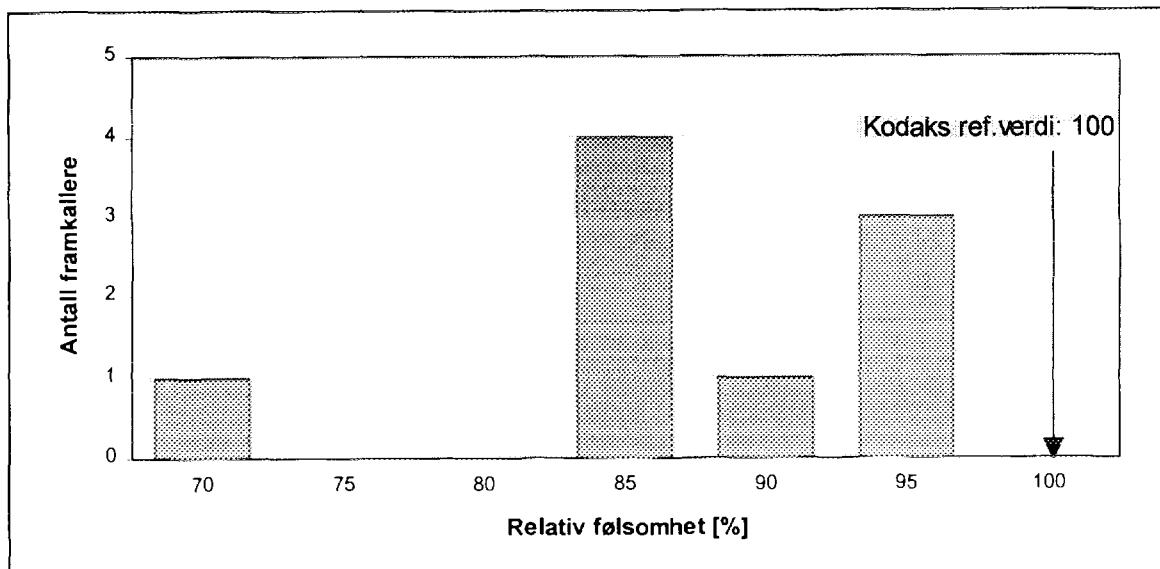
Dose til registrerende system (filmdosen) angir dosen som det registrerende systemet (kassett med folie og film) må ha for at filmen skal få en netto filmsvertning på 1,0. Filmdosen sier noe om hvordan framkallingsprosessen er optimalisert. En detaljert beskrivelse av selve målemetoden finnes i StrålevernRapport 1995:5, kapittel 2.2 Tekniske målinger [8].

Filmdosen lå mellom 50 og 90 μ Gy, men på de fleste stedene lå filmdosen rundt 80 μ Gy. Variasjonen kan synes stor med tanke på at alle steder, med unntak av ett, brukte den samme film-folie-kombinasjonen, framkallere og kjemi fra samme leverandør, og at alle framkallerne var innstilt etter leverandørens anbefalinger.

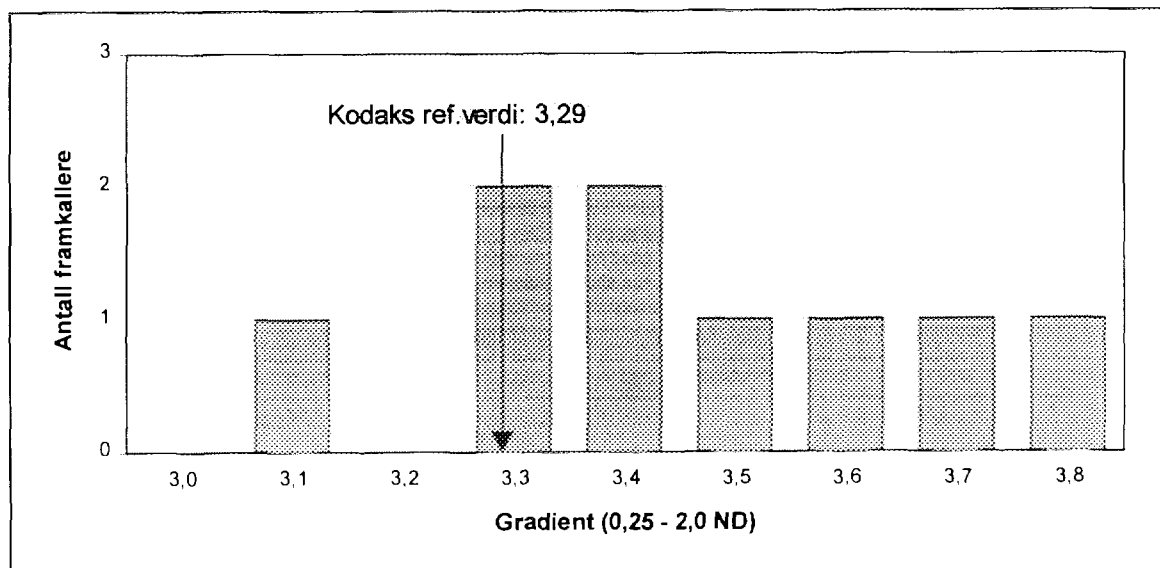
2.16 Framkallingsprosessen

En pakke med film (Kodak Min-RE, emulsjonsnummer 359) ble satt til side. For hvert tilsynsbesøk ble det tatt med noen få filmer fra denne pakken. Disse filmene ble under besøket eksponert med sensitometeret og framkalt. Antallet filmer varierte mellom 1 og 4. På bakgrunn av disse filmene ble det laget en gjennomsnittskurve. For denne gjennomsnittskurven ble parametrene grunnslør, følsomhet, kontrast (3 gradientverdier) og maksimalsvertning bestemt (manual 1, avsnitt 3.1.1 *Sensitometri - Hele kurven*).

Følsomheten (figur 12) og kontrasten (figur 13) er sammenlignet med Kodaks "gullstandard" (en film av denne emulsjonen framkalt i Västerås, Sverige). Det er noe overraskende at samtlige steder har tildels betydelig lavere følsomhet enn Kodaks referanse. Kontrasten er imidlertid fordelt mer som forventet, med verdier både lavere og høyere enn Kodaks referanseverdi. 2-3 av stedene hadde kontrast betydelig høyere enn de øvrige.



Figur 12. Følsomheten relativt til Kodaks "gullstandard" (satt lik 100).



Figur 13. Kontrasten (gradienten mellom nettosvertning 0,25 og 2,0) lå de fleste steder - fordelt rundt Kodaks referanseverdi, mens 2-3 steder hadde betydelig høyere kontrast.

2.17 Mørkerom

Mørkeromsforholdene ble testet ved å la en eksponert film ligge delvis tildekket inne i mørkerommet i to minutter (avsnitt 3.2 Mørkerom i manual 7). Etter framkalling skal de to halvdelene av filmen ikke ha større svertningsforskjell enn 0,05.

Det ble funnet dårlige mørkeromsforhold flere steder. De aktuelle stedene er gjort oppmerksom på dette, og er selv ansvarlig for å utbedre dette.

2.18 Artefakter

Mammografifilmen er spesielt utsatt for artefakter. Fordi filmen har emulsjon kun på en side, blir eventuelle artefakter tydeligere. Emulsjonen er også tykkere, og dette gjør den mer utsatt for prosesserings- og håndteringsartefakter.

For å teste hele kjeden som inngår i den bildedannende prosessen, ble filmen eksponert slik at den fikk en netto filmsvertning på minst 1,0. Den framkalte filmen ble gransket med tanke på rasterstriper, artefakter fra filmhåndteringen (filmlader, dagslysenhet, framkaller) og eventuelle andre artefakter.

Det ble konstatert artefakter ved 75 % av sentrene. Så nær som i to tilfeller skyldes disse artefaktene filmhåndteringen enten i multilader/dagslysenhet (sugekoppmerker) eller i framkallingen (skjolder eller striper på filmen). Sugekoppmerker ble konstatert ved 5 av 8 Miniloadere, mens det ikke ble registrert artefakter fra noen av de fem Multiloadere. Framkallingsartefakter ble observert ved 4 av 10 framkallere.

Et sted ble det oppdaget en "lys flekk" ved bruk av mikrofokus. Denne viste seg å være forårsaket av et filter, og røntgenrøret måtte byttes. Det ble da oppdaget en liknende artefakt også på det nye røret, og leverandøren måtte inn med et tredje rør. Det ble også registrert rasterstriper ved ett av sentrene.

3 Diskusjon

Mesteparten av røntgenutstyret i screeningprosjektet er helt nytt, og det er derfor som forventet at den tekniske kvaliteten gjennomgående er god. Det har likevel vært en del å utsette på deler av utstyret, bl.a. den automatiske eksponeringskontrollen til Mammomat'ene og Kodaks Miniloader'e.

MEKANISK OG FUNKSJONELL SIKKERHET

Alle mammografene omfattet av prosjektet var i god teknisk stand. Spesielt screening-apparatene vil være utsatt for mekanisk slitasje, og for å unngå uhell og unødige driftsstopper er det viktig at testene beskrevet i manual 1, avsnitt *2.1 Mekanisk og funksjonell sikkerhet*, utføres regelmessig. Strålevernet har anbefalt at testene gjøres månedlig. De fleste av disse testene er imidlertid av en slik art at de gjøres mer eller mindre automatisk av radiografene mens utstyret er i bruk. Det er viktig at radiografene rapporterer eventuelle feil og mangler ved utstyret umiddelbart.

AUTOMATISK EKSPONERINGSKONTROLL

AEC'en fungerte dårlig på de første Mammomat'ene, og spesifikasjonene for utstyret ble ikke oppfylt. Etter at leverandøren oppgraderte AEC'en, fungerer den tilfredsstillende.

Imidlertid rapporteres det fra enkelte av stedene om problemer ved svært tette bryst, hvor bildene ofte blir undereksponert. Dette fører noen ganger til at kvinner må tilbakekalles. For å teste den automatiske eksponeringskontrollens funksjon ved varierende tetthet realistisk, kan det anskaffes plater av materialer som tilsvarer tettheten til fett- og kjertelvev. Man kan da teste hele spekteret av ulike tykkelser og tettheter.

FILMSVERTNING

Når det gjelder filmsvertning i forbindelse med mammografiscreening er det dokumentert i rapporter fra bl.a. England [10, Dance DR, foredrag ved Mammography physics meeting – basic training. University of York, 1996] at deteksjonsraten for små tumorer øker med økende svertning opp til omkring 1,6-1,7 OD, og at svertning under 1,2 vanskelig kan forsvares. I manual 1 er det sagt at filmsvertningen bør ligge mellom 1,4 og 1,6, og at den skal ligge mellom 1,2 og 1,8. Resultatene viser at filmsvertningen stort sett er tilfredsstillende, men også at den enkelte steder er lav. På bakgrunn av tilgjengelig dokumentasjon, bør det vurderes å øke den nedre grensen noe.

FILM-FOLIE-KONTAKT OG FORSTERKNINGSFOLIENES HASTIGHET

Disse testene gjøres av senterne hvert halvår, og kassetter som ikke tilfredsstiller kravene må tas ut av bruk eller erstattes. Spesielt film-folie-kontakten er viktig å teste regelmessig, da man har erfaringer med at de kassetene som brukes i screeningen (Kodak Min-R2) kan begynne å vise tegn til dårlig film-folie-kontakt allerede etter 2-3 år.

VURDERING AV BILDEKVALITET

Bildekvaliteten var bra alle steder, og forskjellene mellom stedene var relativt små. Det var ingen systematikk at steder med høye verdier for en bestemt bildekvalitetsparameter hadde høye verdier også for de andre parametrene.

Evaluerings av fantombilder er svært tidkrevende, og få steder har etablert gode rutiner for dette. For å bedre dette, bør det utarbeides prosedyrer som forenkler evalueringen av bildene.

STRÅLEFELTSGEOMETRI

Det har vært noe uklarhet omkring grenseverdiene i manual 7, og i Rundskriv 2-96 blir dette kommentert. Når det gjelder brystveggsiden er kravene rimelige, mens det ventelig vil stilles strengere krav til strålefeltsavgrensningen på kortsidene i den kommende manualrevisjonen.

KOMPRESJON

Bruken av Opcomp på Mammomat'ene er noe varierende. Opcomp'en fungerte tilfredsstillende alle steder, men kan være vanskelig å bruke ved skråbilder på grunn av pectoralmuskelen. Kompresjonskraften er justert svært ulikt, og radiologene og radiografene kan eventuelt ta dette opp for å komme frem til en standard for dette.

Det har kommet spørsmål fra steder med Mammomat om kompresjonen ikke holdes stabil til eksponeringen er gjort, da den indikerte kompresjonskraften enkelte ganger plutselig kan avta. Disse apparatene er utstyrt med mekanisk kompresjon. Kompresjonsplaten kjøres da til en bestemt posisjon, hvor enten Opcomp eller operatøren finner kompresjonen tilstrekkelig. Små bevegelser kan da medføre at kompresjonskraften endres, selv om platen blir stående i samme posisjon.

FOKUSSTØRRELSE

Det er svært vanskelig å sammenligne fokusstørrelsen på røntgenrør fra ulike leverandører. Dette fordi den effektive fokusstørrelsen avhenger av hvor på filmen det måles. Fokusstørrelsen skal måles i et plan vinkelrett på røntgenrørets referanseakse, og det er faktisk opp til produsenten å velge referanseaksens vinkel. IEC har utarbeidet en standard for måling av fokusstørrelse [3], hvor det for alle vanlige fokus også er definert største tillatte bredde og lengde.

Det er knyttet en måleusikkerhet både til registreringsmåten av fokus og ikke minst til avlesning av filmen, og resultatene må derfor vurderes i forhold til dette [7].

Som det fremgår av resultatene, er alle normalfokus innenfor de absolutte grenser som er satt. For mikrofokus er det funnet ett rør hvor fokusets bredde overstiger grenseverdien med mer enn den anslåtte måleusikkerheten. Vi har ikke bedt om at tiltak blir iverksatt foreløpig, da den bildekvalitetsmessige betydning ikke er endelig avklart. Det er gjort en ROC-studie (ROC - Receiver Operating Characteristics), hvor to radiologer på stedet deltok. I dette eksperimentet skulle radiologene detektere så mange "forkalkninger" som mulig, med høyest mulig grad av sikkerhet. Eksperimentet ble gjort både ved

kontaktteknikk og forstørrelsesteknikk (mikrofokus), og sammenlignet med resultatene fra en landsomfattende undersøkelse i 1993-1994 [Olsen JB, upubliserte data] er det ingenting som indikerer at en eventuell redusert bildekvalitet har noen praktiske kliniske konsekvenser.

RØRSPENNING OG KURVEFORMER

Alle de nye og flesteparten av de tidligere installerte mammografene er utstyrt med høyfrekvensgenerator. Det er derfor som forventet ingen vesentlige avvik i rørspenning, og også kurveformene viser at generatorene fungerer tilfredsstillende.

EKSPONERINGSTID

Enhver bevegelse i løpet av en eksponering medfører uskarpheter. Det kan være vanskelig å oppdage at det har vært bevegelser, og resultatet kan bli at viktige detaljer "viskes ut". Eksponeringstider over ca. 1 sekund medfører også en doseøkning som følge av filmens resiprositetssvikt.

Ingen av stedene hadde eksponeringstider betydelig over de anbefalte verdiene, med unntak av ett sted ved forstørrelsesteknikk. Det var likevel flere steder med eksponeringstider rundt 1 sekund ved kontaktteknikk og 2 sekunder ved forstørrelsesteknikk.

Mammografiapparatene har oftest fast rørstrøm (mA), og med utgangspunkt i mAs-produktet for en eksponering er det enkelt å anslå eksponeringstiden,

$$\text{eksponeringstid [s]} = \text{mAs-produkt [mAs]} / \text{rørstrøm [mA]}.$$

Eksponeringstiden kan reduseres ved bl.a. å øke rørspenningen (kV). Ved forstørrelsesteknikk kan eksponeringstiden også reduseres ved å benytte en raskere forsterkningsfolie, da uskarpheten i hovedsak er begrenset av geometriske årsaker og ikke av lysspredningen fra foliene.

HALVVERDILAG

Strålevernet har ingen sikker forklaring på de noe høye HVL-verdiene. Forskjellen mellom høyeste og laveste HVL-verdi er imidlertid svært liten. Sammenlignet med tidligere målinger ligger verdiene betydelig høyere. Dette forklares av at det nå er benyttet Al-filtre med høyere renhet enn tidligere. Grenseverdiene i manual 7 er hentet fra amerikanske anbefalinger [1]. Gjeldende europeiske anbefalinger [4] inneholder ingen øvre grenseverdi, men i den neste versjonen vil de europeiske retningslinjene sannsynligvis bli lik de amerikanske.

STRÅLEUTBYTTE

Et høyt stråleutbytte er viktig for å unngå lange eksponeringstider. I manualen er nedre grenseverdi satt til 7 mGy/s, og dette er tilfredsstillt for alle apparatene.

MIDLERE ABSORBERT BRYSTKJERTELDOSE

Ingen av stedene hadde stråledoser over den anbefalte grenseverdien, som er satt til 2,0 mGy i manual 7. Øvre absolutte grenseverdi er satt til 2,5 mGy. Dette er lavere enn den

øvre tillatte grense i USA (3,0 mGy) [2]. Dosene kan synes høyere enn tidligere målinger [8]. Dette er ikke tilfelle, da Strålevernet tidligere målte stråledoser ved en bestemt netto filmsvertning. Ved å måle stråledosen for en REFERANSEEKSPONERING, tas det hensyn til filmsvertningen, og man får en mer realistisk verdi for stråledosen.

DOSE TIL REGISTRERENDE SYSTEM

Denne testen er ikke beskrevet i manualen, og det finnes heller ingen grenseverdier. Testen gir et godt grunnlag for å sammenligne optimaliseringen av framkallingsprosessen. Variasjonene i film dosen er betydelige, spesielt med tanke på at alle stedene, med ett unntak, benytter samme film-folie-kombinasjon. Dette tyder på at det kan være mulig å redusere stråledosene betydelig ved å optimalisere framkallingsprosessen.

FRAMKALLINGSPROSESSEN

De sensitometriske testene viser at følsomheten er tildels betydelig lavere enn Kodaks referanseverdi. En viss usikkerhet er knyttet til kalibreringen av de aktuelle sensitometrene (i Västerås og Strålevernets), men ifølge Kodak skal disse sensitometrene være identisk kalibrert. Dette kan bety at ingen av stedene i Norge har optimal framkalling.

For kontrast inneholder manual 1 foreløpig kun minimumsverdier. Kontrasten ligger godt over disse minimumsverdiene, og de fleste steder også noe høyere enn Kodaks referanseverdi. 2-3 av stedene hadde kontrast betydelig høyere enn Kodaks referanseverdi. Det er ingen studier som gir grunn til å sette maksimumsverdier, og mange forhold kommer inn: tyders subjektive opplevelse, filmsvertning, granskningsforhold m.v. I det engelske screeningprogrammet ligger gradienten mellom 3,0 og 3,5 for størstedelen av stedene [Young KC, personlig meddelelse]. For høy kontrast kan medføre tap av informasjon, spesielt ved store, tette bryst. Dette kan delvis kompenseres ved å øke filmsvertningen, men også økt rørspenning vil bidra til redusert kontrast. Alle steder har framkaller og kjemi fra Kodak, og prosessen er stilt etter Kodaks anbefalinger. Det er derfor vanskelig å forklare den høye kontrasten ved de aktuelle stedene, og dette bør undersøkes grundigere.

MØRKEROM

Mørkeromsforholdene var av varierende kvalitet. Det er viktig med riktige mørkeromsforhold og gode rutiner for håndtering av både ueksponert og eksponert film. Enkelte generelle tips til filmhåndtering og mørkerom finnes i manual 1.

ARTEFAKTER

Det ble registrert artefakter ved over halvparten av stedene, og med to unntak var disse forårsaket av sugekoppene i Miniloader'ne eller framkallingsprosessen. Det kan være vanskelig å finne igjen mange av artefaktene i de kliniske bildene, og det er derfor ikke mulig å si noe om hvilken betydning de kan ha for den som tyder bildene. Men uansett klinisk betydning, er det unødvendig med artefakter i bildene. Riktig innstilt utstyr skal ikke forårsake artefakter, og det derfor viktig til enhver tid å være på utkikk etter eventuelle artefakter. Spesielt på de filmene som tas i forbindelse med kvalitetskontrollene, er artefaktene lett synlige, og en rask sjekk av disse bildene bør derfor inngå i den daglige rutinen.

4 Konklusjoner

Strålevernet har utført mottaks- og statuskontroll av alt utstyr som omfattes av prøveprosjektet med mammografiscreening (15 mammografer og 10 framkallere). Dette skal følges opp med nye statuskontroller en gang hvert halvår i prøveprosjektets første fase (første 2 år). Deretter bør det gjennomføres en evaluering av tilsynsopplegget for prosjektet videre.

De utførte kontrollene viser at alt utstyret som omfattes av prøveprosjektet holder en høy teknisk standard, selv om det på enkelte punkter har vært mindre anmerkninger. Alle mammografer som er nyanskaffet i forbindelse med prosjektet er fra samme leverandør. For de første apparatene som ble levert fungerte ikke den automatisk eksponeringskontrollen tilfredsstillende. Dette har blitt rettet opp i løpet av våren 1996, og alle Mammomat'ene fungerer nå tilfredsstillende. For enkelte av målingene har det vært mindre avvik. For ett av røntgenrørene er mikrofokusene ikke i samsvar med gjeldende internasjonale standard. Selve målingene er beheftet med en stor relativ usikkerhet, og den bildekvalitetsmessige betydning er ikke avklart. Halvverdilataget er flere steder over den øvre grenseverdien, men forskjellen mellom største og minste verdi er svært liten. Begge disse punktene bør studeres nærmere, fortrinnsvis i form av små veldefinerte prosjekt.

Artefakter fra filmhåndteringen (filmladere og framkallere) har vært svært vanlig. Filmladerne, som også er nyanskaffet i forbindelse med prosjektet, har vært beheftet med mye tekniske problemer, og fungerer fortsatt ikke tilfredsstillende. Det rapporteres om problemer med dobbelteksponeringer, flere filmer i kassetten og manglende bilder. Man kan selvfølgelig ikke utelukke menneskelig svikt i enkelte tilfeller, men flere av de nevnte feilene kan ikke forklares av dette.

Alle prøvefylkene bruker samme film (med ett unntak), og det er derfor vanskelig å forklare de store variasjonene i følsomhet og kontrast mellom de enkelte stedene. Følsomheten ligger under Kodaks referanseverdi alle steder, noe som heller ikke lar seg forklare. Alle framkallerne er innstilt etter Kodaks anbefalinger, og de har vært gjennomgående svært stabile i hele perioden. De store variasjonene i framkallingsprosessen bør derfor også studeres nærmere.

De ulike prosedyrene for statuskontrollene er beskrevet i manual 7, og grenseverdiene er hentet fra ulike internasjonale standarder og anbefalinger. Basert på de foreløpige erfaringer kan det sies at grenseverdiene i hovedsak virker rimelige. Enkelte av grenseverdiene kan virke romslige, men disse vil ikke bli endret foreløpig da det er usikkert hva den kliniske betydningen vil være av en ytterligere innsnevring. Det blir også et spørsmål hvorvidt den teknologiske utviklingen skal styre de kliniske krav eller omvendt.

Kvalitetskontrollarbeidet er kommet godt igang i alle fylker, og ordningen med kvalitetskontrollradiografer har vært vellykket. Det er også lagt opp til at kvalitetskontrollradiografene og Strålevernet kommer sammen opptil 4 ganger årlig. Det første møtet ble arrangert i september 1996, og hovedtema var registrerings- og rapporteringsrutiner for konstanskontrollene som utføres av radiografene ved det enkelte senter.

Referanser

1. American College of Radiology (ACR). Recommended specifications for new mammographic equipment: screen-film x-ray systems, image receptors, and film processors. Reston, VA: American College of Radiology, 1995.
2. Department of Health and Human Services. FDA. 21 CFR Part 900. Federal Register 1993: 58, No. 243: 67558-67572.
3. International Electrotechnical Commission (IEC). X-ray tube assemblies for medical diagnosis – Characteristics of focal spots. International standard 336, third edition. Geneva, 1993.
4. Kirkpatrick AE, Törnberg S, Thijssen MAO. European guidelines for quality assurance in mammography screening. Europe against cancer. Report EUR 14821. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1993.
5. Olsen JB. Statens strålevern. I: Kvalitetssikring i mammografiscreening. Oslo: Kreftregisteret, 1995: Manual 7.
6. Pedersen K, Olsen JB, Nordanger J. Teknisk kvalitetskontroll. I: Kvalitetssikring i mammografiscreening. Oslo: Kreftregisteret, 1995: Manual 1.
7. Tang S, Barnes GT, Tanner RL. Slit camera focal spot measurement errors in mammography. Medical Physics 1995;22:1803-1814.
8. Widmark A, Olsen JB. Mammografivirksomhet i Norge: Tekniske resultater. StrålevernRapport 1995:5. Østerås: Statens strålevern, 1995.
9. Wu X, Barnes GT, Tucker DM. Spectral dependence of glandular tissue dose in screen-film mammography. Radiology 1991; 179: 143-148.
10. Young KC, Wallis MG, Ramsdale ML. Mammographic film density and detection of small breast cancers. Clinical Radiology 1994; 49: 461-465.

Vedlegg 1. Eksempel på måleresultater

Generell informasjon

Sted			
Adresse			
Poststed			
Kontaktperson			
Telefon			
Telefax			
Dato for tilsynet			
Rom			
Apparat			
Referanseinnstilling	Anode/filter	Kontakt	Forstørrelse
	Rørspenning	Mo/Mo	Mo/Mo
	Korreksjonstrinn	27 kV	28 kV
Referanseeksponering		0,0	1,0
		101,1 mAs	48,1 mAs
Framkaller	Kodak RP X-Omat 270 RA		
	Fornyerrate, dev	102 mi	
	Fornyerrate, fix	106 mi	
	Hastighet	56 cm/min	
	Temperatur, dev	34,5 C	
	Temperatur, fix	33,2 C	
Dagslysenhet	Kodak Multiloader ML 300		
Film	Kodak Min RE		
	Emulsjon		
	Grunnslør	0,20	

2.2 Strålefeltsgeometri

	Normalfokus	Mikrofokus
FFA	650 mm	650 mm
Buckytykkelse	27 mm	270 mm

Bucky	Anode	Fokus	Strålefeltets posisjon i forhold til filmkanten					
			Brystveggen		Venstre side		Høyre side	
18x24	Mo	Normal	3 mm	Pass	-5 mm	Pass	-1 mm	Pass
		Mikro	5 mm	Pass	-4 mm	Pass	-9 mm	Pass
	Rh	Normal						
		Mikro						
	W	Normal						
		Mikro						

Måleverdier for bestemmelse av strålefeltets posisjon i forhold til filmens sidekant

Bucky	Anode	Fokus	Venstre side			Høyre side		
			d ₁	d ₂	Avvik	d ₁	d ₂	Avvik
18x24	Mo	Normal	14 mm	20 mm	-5.4 mm	8 mm	7 mm	-0.8 mm
		Mikro	24 mm	45 mm	-3.9 mm	30 mm	60 mm	-8.7 mm
	Rh	Normal						
		Mikro						
	W	Normal						
		Mikro						

d₁ = avstand mellom strålefelt og objekt (øverste film)

d₂ = avstand mellom filmkant og objekt (nederste film)

Avvik > 0: Strålefelt større enn filmen

Avvik < 0: Strålefelt mindre enn filmen

2.4 Fokusstørrelse

	Normalfokus	Mikrofokus
Avstand fokus-til-slit	180 mm	204 mm
Avstand slit-til-film	465 mm	494 mm
Forstørrelsesfaktor E	2.58	2.42
Anodevinkel	20	20
Vinkel til referanseakse	7	0

Anode	Fokus	Nominelt fokus	Bredde		Status	Lengde		Status
			d _{lengde}	f _{bredde}		d _{bredde}	f _{lengde}	
Mo	Normal	0.30	0.90 mm	0.33 mm	Pass	1.80 mm	0.45 mm	Pass
Mo	Mikro	0.10	0.45 mm	0.17 mm	Fail	0.40 mm	0.15 mm	Pass
Rh	Normal							
Rh	Mikro							
W	Normal							
W	Mikro							

2.5 Raster og bucky

Kommentarer ingen artefakter ses.

Referanseinnstilling

Anode/filter	Mo/Mo
Rørspenning	27 kV
Korreksjonstrinn	0,0

Avstandskorreksjo

FFA: 650 mm (bruk gjerne oppgitt SID)

Buckytykkelse: 26 mm

Bucky	Eksposering	mAs	Svertning	mAs _{1,0 ND}	Buckyfaktor	Status
18x24	Oppå bucky nr 1	22,0	1,16			
	Oppå bucky nr 2	28,0	1,51	22,7		
	I bucky nr 1	50,0	1,09			
	I bucky nr 2	63,0	1,40	54,6	2,2	Pass
24x30	Oppå bucky nr 1	20,0	1,05			
	Oppå bucky nr 2	25,0	1,39	22,2		
	I bucky nr 1	50,0	1,07			
	I bucky nr 2	63,0	1,29	57,7	2,4	Pass

Referanseinnstilling (forstørrelse)

Anode/filter	Mo/Mo
Rørspenning	28 kV
Korreksjonstrinn	1,0

Eksposering	mAs	Svertning
1	47,2	1,35
2	48,6	1,38
3	48,4	1,37
4		
5		

Referanseeksponering ved
forstørrelsesteknikk 48,1 mAs

2.6 Rørspenning og eksponeringstid

Innstilte verdier			Målte verdier		
Anode/filter	Fokus	kV	kV _p	% avvik kV _p	Status
Mo/Mo	Normal	24			
		25	23.8	-4.8	Pass
		26	24.7	-5.0	Pass
		27	25.8	-4.4	Pass
		28	27.0	-3.6	Pass
		29	28.1	-3.1	Pass
		30	29.1	-3.0	Pass
		31	30.1	-2.9	Pass
Rh/Rh	Normal	25			
		26			
		27			
		28			
W/Rh	Normal	25			
		26			
		27			
		28			
Mo/Mo	Mikro	24			
		25	23.9	-4.4	Pass
		26	24.8	-4.6	Pass
		27	25.9	-4.1	Pass
		28	27.0	-3.6	Pass
		29	28.2	-2.8	Pass
		30	29.2	-2.7	Pass
		31	30.2	-2.6	Pass

Innstilling

Fast mAs 20.0

Innstilte verdier			Målte verdier	
Innstilling	Fokus	mAs	ms	mGy/mAs
Referanse	Normal	40.0	292.8	0.224
		63.0	460.0	0.226
		100.0	730.0	0.227
		160.0	1167.6	0.228
Referanse	Mikro	16.0	622.7	0.251
		25.0	970.7	0.251
		40.0	1550.4	0.251
		63.0	2439.5	0.251
Standard	Normal	6.3	46.3	0.231
		10.0	75.8	0.242
		25.0	190.1	0.254
		50.0	378.8	0.257
		80.0	605.5	0.259
		125.0	945.2	0.260
		200.0	1511.8	0.260
		400.0	3021.5	0.261

Referanseinnstilling

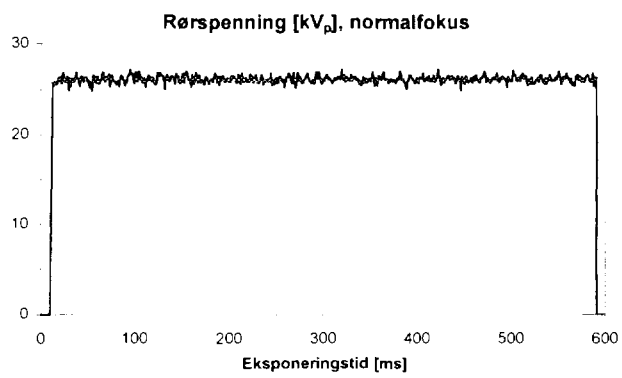
Anode/filter Mo/Mo
Rørspenning 27 kV

Standardinnstilling

Anode/filter Mo/Mo
Rørspenning 28 kV

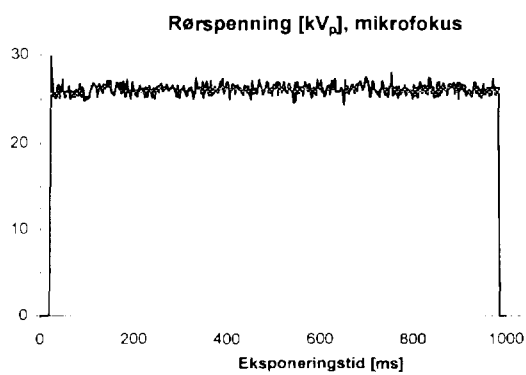
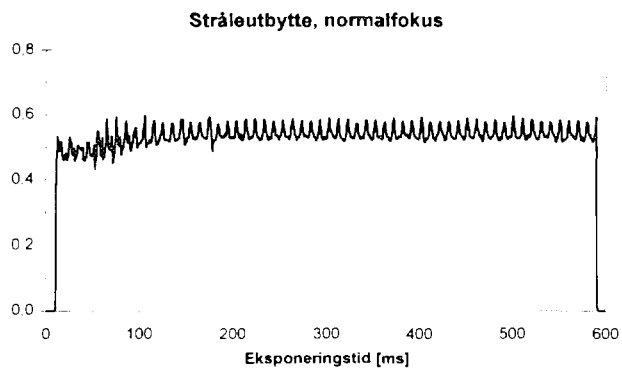
Eksponeringstider	Kontaktteknikk	0.74 s	Pass
	Forstørrelsesteknikk	1.86 s	Pass

2.6 Kurveformer



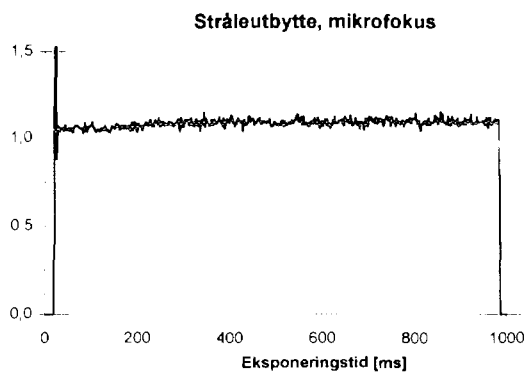
Referanseinnstilling (normalfokus)

Anode/filter Mo/Mo
Rørspenning 27 kV



Referanseinnstilling (mikrofokus)

Anode/filter Mo/Mo
Rørspenning 27 kV
Eksponeering

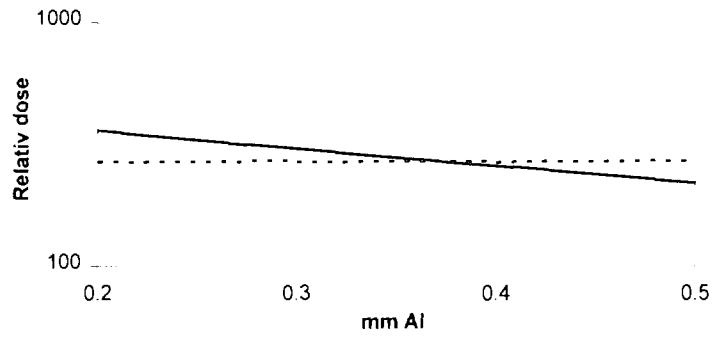


2.7 Halvverdilag (HVL)

mm Al	Dose [mR]
0	533
0.2	359
0.3	302
0.4	257
0.5	

Referanseinnstilling	
Anode/filter	Mo/Mo
Rørspenning	27 kV

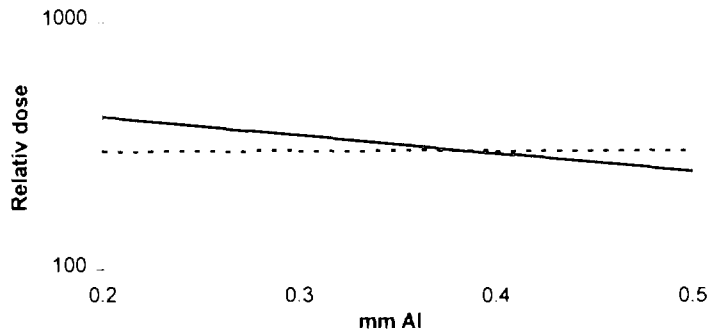
HVL 0.38 mm Al Pass



mm Al	Dose [mR]
0	604
0.2	414
0.3	349
0.4	297
0.5	

Standardinnstilling	
Anode/filter	Mo/Mo
Rørspenning	28 kV

HVL 0.39 mm Al Pass



2.8 Stråleutbytte

Standardinnstilling

Anode/filter	Mo/Mo
Rørspenning	28 kV

mAs	mR	mGy/s	Status
80	935	13.4	Pass
125	1466	13.4	Pass
200	2350	13.5	Pass
400	4700	13.5	Pass

2.9 Midlere absorbert brystkjerteldose

Referanseinnstilling:

Anode/filter	Mo/Mo
Rørspenning	27 kV
Korreksjonstrinn	0.0

Eksposering	mAs	X_{ESE} [mR]
1	98.5	1061
2	102.0	1097
3	102.0	1095
4	102.0	1095

Reproduserbarhet 0.016 Pass

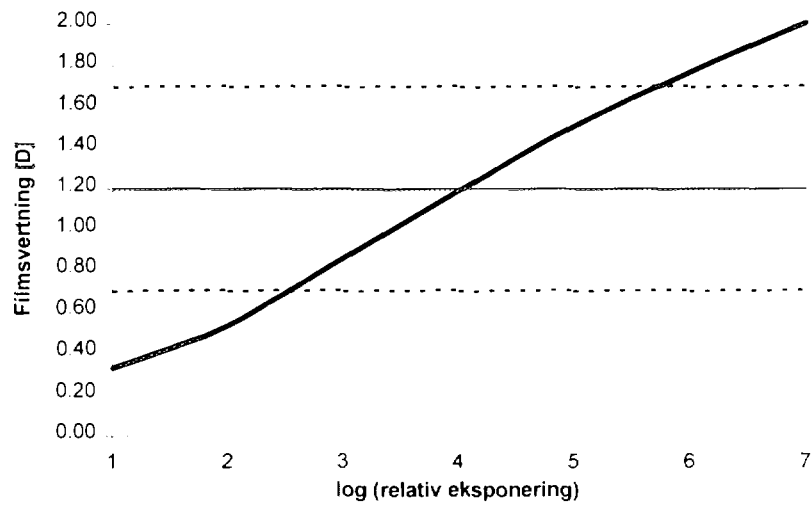
Normalisert brystkjerteldose 1.79 mGy/R
Midlere absorbert brystkjerteldose 1.95 mGy Pass
Svertning 1.43

Dose til registrerende system

Trinn	Malte verdier		Korrigerede verdier
	Trapp	Spalte	
1	0.28	1.17	0.33
2	0.51	1.20	0.53
3	0.84	1.20	0.86
4	1.19	1.22	1.19
5	1.52	1.23	1.51
6	1.79	1.24	1.77
7	2.01	1.22	2.01

Standardinnstilling	
Anode/filter	Mo/Mo
Rørspenning	28 kV
Forslag til mAs	7.6
Anvendt mAs	8.0

Dose 7 eksponeringer	18.6	mR
Grunnslør	0.20	
Filmdose	92.9	μ Gy
Gradient (ND 0,5-1,5)	2.80	



StrålevernRapport 1996:1
Handlingsplanen for atomsaker
Atomsikkerhetsprosjektene 1995

StrålevernRapport 1996:2
Radiocaesium in grazing sheep

StrålevernRapport 1996:3
Helsemessige konsekvenser av Tsjernobylulykken

StrålevernRapport 1996:4
Cellevekst, intracellulær kalsiumkonsentrasjon og metabolsk kooperasjon
hos celler eksponert for 50 Hz magnetfelt

StrålevernRapport 1996:5
Årsmelding 1995

StrålevernRapport 1996:6
Helkroppsmåling av radioaktivitet i mennesker

ISSN 0804-4910

