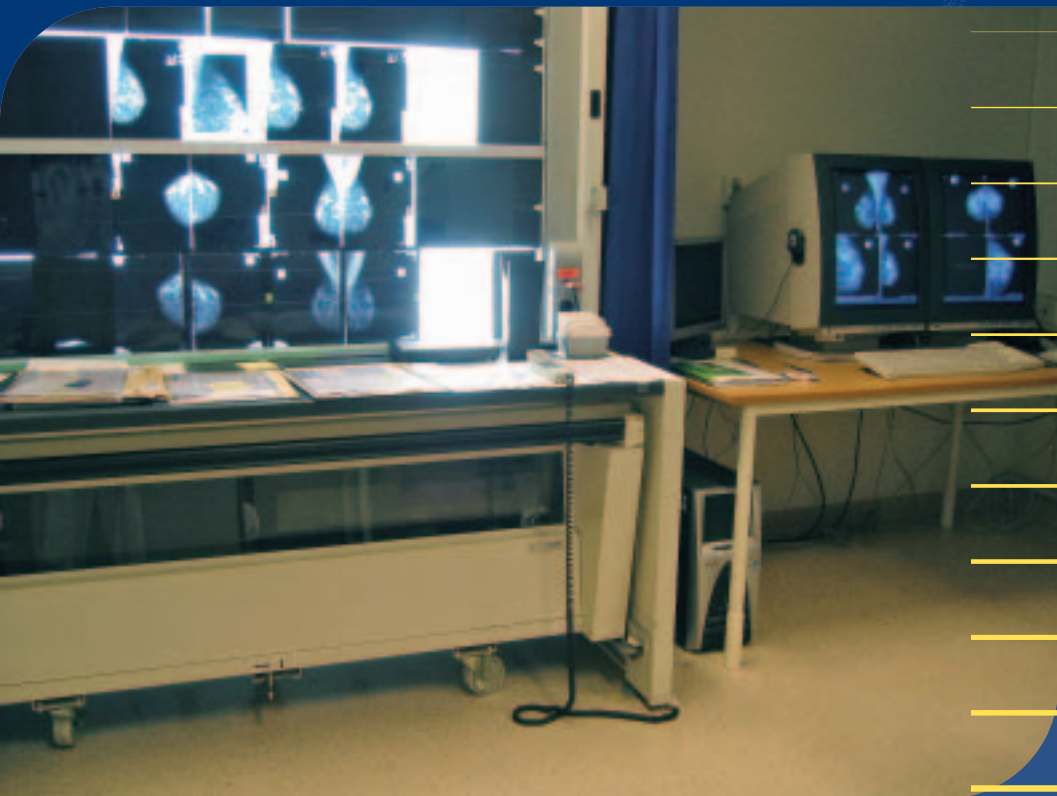


## Stråledoser ved analog og digital mammografi i Mammografiprogrammet i Troms og Finnmark høsten 2004



*Referanse:*

Pedersen K., Hauge I. H. R.: Stråledoser ved analog og digital mammografi i Mammografiprogrammet i Troms og Finnmark høsten 2004. StrålevernRapport 2006:17. Østerås: Statens strålevern, 2006. Språk: Norsk

*Emneord:*

Digital mammografi. Mammografiscreening. Stråledose. Pasientdoser.

*Resymé:*

Alle norske kvinner i alderen 50 til 69 år inviteres til mammografiscreening i det offentlige Mammografi-programmet annethvert år. Statens strålevern har ansvaret for teknisk kvalitetskontroll og optimalisering av stråledoser og bildekvalitet. I programmet foregår det for tiden en gradvis overgang til digitalt mammografiutstyr. Ved screeningen i Troms og Finnmark screenet man fra høsten 2004 både med analogt og digitalt utstyr. Basert på data fra både analoge og digitale undersøkelser utført høsten 2004, sammenlignes blant annet dose per eksponering og dose per undersøkelse for kvinnene undersøkt med henholdsvis analog og digital teknikk. Dataanalysene viser at kvinner undersøkt med digital teknikk fikk signifikant lavere doser både per eksponering og per undersøkelse sammenliknet med kvinner undersøkt med analog teknikk.

*Reference:*

Pedersen K., Hauge I. H. R.: Radiation doses with analog and digital technique in the Breast Screening Program of Troms and Finnmark autumn 2004. StrålevernRapport 2006:17. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2005. Language: Norwegian.

*Keywords:*

Digital mammography. Mammography screening. Radiation dose. Patient doses.

*Abstract:*

All Norwegian women between 50 and 69 years of age are invited to mammography screening in The Norwegian Breast Cancer Screening Program every other year. The Norwegian Radiation Protection Authority is responsible for technical quality control and optimization of the radiation dose and image quality. Currently a gradual transition to digital mammography equipment is taking place. At the screening program in the two Norwegian counties Troms and Finnmark, both analog and digital equipment was used for screening from the autumn of 2004. Based on data from both analog and digital examinations in the autumn of 2004, a comparison is made between dose per exposure and dose per examination for women examined with analog and digital equipment respectively. It is found that women examined with digital equipment received significantly lower doses both per exposure and per examination compared to women examined with analog equipment.

Prosjektleder: Kristin Pedersen.

Godkjent:



Gunnar Saxebøl, avdelingsdirektør, Avdeling Strålevern og sikkerhet.

30 sider.

Utgitt 2006-11-15.

Opplag 150 (11-06).

Form, omslag: Lobo Media AS, Oslo.

Trykk: Lobo Media AS, Oslo.

*Bestilles fra:*

Statens strålevern, Postboks 55, 1332 Østerås.

Telefon 67 16 25 00, telefax 67 14 74 07.

e-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 0804-4910

# Stråledoser ved analog og digital mammografi i Mammografiprogrammet i Troms og Finnmark høsten 2004

Kristin Pedersen

Ingrid Helen Ryste Hauge



---

## Forord

Mammografiprogrammet i Troms og Finnmark drives av Universitetssykehuset Nord-Norge (UNN) i Tromsø. Virksomheten består av et brystdiagnostisk senter (BDS) ved UNN samt en mobil screeningenhet ("Emma"). Screeningbildene tas enten i den mobile enheten eller ved et screeninglaboratorium på BDS. Ved BDS er det i tillegg et laboratorium der etterundersøkelser i screeningprogrammet samt øvrig klinisk mammografi blir utført.

Høsten 2004 ble det installert et digitalt mammografisystem ved screeninglaboratoriet på UNN. Utstyret på den mobile enheten var fremdeles analogt. Fra høsten 2004 ble det dermed utført screening med både analogt og digitalt utstyr i Troms og Finnmark.

Ved innføringen av digital mammografi har man stilt seg spørsmål om hvilke egenskaper denne teknikken har sammenlignet med den langt mer utprøvde analoge varianten. I denne rapporten ønsker vi å se nærmere på forhold knyttet til stråledose til undersøkte kvinner.

I arbeidet med denne rapporten bidro radiografer fra screeningvirksomheten i Troms og Finnmark med eksponeringsdata fra det analoge mammografilaboratoriet. Forsker Ragnhild Sørum fra Kreftregisteret gav verdifulle innspill vedrørende statistikk og presentasjon av tallmaterialet.

---

# Innhold

---

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>Innhold</b>	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>9</b>
<b>2 Dosimetri i mammografi</b>	<b>10</b>
2.1 Dosimetri i Mammografiprogrammet	10
2.2 Nødvendige bakgrunnsdata ved beregning av doser	10
2.3 Omregning fra målt inngangsdose til kjerteldose	11
<b>3 Eksponeringsdata, målinger og beregninger</b>	<b>12</b>
3.1 Registrerte eksponeringsdata	12
3.1.1 <i>Brysttykkelse</i>	12
3.2 Målinger utført på mammografiapparatene	13
3.2.1 <i>Dose ved inngangsflaten</i>	13
3.2.2 <i>Halverdilag - HVL</i>	13
3.3 Beregning av gjennomsnittlig brystkjerteldose	14
3.3.1 <i>Tilfeller med mer enn ett bilde per projeksjon</i>	15
3.4 Statistisk analyse	15
<b>4 Resultater</b>	<b>16</b>
4.1 Inkluderte data	16
4.2 Utstyr og screeningmetode	16
4.2.1 <i>Mammografiapparat</i>	16
4.2.2 <i>Anvendt anode, filter og kV</i>	16
4.2.3 <i>Film og framkallingsutstyr</i>	17
4.2.4 <i>Screeningmetode/bildetaking</i>	17
4.3 Registrerte eksponeringsdata	18
4.3.1 <i>Alder</i>	18
	<b>4</b>

---

4.3.2	<i>Kompresjonskraft</i>	19
4.3.3	<i>Brysttykkelse</i>	19
4.4	Gjennomsnittlig brystkjerteldose og dosefordeling	21
4.5	Sammenheng mellom brysttykkelse og dose	23
4.6	Dose til standardbrystet	25
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>26</b>
5.1	Inkluderte data	26
5.2	Utstyr og screeningmetode	26
5.3	Alder, kompresjonskraft og brysttykkelse	26
5.4	Gjennomsnittlig brystkjerteldose og dosefordeling	27
5.5	Dose og eksponeringer per undersøkelse	27
5.6	Sammenheng mellom brysttykkelse og dose	27
5.7	Dose til standardbrystet	28
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>Referanseliste</b>	<b>30</b>





---

## Sammendrag

Denne rapporten omhandler stråledoser ved henholdsvis analog og digital avbildningsteknikk i Mammografiprogrammet i Troms og Finnmark. Grunnlaget for rapporten er eksponeringsdata for til sammen 496 kvinner, hvorav 236 ble undersøkt med analog teknikk og 260 med digital teknikk. Eksponeringsdataene fra analog lab ble registrert av radiografer ved virksomheten høsten 2004, mens dataene fra digital lab ble hentet fra opplysningene lagret med bildene og registrert av Strålevernet.

For beregning av doser til screenede kvinner har vi benyttet følgende sammenheng:

$$D = K \cdot g \cdot s$$

der D er dosen, K er kerma fritt i luft (tilsvarer dosen til overflaten), g er overgangsfaktorer fra Dance (9), og s er korreksjon for strålekvalitet fra Dance et al. (8).

Vi finner at gjennomsnittlig dose D for hele undersøkelsen er 2,61 mGy (95 % KI: 2,53 mGy-2,69 mGy) og 1,66 mGy (95 % KI: 1,60 mGy-1,72 mGy) ved henholdsvis analog og digital teknikk. Med dose for hele undersøkelsen menes her summen av alle eksponeringer for en kvinne delt på antall bryst (i regelen to). Dette fordi organet bryst i strålevernssammenheng er definert å omfatte begge bryst.

Det er en statistisk signifikant forskjell i doser ved de to teknikkene for begge projeksjoner. For frontprojeksjonen er gjennomsnittlig dose D 1,28 mGy og 0,74 mGy for henholdsvis analog og digital teknikk, for skråprojeksjonen 1,30 mGy og 0,81 mGy.

---

## Summary

In this report we calculate and compare radiation doses with conventional and digital imaging respectively in the Norwegian Breast Cancer Screening Program in Troms and Finnmark. The analyses are based on exposure data from a total of 496 women, of whom 236 were examined with conventional technology and 260 with digital technology. The exposure data from the conventional laboratory were registered by the radiographers during the autumn of 2004 while the data from the digital unit were collected from information stored with the images and registered by the Norwegian Radiation Protection Authority.

For the calculation of doses to the screened women we used the following equation:

$$D = K \cdot g \cdot s$$

Where D is the dose, K is kerma free in air (similar to surface dose), g is conversion factors from Dance (9), and s is the correction factors for radiation quality from Dance et al. (8).

We find that the average dose D per examination is 2,61 mGy (95 % CI: 2,53 mGy-2,69 mGy) and 1,66 mGy (95 % CI: 1,58 mGy-1,72 mGy) for conventional and digital technique respectively. Dose per examination is taken to mean the sum of all exposures for a woman averaged over the number of breasts (normally two). This is because in radiation protection terms the organ breast is defined to consist of both breasts.

There is a statistically significant difference in doses with the two techniques for both projections. For the cranio-caudal projection, the average dose D is 1,28 mGy and 0,74 mGy for conventional and digital technique respectively, and for the medio-lateral oblique projection 1,30 mGy and 0,81 mGy.

---

# 1 Innledning

Den internasjonale strålevernkommisjonen ICRP (International Commission on Radiological Protection) gir to grunnprinsipper for strålevern innen medisinsk bruk av stråling. Bruken skal være 1) berettiget og 2) optimalisert (stråledosen bør være ”as low as reasonably achievable” – det såkalte ALARA-prinsippet) (1). Årsaken er den potensielt kreftframkallende (carcinogene) risiko strålingen innebærer. Innen diagnostisk radiologi, som mammografi hører til, betyr optimalisering at stråledosen til pasienten skal holdes så lav som mulig, samtidig som en oppnår en kvalitet på bildene som sikrer en fullgod diagnostisering. Vurdering av stråledosen til bryst er derfor en viktig del av kvalitetskontrollen innen mammografi, og det er vanlig å benytte parameteren *gjennomsnittlig dose til kjertelvevet* (Average Glandular Dose - AGD).

Fra begynnelsen av 1990-tallet har det i stadig sterkere grad blitt jobbet med å utvikle systemer for digital mammografi. Ved Mammografiprogrammet i Oslo begynte man med utprøving av digital screening i 2000. Det er imidlertid først de aller siste årene at vi har sett en økning i bruken av digitalt utstyr i screening i Mammografiprogrammet. I denne fasen, som fremdeles må betegnes som en tidlig fase i digital mammografiscreening, har man stilt seg spørsmål om hvilke egenskaper den digitale teknikken har sammenlignet med den langt mer utprøvde analoge varianten. Ikke minst gjelder dette på områdene bildekvalitet og stråledoser.

Mammografiprogrammet i Troms og Finnmark har i lengre tid arbeidet med planer om å digitalisere driften. I den forbindelse ble det installert en digital enhet på klinisk laboratorium i desember 2002. Høsten 2004 ble det så installert en digital enhet på screeninglaboratoriet ved Universitetssykehuset Nord-Norge (UNN) i Tromsø. Den mobile enheten har fremdeles analogt utstyr.

En slik driftsperiode der det benyttes både analogt og digitalt utstyr, om enn ikke på de samme kvinnene, gir oss muligheten til å sammenligne dosene til undersøkte kvinner med de to teknologiene. Målet med denne rapporten har vært å gjøre en slik sammenligning.

---

## 2 Dosimetri i mammografi

### 2.1 Dosimetri i Mammografiprogrammet

Strålevernet har bl.a. ansvar for koordinering av den tekniske kvalitetskontrollen i Mammografiprogrammet. Prosedyrebeskrivelser for dette arbeidet fins i to underkapitler i Kvalitetsmanualen (2) som er utarbeidet innenfor programmet. I disse kapitlene beskrives to ulike prosedyrer for måling og vurdering av stråledose. Utregning av gjennomsnittlig brystkjerteldose (AGD) for en såkalt referanseeksponering er beskrevet i kapittel 11, avsnitt 11.4.10 *Midlere absorbert brystkjerteldose*. Denne testen utføres som en del av den årlige statuskontrollen. Dosen regnes her ut for eksponering av et såkalt standardbryst, det vil si et fantom av vevslignende materiale og tykkelse 45 mm. Innstilling av apparaturen skal svare til innstillingen for et vanlig bryst med samme tykkelse. Denne typen målinger er til nytte i forbindelse med sammenligning med fastsatte dosegrenser, sammenligning av ulike innstillinger for å ta bilder, og som del av kvalitetssikringen når ytelsen til mammografiutstyr skal vurderes.

De faktiske dosene til de frammøtte kvinnene er avhengige av forhold ved den enkelte eksponeringen, blant annet egenskaper ved brystet (tykkelse, kjertelinnhold), og hvilke eksponeringsparametre som brukes. For å få informasjon om dosene til de frammøtte kvinnene, må en derfor gjøre beregninger med data fra virkelige mammografiundersøkelser. I den siste versjonen av Kvalitetsmanualen fra 2003, kapittel 10, er det stilt krav om årlig registrering av nødvendige data for doseutregning for 50 kvinner ved hvert screeninglaboratorium. Dette er i tråd med forskriften fra 21. november 2003 nr. 1362 om strålevern og bruk av stråling ("strålevernforskriften"), der det i § 31 står som følger: "Virksomheten skal ha oversikt over representative doser/administrert aktivitet til pasienter ved typiske røntgendiagnostiske og nukleærmedisinske undersøkelser".

Selve beregningen av dosene er ikke omtalt i Kvalitetsmanualen. I StrålevernRapport 2005:12 (3) sammenlignet vi ulike metoder og varianter for slike doseutregninger og kom fram til hvilken metode vi ville benytte når vi skulle regne ut doser til screenede kvinner seinere. Den valgte metoden er benyttet i utregningene av doser til screeningkvinner i denne rapporten.

### 2.2 Nødvendige bakgrunnsdata ved beregning av doser

Som nevnt i innledningen, er gjennomsnittlig dose til kjertelvevet (Average Glandular Dose, AGD) den dosen det er vanligst å vurdere i mammografi. Denne kan ikke måles direkte, men regnes ut under visse forutsetninger fra dosestørrelser målt ved brystets overflate. Luftkerma ved inngangsflaten ("entrance surface air KERMA" – ESAK) fritt i luft (det vil si uten tilbakespredning) har blitt den mest brukte størrelsen.

Kjerteldosen (AGD) estimeres ved å multiplisere dosestørrelsen ved overflaten (ESAK) med en *overgangsfaktor*. Denne er avhengig av karakteristiske egenskaper til det bestrålte brystet (tykkelse, kjertelinnhold) og strålingen som blir benyttet (strålekvalitet uttrykt ved anode- og filtermateriale, rørspenning og halvverdilag (HVL)). Overgangsfaktorene har en kommet fram til gjennom matematiske simuleringer, såkalte Monte Carlo-beregninger. Der benyttes en matematisk modell for bestrålingen, der karakteristiske egenskaper hos det bestrålte objektet og strålefeltet som

---

vekselvirker med det, inngår. Siden forskjellige forskere benytter litt ulike modeller og metoder, kommer de også fram til faktorer som ikke er helt like.

Kjertelinnholdet i bryst er en av egenskapene som er med på å avgjøre størrelsen på kjerteldosen. Men det er ikke en triviell oppgave å bestemme kjertelinnholdet for hvert enkelt bryst. I startfasen med å utarbeide modeller for utregning av kjerteldosen valgte man å tilordne alle de undersøkte brystene en "standardtetthet" på 50 % kjertelvev. Denne framgangsmåten er blant annet anbefalt i 'European protocol on dosimetry in mammography' (4). Seinere har man utvidet modellene og utregningene slik at man har overgangsfaktorer også for andre tettheter enn 50 %. En må da vite hvor mye kjertelvev hvert bryst inneholder. Den beste måten å finne fram til andelen kjertelvev, er trolig å ta utgangspunkt i bildene (mammogrammene), noe som er svært tidkrevende. Denne metoden ble blant annet benyttet av Eklund et al. (5). Alternativt har en estimert kjertelinnholdet ved å sammenligne eksponeringsdata fra virkelige bryst med data fra fantom med samme tykkelse og kjent tetthet (6, 7) eller via Monte Carlo-simuleringer (8). Resultatene med bruk av alle disse metodene viste en sammenheng mellom alder, komprimert brysttetthet og kjertelinnhold.

### 2.3 Omregning fra målt inngangsdose til kjerteldose

Innen mammografi er det flere forskningsmiljøer som har publisert overgangsfaktorer for utregning av AGD. I StrålevernRapport 2005:12 (2) vurderte og sammenlignet vi flere av disse, og kom fram til at vi i framtida ville benytte faktorer publisert av Dance (9) og Dance et al. (8).

I sin første publikasjon gikk Dance (9) ut i fra at brystet er sammensatt av et sentralt område med like store deler fett- og kjertelvev (50 % kjertel og 50 % fett) med et 0,5 cm tykt lag av fett helt ytters som omslutter det sentrale området. Overgangsfaktorer, som Dance kaller g-faktorer, er regnet ut for bryst med tykkelse 2-8 cm. Han går ut ifra at en brystsammensetning på 50 % kjertelvev vil være en god tilnærming for bryst med tykkelse i området 2-8 cm. De tabulerte verdiene er oppgitt som funksjon av HVL og brysttykkelse. HVL er oppgitt i steg på 0,05 fra 0,25 til 2,00 millimeter aluminium (mm Al). Brysttykkelse er oppgitt i hele centimeter fra 2 til 8 (4,5 cm er også med). Ved andre HVL og tykkelser må en interpolere ut ifra verdiene i tabellen.

Korreksjonsfaktorer til de opprinnelige g-faktorene ble publiserte av Dance et al. i 2000 (8). To nye faktorer ble introdusert: Faktoren c korrigerer for brysttetthet som er forskjellig fra 50 % kjertelvev og faktoren s korrigerer for ulike anode-/filterkombinasjoner.

Gjennomsnittlig brystkjerteldose (D) blir da regnet ut etter følgende formel:

$$D = K \cdot g \cdot c \cdot s \quad (\text{Formel 1})$$

G-faktorene for tykkelse 2-8 cm er de samme som i (9), man supplerte i tillegg med g-faktorer for tykkelser 8-11 cm. Enheten for gjennomsnittlig absorbert brystkjerteldose (D) er milligray (mGy).

Det er ikke gjort undersøkelser i Norge omkring forholdet mellom alder og komprimert brysttykkelse på den ene siden og mengde kjertelvev på den andre. I StrålevernRapport 2005:12 (2) kom vi derfor fram til at vi ikke ville benytte korreksjonsfaktorene for kjertelinnhold.

Gjennomsnittlig absorberte brystkjerteldose er derfor regnet ut etter følgende formel i denne rapporten:

$$D = K \cdot g \cdot s \quad (\text{Formel 2})$$

---

## 3 Eksponeringsdata, målinger og beregninger

Som omtalt tidligere, regnes den gjennomsnittlige brystkjerteldosen for en eksponering (AGD) ut ved først å regne ut dosen ved overflaten (ESAK). Forholdet mellom overflatedosen og kjerteldosen finner man ved å benytte overgangsfaktorer (se kapittel 2.3). Til dette trengs data fra eksponeringen (avsnitt 3.1) i kombinasjon med målinger som er karakteristiske for det enkelte mammografiapparatet (avsnitt 3.2.1 og 3.2.2).

Data fra eksponeringene på analog lab ble registrert av radiografene i forbindelse med bildetakingen. Data fra eksponeringene på digital lab ble lest av på hvert enkelt bilde i ettertid. Målingene på mammografiapparatene ble gjort av Strålevernet. Detaljene i metoden er omtalt nærmere i de følgende avsnittene.

### 3.1 Registrerte eksponeringsdata

Følgende data ble registrert for hver kvinne:

- Dato for undersøkelsen
- Løpenummer
- Filmformat (18 x 24 cm eller 24 x 30 cm) for det analoge systemet
- Fødselsår
- Prosjeksjon (høyre front, høyre skrå, venstre front, venstre skrå og eventuelle ekstrabilder)
- Komprimert brysttykkelse angitt i millimeter
- Kompresjonskraft målt i kilogram
- Anvendt anode- og filtermateriale (stilt inn manuelt eller valgt av programautomatikken)
- Anvendt rørspenning (kV) (stilt inn manuelt eller valgt av programautomatikken)
- Anvendt mAs-verdi (vises av systemet etter hver eksponering og i de digitale bildene).

I utgangspunktet gjøres det fire eksponeringer per kvinne – to av hvert bryst. Avvik eller feil av ulike slag kan gjøre det nødvendig å gjenta en eller flere eksponeringer. Dersom brystet er for stort til å få plass på én film eller det tilgjengelige detektorarealet, gjøres to eller flere eksponeringer der ulike (delvis overlappende) områder dekkes etter tur.

#### 3.1.1 *Brusttykkelse*

Mammografiapparater viser som regel en verdi for komprimert brysttykkelse. Verdien som vises, er avstanden fra kassett-/detektorbordet opp til festet for kompresjonsplaten. I praksis er kompresjonsplatene fleksible, det vil si at de bøyer seg noe under kompresjonen. Dess større kompresjonen er, dess mer vil kompresjonsplaten bøye seg. Ideelt sett bør derfor tykkelsen som leses av, korrigeres i forhold til den benyttede kompresjonskraften. Flere slike korreksjonsmetoder er beskrevet. De har det til felles at de er relativt arbeidskrevende. Vi har derfor valgt å ikke gjøre noen korreksjon av den avleste verdien for komprimert brysttykkelse. Tykkelsene som er benyttet for å regne ut dosene, er de som ble lest av i mammografenes visningsvindu (analog modell) eller på bildet i etterkant (digital modell).

## 3.2 Målinger utført på mammografiapparatene

### 3.2.1 Dose ved inngangsflaten

Stråleutbyttet ble målt med et ionekammer. Tabell 1 gir en oversikt over måleutstyret. Kammeret ble plassert med sentrum sentralt på kassett-/detektorbordet og 60 mm fra brystveggkanten (se Figur 1). Måleplanet var 45 mm over bordet. Kompresjonsplaten ble justert slik at den ble stående i kontakt med overflaten til ionekammeret.

Stråleutbyttet ble målt for alle anode-/filterkombinasjoner og kV-verdier som ble brukt ved eksponering av kvinnene, og for mAs-verdier som dekket det området som ble benyttet.



*Figur 1 Oppsett for å måle stråleutbytte med ionekammer. Eksempelet viser måling på et digitalt mammografisystem. Objektbordet er derfor dekket av ei stålplate for å unngå problemer med såkalt "ghost images".*

Fra de målte verdiene ble ESAK per mAs beregnet for måleposisjonen. Verdien ved andre høyder over bordet (det vil si for andre brysttykkelser enn 45 mm) finner man ved å korrigere for avstand. ESAK ved en spesiell eksponering finner man videre ved å multiplisere med aktuell mAs-verdi.

### 3.2.2 Halvverdilag - HVL

Kjennskap til halvverdilag er nødvendig når rette overgangsfaktorer skal finnes for hver eksponering. Ved dosemålingene som ble brukt til å regne ut halvverdilag, ble ionekammeret plassert med sentrum sentralt på kassettbordet og 60 mm fra brystveggkanten. Måleplanet var 45

mm over kassettbordet. Dosemålingene som ble benyttet til å regne ut halvverdilaget ble utført med kompresjonsplaten i strålefeltet (se Figur 2). Utstyret som ble brukt til å måle halvverdilag er gitt i Tabell 1.



Figur 2 Oppsett for å måle halvverdilag (HVL) med ionekammer.

Tabell 1 Oversikt over utstyret som ble benyttet ved måling av stråleutbytte og halvverdilag (HVL).

Utstyr	Produsent	Modell
Radcal Ion Chamber	Radcal (Monrovia, USA)	Model 10x5-6M
Radcal Radiation Monitor Controller	Radcal (Monrovia, USA)	Model 9010
Radcal Electrometer/Ion chamber	Radcal (Monrovia, USA)	Model 9060
Aluminiumsfiltere,	Gammex RMI (Middleton, USA)	RMI 115H (99,9 % renhet)

### 3.3 Beregning av gjennomsnittlig brystkjerteldose

Hvilken overgangsfaktor man skal benytte for hver enkelt eksponering er avhengig av anvendt anode-filterkombinasjon og rørspenning (kV) samt HVL og brysttykkelse. I de publiserte tabellene er ikke alle mulige kombinasjoner av brysttykkelse, kV og HVL tatt med, derfor vil det være nødvendig å interpolere (eventuelt ekstrapolere) ut fra tabellverdiene.



---

### 3.3.1 Tilfeller med mer enn ett bilde per projeksjon

I Mammografiprogrammet har en valgt en modell med to projeksjoner av hvert bryst: en frontprojeksjon ("cranio-caudal" – CC) og en skråprojeksjon ("medio-lateral oblique" – MLO). En komplett undersøkelse vil da som oftest være sammensatt av totalt fire eksponeringer, to av hvert bryst.

I noen tilfeller er det ikke tilstrekkelig med ett bilde per projeksjon per bryst. Årsaken til dette er som oftest at en ikke får med hele brystet på filmen eller det tilgjengelige detektorarealet. Dette løser en ved å ta to eller flere delvis overlappende bilder. Sjøl om ikke hele brystet ble eksponert to (eller flere) ganger, regner vi likevel som om det var tilfellet når vi ser på dosen. Dette blir også anbefalt i den europeiske dosimetriprotokollen for mammografi (4). En må gå ut ifra at dette fører til en viss overestimering av dosen i slike tilfeller.

## 3.4 Statistisk analyse

Denne rapporten har sin bakgrunn i et ønske om å sammenligne doser til screeningkvinner i Troms og Finnmark undersøkt enten med analog eller digital avbildningsteknikk. I datamaterialet ligger det også annen informasjon om kvinnene og undersøkelsesteknikken som det kan være interessant å sammenligne. Hvis dataene kan beskrives ved middelerdien for de registrerte verdiene, kan man benytte en såkalt t-test for å avgjøre om middelerdiene i to datasett er signifikant forskjellig ved å teste hypotesen at middelerdiene er like. I denne rapporten har vi gjort dette for bl.a. kvinnenes alder, og dose per undersøkelse. Den oppgitte p-verdien angir sannsynligheten for å finne det aktuelle resultatet hvis gruppene som sammenliknes er like. Resultater med  $p < 0,05$ , dvs. et signifikansnivå på 5 %, betraktes som signifikante funn. I denne rapporten er p-verdien som regel rapportert i tabellen som oppsummerer de øvrige funnene for hver enkelt parameter.

---

## 4 Resultater

### 4.1 Inkluderte data

Denne rapporten inneholder data fra analog screeninglab på mobil enhet "Emma" og fra digital screeninglab ved brystdiagnostisk senter (BDS) i Tromsø. Dataene fra analog lab består av totalt 236 undersøkelser foretatt høsten 2004. Dataene fra digital lab består av totalt 260 undersøkelser foretatt i oktober, november og desember 2004.

Overgangsfaktoren  $g$  for omregning fra inngangs- til brystkjerteldose er kun definert for brysttykkelser i området 2-11 cm. Registrerte undersøkelser der en eller flere av eksponeringene gav en tykkelse under 2 cm er derfor ekskludert fra datamaterialet. Dette omfatter 10 undersøkelser registrert ved analog lab og to ved digital lab. Fra analog lab er i tillegg fem registreringer ekskludert på grunn av manglende eksponeringsdata. Fra digital lab er det tilsvarende tallet 13.

### 4.2 Utstyr og screeningmetode

#### 4.2.1 Mammografiapparat

På analog screeninglab ble det benyttet et mammografiapparat av modell Siemens Mammomat 3000 Nova. Apparatet ble installert i den mobile enheten i forkant av oppstart av screening i Troms og Finnmark våren 2000. De to standard filmformatene, 18 cm x 24 cm og 24 cm x 30 cm, var begge i bruk ved det analoge screeninglaboratoriet.

På digital screeninglab ble det benyttet et mammografiapparat av modell Siemens Novation DR. Apparatet ble installert i september 2004. Det har en detektorstørrelse på omkring 23 cm x 29 cm, men man kan velge å benytte en mindre del av detektoren hvis brystets størrelse tilsier det. Så vidt vi kjenner til, ble det store bildeformatet benyttet ved samtlige eksponeringer med det digitale utstyret som er med i denne rapporten.

#### 4.2.2 Anvendt anode, filter og kV

Metoden for valg av anode, filter og kV er lik for de to apparatene. Systemene foreslår en av fire kombinasjoner av anode, filter og kV på grunnlag av komprimert brysttykkelse. De fire kombinasjonene kan velges og programmeres lokalt. Innstillingene for mammografiapparatene i denne undersøkelsen er vist i Tabell 1. I tillegg til kombinasjonene som er vist i tabellen, valgte radiografene i noen tilfeller å benytte anode-filterkombinasjonen W/Rh/29 kV ved bruk av det analoge apparatet.

Tabell 2 Programvalg for mammografiapparatene Siemens Mammomat 3000 (analogt apparat) og Siemens Novation DR (digitalt apparat)

Program	Tykkelse	Anode/filter/kV	
		Analog	Digital
1	0-29 mm	Mo/Mo/28 kV	W/Rh/25 kV
2	30-44 mm	Mo/Mo/29 kV	W/Rh/27 kV
3	45-59 mm	Mo/Rh/29	W/Rh/28 kV
4	≥ 60 mm	W/Rh/28	W/Rh/32 kV

#### 4.2.3 Film og framkallingsutstyr

På den analoge enheten ble det benyttet film og folie av type Kodak Min-R 2000/Min-R 190. På den mobile enheten ble det brukt en minilader Kodak Miniload Model 2 Plus. Filmen ble pakket lystett og sendt til BDS i Tromsø for framkalling. Til framkallingen ble framkallermaskinen Kodak X-Omat 5000 RA benyttet.

I Kvalitesmanualen står det at filmsvertningen målt for en referanseeksponering skal være mellom 1,2 og 1,8 og bør ligge mellom 1,4 og 1,6. Ved statuskontroll utført av Strålevernet den 18. november 2004 ble det registrert en svertning ved referanseeksponering på 1,75.

#### 4.2.4 Screeningmetode/bildetaking

I Mammografiprogrammet har en valgt en modell med to projeksjoner av hvert bryst: en frontprojeksjon ("cranio-caudal" – CC) og en skråprojeksjon ("medio-lateral oblique" – MLO). En komplett undersøkelse vil da som oftest være sammensatt av totalt fire eksponeringer, to av hvert bryst. Med dose for hele undersøkelsen menes her summen av alle eksponeringer for en kvinne delt på antall bryst (i regelen to). Dette fordi organet bryst i strålevernssammenheng er definert å omfatte begge bryst.

I noen tilfeller finner en det nødvendig å ta flere enn fire bilder i en undersøkelse. Dette kan være fordi en ikke får med hele brystet på ett bilde eller at en var misfornøyd med det første forsøket. Dette forholdet kan bidra til at det til sammen gjøres litt flere enn fire eksponeringer per kvinne. Et annet avvik fra standarden får vi fordi enkelte kvinner som tidligere har fått fjernet et bryst, inviteres til screening. I Mammografiprogrammet i Troms og Finnmark følger man for disse kvinnene en prosedyre der man i tillegg til de to standardprojeksjonene også tar et rett sidebilde. Ved doseberegningene og analysene av brysttykkelse og anvendt kompresjon, har vi av praktiske årsaker innlemmet disse ekstra sidebildene med skråprojeksjonene.

I vårt datamateriale finner vi at to (av i alt 236) og fire (av i alt 260) av kvinnene som ble undersøkt med henholdsvis analog og digital teknikk, hadde kun ett bryst og derfor fikk ett tilleggsbilde. Holder vi disse utenfor og deretter sammenligner antallet bilder med antallet undersøkte kvinner i vårt materiale, finner vi at det i gjennomsnitt er gjort 4,02 og 4,23 eksponeringer per kvinne ved henholdsvis analog og digital teknikk.

## 4.3 Registrerte eksponeringsdata

### 4.3.1 Alder

Fødselsår er registrert for 235 av 236 kvinner undersøkt ved det analoge screeninglaboratoriet og 257 av 260 kvinner undersøkt ved det digitale screeninglaboratoriet. Siden vi ikke kjenner til nøyaktig fødselsdato, har vi valgt å regne ut alder etter følgende sammenheng:

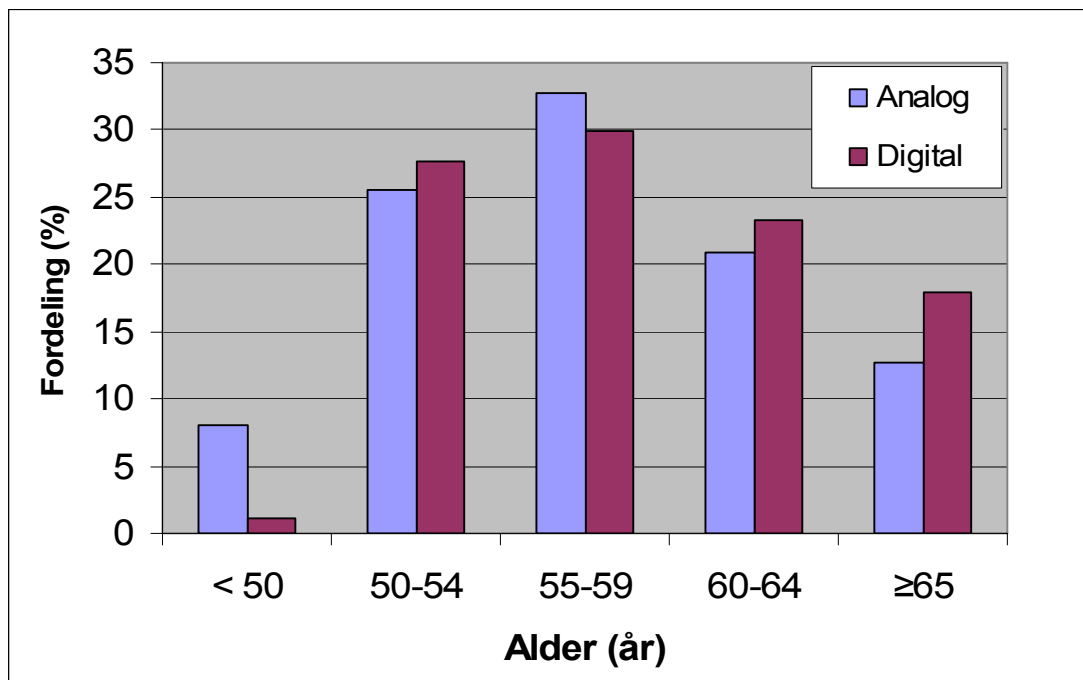
$$\text{Alder} = (\text{undersøkelsesår} - \text{fødselsår} - 1).$$

Denne måten å regne på gjør at kvinnene kan være opp til ett år eldre enn den alderen de får tilordnet her. Fordelingen basert på innrapporterte data kan med andre ord vise en viss forskyvning mot lavere aldrer sammenlignet med hva en fordeling basert på eksakt fødsels- og undersøkelsesdato ville ha gjort.

For kvinner undersøkt analogt finner vi at alderen i vårt materiale ligger i området 49 til 68 år, tilsvarende for kvinner undersøkt digitalt i området 49 til 71 år. Flere detaljer angående alderen på kvinnene i materialet er oppsummert i Tabell 3. Aldersfordelingen er vist i Figur 3.

Tabell 3 Middel- og medianverdier for alder for de undersøkte kvinnene. I t-testen sammenlignes middelveidene for alder i gruppene som er undersøkt henholdsvis analogt og digitalt. KI = konfidensintervall.

	Analog	Digital	P-verdi for t-test
Middelveidi	57,4 år (95 % KI: 56,7 år-58,1 år)	58,5 år (95 % KI: 57,8 år-59,2 år)	p<0,05
Median	57,0 år	58,0 år	-



Figur 3 Aldersfordelinga i prosent (%) for alle kvinnene som er inkludert i denne rapporten.

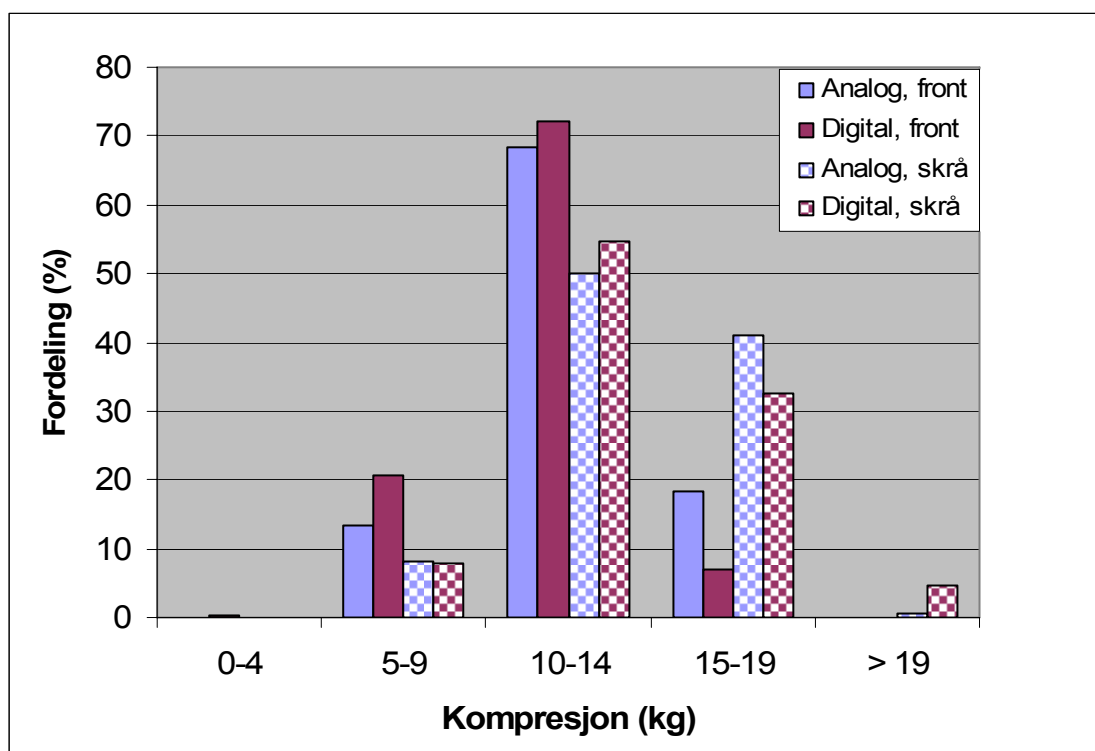
### 4.3.2 Kompresjonskraft

Anvendt kompresjonskraft er rapportert for alle eksponeringene. Detaljer om anvendt kompresjonskraft er oppsummert i Tabell 4. Vi ser at det er brukt høyere kompresjonskraft ved skrå- enn ved frontprojeksjonen, og ved analog sammenlignet med digital teknikk.

Tabell 4 Anvendt kompresjonskraft. I t-testen sammenlignes middelerdiene for anvendt kompresjonskraft i gruppene som er undersøkt henholdsvis analogt og digitalt. KI=konfidensintervall.

	Analog	Digital	P-verdi for t-test
Middelerdi, frontprojeksjonen (kg)	12,20 (95 % KI: 11,97-12,43)	10,70 (95 % KI: 10,50-10,90)	p<0,05
Middelerdi, skråprojeksjonen (kg)	13,80 (95 % KI: 13,52-14,08)	13,20 (95 % KI: 12,95-13,45)	P<0,05

Figur 4 viser en oversikt over fordelingen av kompresjonskraft. I figuren er det skilt mellom front- og skråprojeksjonen. Den omtalte forskyvningen mot noe høyere kompresjonskraft ved skrå- enn frontbilder er synlig i figuren.



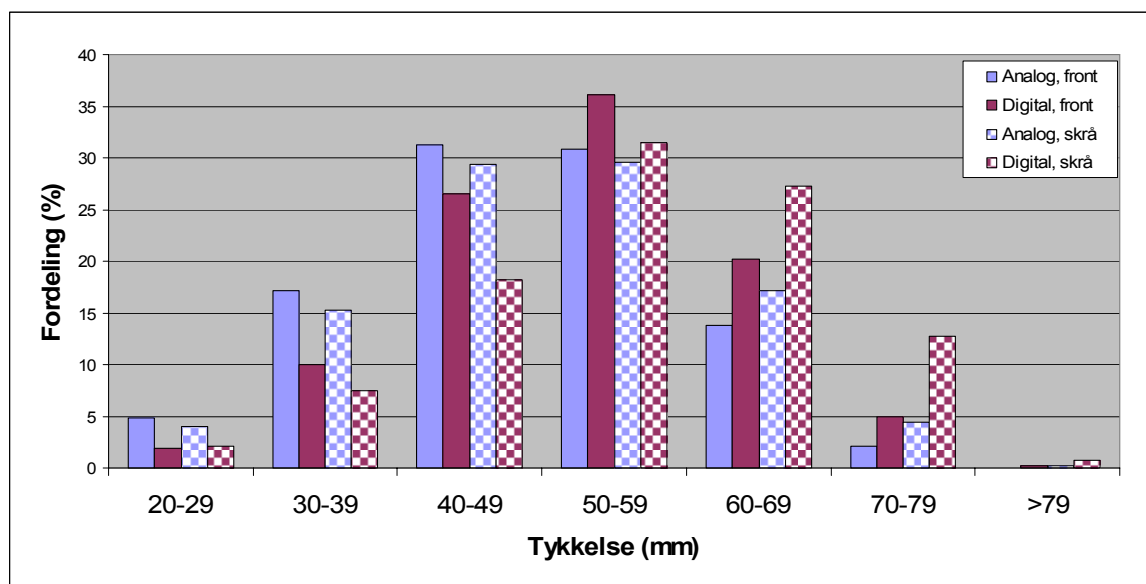
Figur 4 Fordeling av anvendt kompresjonskraft målt i kilogram (kg).

### 4.3.3 Brysttykkelse

Tall som summerer opp funnene knyttet til komprimert brysttykkelse, er vist i Tabell 5. Vi ser at komprimert brysttykkelse er større for front- enn for skråprojeksjonen og for digitalt laboratorium enn fra analogt laboratorium. Fordelingen over de ulike tykkelsene er vist i Figur 5.

Tabell 5 Komprimert brysttykkelse. I t-testen sammenlignes middelveiene for komprimert brysttykkelse i gruppene som er undersøkt henholdsvis analogt og digitalt. KI=konfidensintervall.

	Front			Skrå		
	Analog	Digital	P-verdi for t-test	Analog	Digital	P-verdi for t-test
Minste registrerte verdi (mm)	20,0	21,0	-	21,0	20,0	-
Største registrerte verdi (mm)	77,0	80,0	-	80,0	87,0	-
Gjennomsnittsverdi (mm)	48,0	52,5	<0,05	49,9	56,0	<0,05
(95 % KI)	(47,0-49,0)	(51,6-53,4)		(48,8-51,0)	(55,0-57,1)	
Medianverdi (mm)	48,0	53,0	-	50,0	57,0	-



Figur 5 Fordeling av gjennomsnittlig brysttykkelse målt i millimeter (mm).

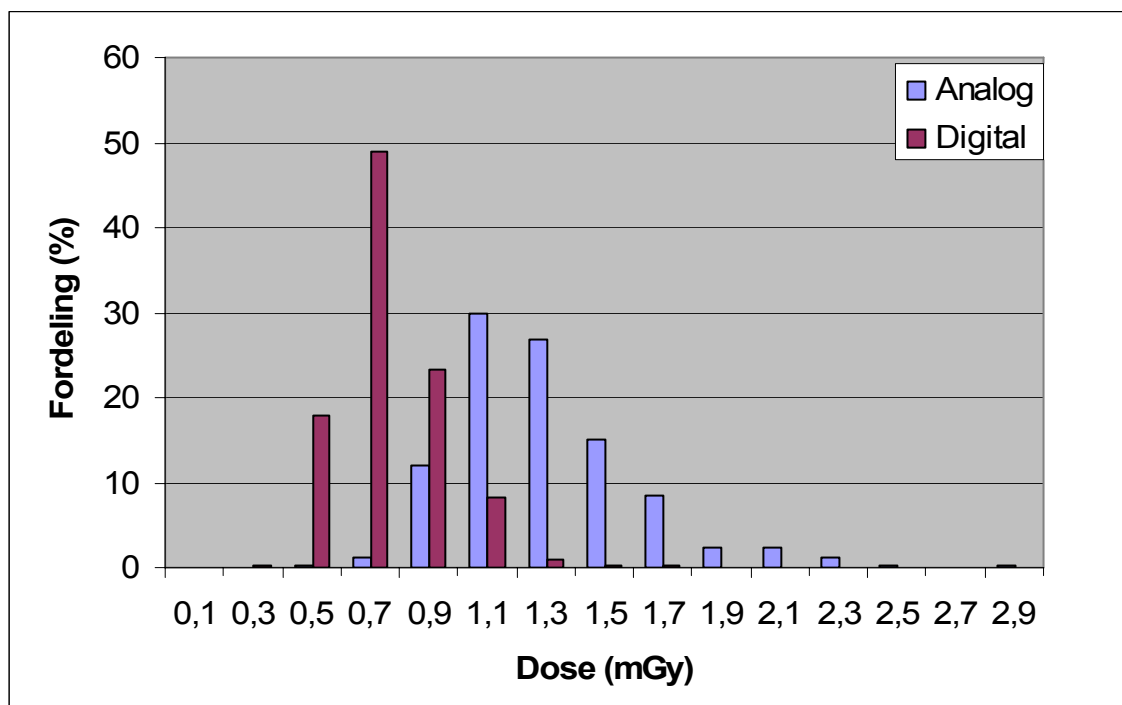
#### 4.4 Gjennomsnittlig brystkjerteldose og dosefordeling

Gjennomsnittlig brystkjerteldose (AGD) er vist for de to projeksjonene og utstyrstypene i Tabell 6.

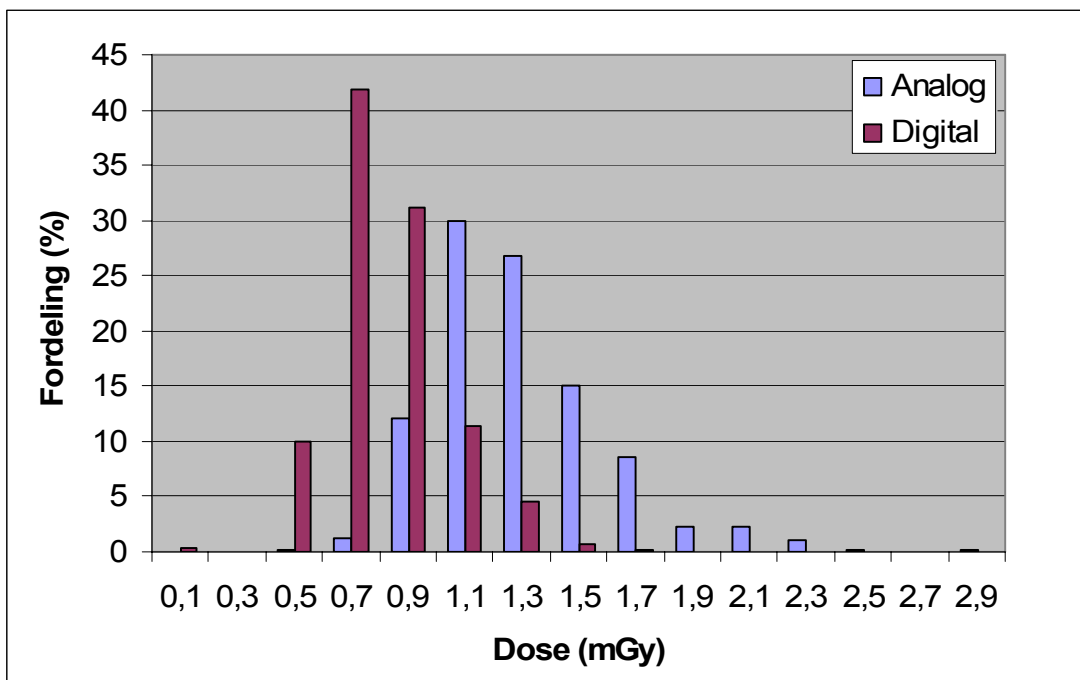
Tabell 6 Gjennomsnittlig brystkjerteldose (AGD). I t-testen sammenlignes middelverdiene for gjennomsnittlig dose per eksponering i gruppene som er undersøkt med henholdsvis analogt og digitalt utstyr. KI=konfidensintervall.

Projeksjon	Gjennomsnittlig dose per eksponering (mGy), analoge undersøkelser	Gjennomsnittlig dose per eksponering (mGy), digitale undersøkelser	P-verdi for t-test
Front	1,28 (95 % KI: 1,25-1,31)	0,74 (95 % KI: 0,73-0,75)	<0,05
Skrå	1,30 (95 % KI: 1,27-1,33)	0,81 (95 % KI: 0,79-0,83)	<0,05

Histogrammet i Figur 6 viser fordelingen av dosene for frontprojeksjonen i bånd på 0,2 mGy. Tilsvarende er fordelingen av dosene for skråprojeksjonen illustrert i Figur 7. For digital teknikk finner vi at den største andelen eksponeringer, både front- og skråprojeksjon, befinner seg i doseintervallet 0,60-0,79 mGy. For analog teknikk var intervallene henholdsvis 1,10-1,19 mGy for fronteksponeringer og 1,20-1,39 mGy for skråeksponeringer.



Figur 6 Fordeling av dose per eksponering for frontprojeksjonen. Merkene på x-aksen indikerer 0,2 mGy oppdeling.



Figur 7 Fordeling av dose per eksponering for skråprosjeksjonen. Merkene på x-aksen indikerer 0,2 mGy oppdeling.

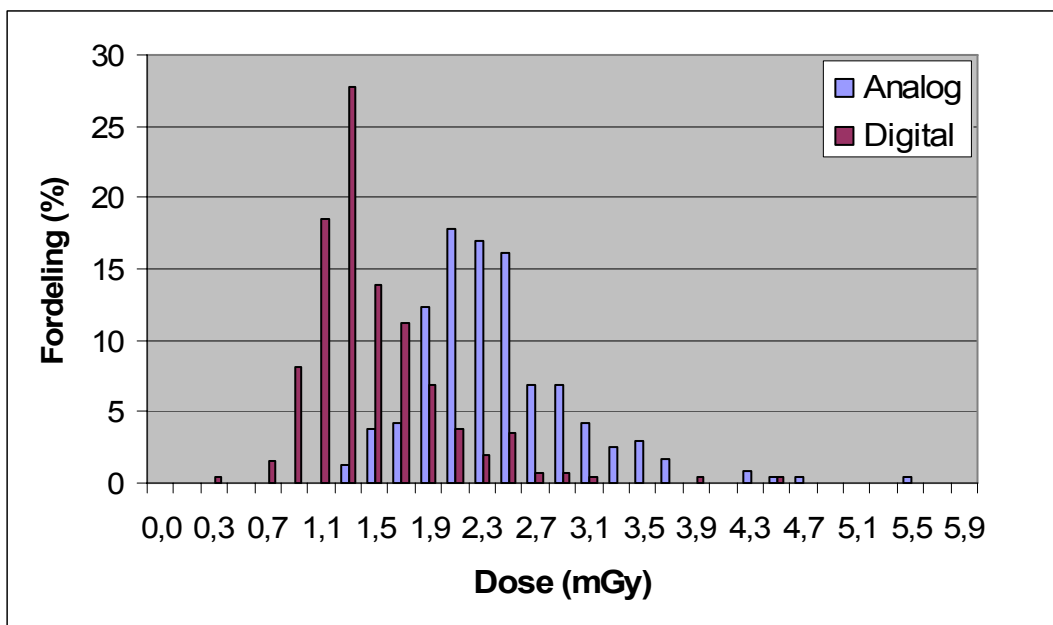
I Tabell 7 vises gjennomsnittlig dose per undersøkelse, det vil si totaldosen per undersøkelse dividert på antallet bryst (som regel to per kvinne). Ved en tilsvarende kartlegging av dose til screenede kvinner i 2005, fant vi en AGD per undersøkelse på  $2,55 \pm 0,07$  mGy (Erratum til (3)). Verdien vi finner her ved bruk av analog teknikk,  $2,61 \pm 0,08$  mGy, er sammenlignbar med verdien fra 2005, mens verdien vi finner ved bruk av digital teknikk er signifikant lavere.

Tabell 7 Gjennomsnittlig dose per undersøkelse. I t-testen sammenlignes middelverdiene for gjennomsnittlig dose per eksponering i gruppene som er undersøkt med henholdsvis analogt og digitalt utstyr. KI=konfidensintervall.

Teknikk	Analog	Digital	P-verdi for t-test
Gjennomsnittlig dose per undersøkelse (mGy)	2,61 (95 % KI: 2,53-2,69)	1,66 (95 % KI: 1,58-1,72)	<0,05

Figur 8 viser fordelingen av dose per undersøkelse for de to teknikkene. 79,6 % av de analoge og 98,1 % av de digitale undersøkelsene gav en dose per undersøkelse på mindre enn 3 mGy.





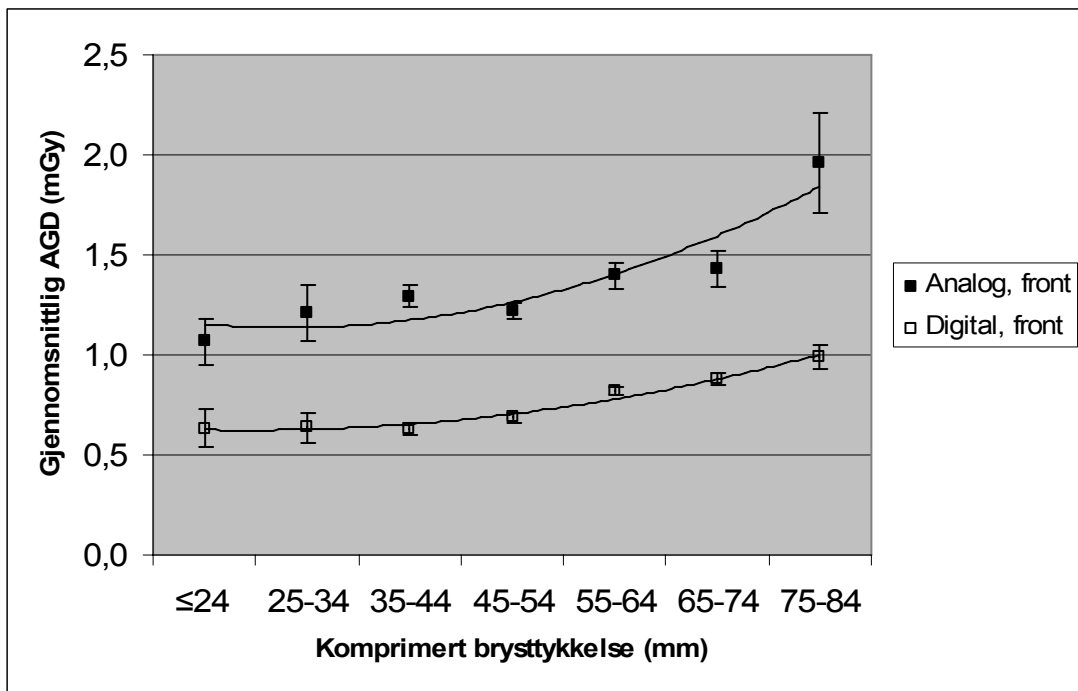
Figur 8 Fordeling av dose per undersøkelse (mGy). Merkene på x-aksen indikerer 0,2 mGy oppdeling.

#### 4.5 Sammenheng mellom brysttykkelse og dose

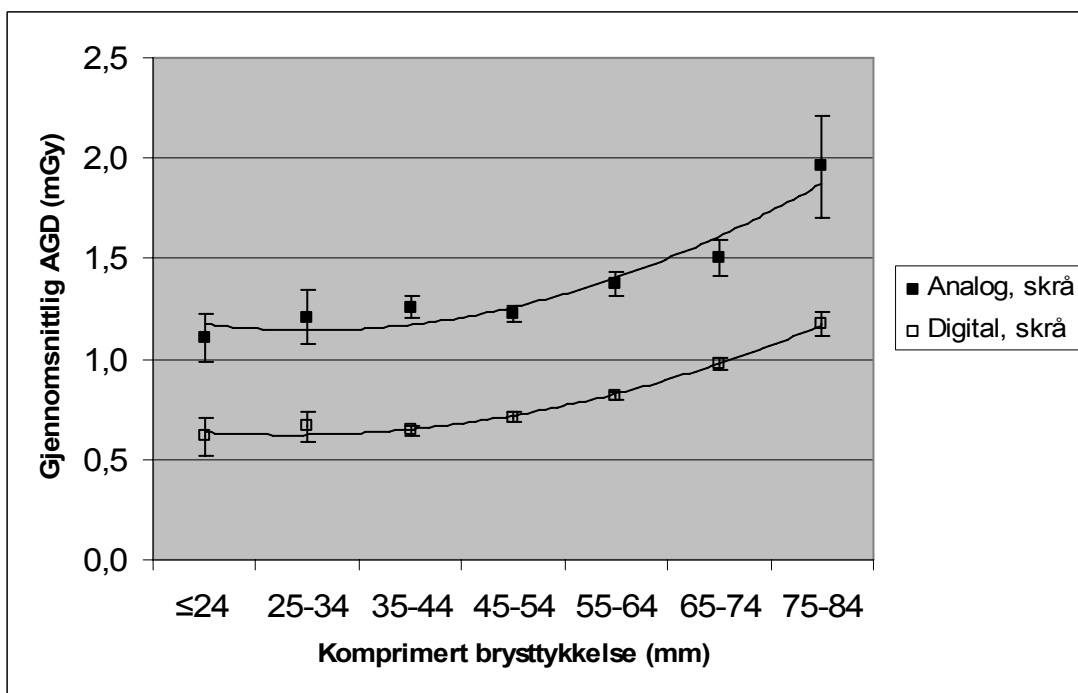
Gjennomsnittlig dose per eksponering (AGD) som funksjon av brysttykkelse er vist for de to teknikkene i Figur 9 (frontprojeksjon) og Figur 10 (skråprojeksjon).

Sammenhengen mellom brysttykkelse og dose viser en lignende tendens for begge teknikker, nemlig en relativt liten variasjon for tykkelser opp til segmentet 45-54 mm, deretter en viss stigning for de to tykkeste segmentene. Vi skal imidlertid her huske at doseverdiene for både de aller minste og de aller største tykkelsene er basert på svært få verdier.

En tendens som imidlertid er utvetydig, er at dosenivået ved eksponeringer med digitalt utstyr gjennomgående ligger vesentlig lavere enn dosenivået ved eksponeringer med analogt utstyr. Ser vi på forholdstallene mellom doser ved henholdsvis digital og analog teknikk, finner vi at dosene ved eksponeringer med digitalt utstyr utgjør fra omkring 50 til drøye 60 % av dosene ved eksponeringene med analogt utstyr for både front- og skråprojeksjonen.



Figur 9 Gjennomsnittlig kjerteldose per eksponering (frontprojeksjonen) for analogt og digitalt utstyr. Punktene med vertikale linjer, er observerte gjennomsnittsverdier med tilhørende 95 % konfidensintervall. Kurven er en tilpasset funksjon som beskriver sammenhengen mellom komprimert brysttykkelse og gjennomsnittlig AGD.



Figur 10 Gjennomsnittlig kjerteldose per eksponering (skråprojeksjonen) for analogt og digitalt utstyr. Punktene med vertikale linjer, er observerte gjennomsnittsverdier med tilhørende 95 % konfidensintervall. Kurven er en tilpasset funksjon som beskriver sammenhengen mellom komprimert brysttykkelse og gjennomsnittlig AGD.

## 4.6 Dose til standardbrystet

Dose til standardbrystet, det vil si fantom med tykkelse 45 mm og tetthet tilsvarende 50 % kjertelvev, beregnes i forbindelse med den årlige statuskontrollen utført av Strålevernet (2). Ved disse beregningene benyttes vanligvis overgangsfaktorer fra Wu et al. (10, 11). I en tidligere StrålevernRapport (3) basert på data fra 13 analoge screeninglaboratorier, fant vi at korrelasjonen mellom beregnede pasientdoser og doser til standardbryst var best for frontprojeksjonen. I det materialet kom vi fram til at gjennomsnittlig AGD for front-eksponeringene ved et laboratorium kunne forventes å ligge omkring 18 % høyere enn dosen funnet for standardbrystet ved samme laboratorium.

I Tabell 8 vises beregnede pasientdoser og dose til standardbryst ved nærmeste statuskontroll for de to mammografiapparatene som beskrives i denne rapporten. Ved eksponeringen av standardbrystet med digitalt utstyr ble anode-filterkombinasjonen W/Rh benyttet. Siden Wu et al. ikke har publisert overgangsfaktorer for W/Rh, ble overgangsfaktorer fra Dance et al. benyttet ved doseberegningen. Vi ser at ved det analoge laboratoriet er gjennomsnittlig dose til kvinnene ved frontprojeksjonen nettopp 18 % høyere enn den beregnede dosen til standardbrystet ved samme laboratorium. Dette stemmer godt overens med funnet fra StrålevernRapport 2005:12. For digitalt laboratorium finner vi derimot at dosen til standardbrystet er høyere enn gjennomsnittlig AGD, noe som ikke stemmer overens med funnet i den tidligere rapporten.

Tabell 8 Sammenheng mellom pasientdoser og dose til standardbryst beregnet ved statuskontroll

	Analog	Digital
Dose til standardbryst ved nærmeste statuskontroll (mGy)	1,09	0,81
Gjennomsnittlig AGD, frontprojeksjonen (mGy) (95 % konfidensintervall)	1,28 (1,25-1,31)	0,74 (0,73-0,75)
Forholdet (Gjennomsnittlig AGD)/(Dose til standardbryst), %	118	91

---

## 5 Diskusjon

### 5.1 Inkluderte data

Datasettet består av 236 undersøkelser foretatt med analogt mammografiutstyr og 260 undersøkelser foretatt med digitalt mammografiutstyr. Det er altså noe flere digitale enn analoge undersøkelser. Data fra begge laboratoriene er registrert i omtrent samme tidsperiode, dvs. høsten 2004.

### 5.2 Utstyr og screeningmetode

De to mammografiapparatene er fra samme produsent og har en rekke fellestrekk. Blant annet er valgmulighetene når det gjelder anode-filterkombinasjoner de samme, og valg av eksponeringsparametre skjer på samme måte. Innstillingene for de ulike programalternativene, vist i Tabell 2, viser at man har satsset på strålekvaliteter med høyere middelenergi for det digitale systemet enn for det analoge. Dette vil kunne gi et lavere dosenivå ved bruk av det digitale systemet. Det faktiske dosenivået til kvinnene bestemmes ikke bare av anvendt strålekvalitet, men også av hvilket dosenivå til detektor man har valgt å legge seg på. På grunn av detektorens lineære doserespons og vide dynamiske område, vil man i prinsippet kunne oppnå bilder som vil oppfattes som likeverdige i kvalitet over et vidt spekter av dosenivåer. Det faktiske dosenivået til kvinnene vil derfor være avhengig av hvordan man har valgt å optimalisere apparaturen.

### 5.3 Alder, kompresjonskraft og brysttykkelse

Gjennomsnittlig alder hos kvinnene undersøkt med digital teknikk er signifikant høyere (ett år) enn for kvinner undersøkt med analog teknikk. Aldersfordelingene har den samme formen.

Analysene av data for anvendt kompresjon viser to ting: det ble benyttet mindre kompresjon ved front- enn skråprojeksjonen på begge laboratoriene. Det ble også benyttet mindre kompresjon med digitalt utstyr enn med analogt. Ulikhetene i anvendt kompresjon mellom de to projeksjonene har også blitt observert tidligere, og er sannsynligvis et utslag av forskjellene i vevssammensetning (innslag av brystmuskel), størrelse på overflateareal og posisjon/plassering av brystet på objektbordet. Når det gjelder forskjellen i anvendt kompresjon ved bruk av analogt og digitalt utstyr, er det vanskeligere å se noen helt åpenbar grunn til dette. Siden de to mammografiapparatene i dette tilfellet er svært like hverandre også når det gjelder kompresjonsenheten, kan det tenkes at det er forskjeller i radiografenes arbeidsteknikk heller enn forskjeller mellom det analoge og det digitale apparatet som gir utslag. På grunn av forhold knyttet til klargjøring av detektor før en eksponering, ble kvinnene stående lenger med brystet komprimert med det digitale utstyret sammenlignet med det analoge. Det kan tenkes at radiografene av den grunn prøvde å komprimere så lite som mulig ut over det som var absolutt nødvendig av hensyn til bildekvaliteten, for at undersøkelsen skulle bli så lite ubehagelig som mulig.

Beregnete gjennomsnittstykkelser for skråbildene er større enn gjennomsnittstykkelsene for frontbildene. Dette er også observert tidligere og er igjen trolig et utslag bl.a. av at deler av brystmuskelen gjerne er med i bildetfeltet. Komprimert brysttykkelse for kvinner undersøkt med digital teknikk er signifikant større enn for kvinner undersøkt med analog teknikk. Man kunne kanskje tenke at mindre anvendt kompresjon med digitalt utstyr sammenlignet med analogt kunne

---

være noe av forklaringen på denne observasjonen. Imidlertid vil endringen i komprimert brysttykkelse være minimal uansett hvor mye man presser på ut over kraften som skal til for å oppnå fast kompresjon. Det er derfor vel så sannsynlig at det er en reell forskjell i komprimert brysttykkelse mellom de to undersøkte gruppene.

## 5.4 Gjennomsnittlig brystkjerteldose og dosefordeling

I dette datamaterialet er gjennomsnittlig dose per eksponering i praksis lik for front- og skråprojeksjonen for kvinner undersøkt med analog teknikk. For kvinner undersøkt med digital teknikk, er gjennomsnittlig dose per eksponering høyere for skråprojeksjonen enn for fronprojeksjonen. Kvinner undersøkt med digitalt utstyr fikk signifikant lavere dose per eksponering enn kvinner undersøkt med analogt utstyr. Som nevnt i avsnitt 5.2, bidrar bruken av andre strålekvaliteter med det digitale utstyret til denne reduksjonen i dose. Samtidig tyder funnet på at en reduksjon i stråledosen har vært en viktig faktor i forbindelse med valg av strategi for optimalisering av apparaturen.

Dosenivå og bildekvalitet henger nøye sammen, ikke minst i digital teknikk. I denne rapporten gjøres kun en dokumentasjon av dosenivåer. Om disse er optimale eller ikke i forhold til oppnådd bildekvalitet, vurderes ikke her. Det er imidlertid utført en sammenlikning av flere relevante parametre fra den kliniske virksomheten fra samme periode (12). For 4205 kvinner avbildet med digital mammografi og 10607 kvinner avbildet med analog mammografi, fant man en noe høyere etterinnkallingsrate grunnet positivt mammogram i den digitale gruppen sammenliknet med den analoge (2,7 % mot 2,0 %,  $p=0,004$ ). Kreftdeteksjonsraten var henholdsvis 6,2 og 4,0 per 1000 digitalt og analogt undersøkte ( $p=0,095$ ) og positiv prediktiv verdi henholdsvis 22,6 % og 20,3 % ( $p=0,729$ ). Selv om disse tallene er basert på et begrenset materiale, gir de i hvert fall en indikasjon på at man finner minst like mye brystkreft ved å benytte det digitale systemet som ved å bruke det analoge systemet.

## 5.5 Dose og eksponeringer per undersøkelse

I vårt materiale finner vi at det i gjennomsnitt er gjort flere eksponeringer per kvinne med digital enn med analog teknikk. Blant kvinnene undersøkt på analog lab, ble det tatt ett ekstrabilde av to kvinner og to ekstrabilder av en kvinne. Blant kvinnene undersøkt på digital lab, ble det tatt ett ekstrabilde av 25 kvinner og to ekstrabilder av 17 kvinner. I tre av disse tilfellene er det anført at omtak er gjort på grunn av uakseptabel bildekvalitet. Noe av forklaringen på de øvrige ligger trolig i det faktum at utstyret var nytt for radiografene, som i større grad enn vanlig ble usikre på om de hadde fått med alt på bildene, og dermed tok ett eller to ekstra "for sikkerhets skyld".

Flere bilder per undersøkelse bidrar selvsagt til å øke dosen per undersøkelse. Til tross for flere bilder per undersøkelse ved bruk av digitalt utstyr sammenliknet med analogt, var dosen per undersøkelse likevel signifikant lavere ved bruk av digitalt utstyr. En reduksjon i antallet ekstrabilder ned til nivået funnet på analog lab, ville bidra til å øke forskjellen i doser mellom de to apparatene ytterligere.

## 5.6 Sammenheng mellom brysttykkelse og dose

I begge de undersøkte gruppene ser vi en tendens til at dosen stiger med økende brysttykkelse. Dette antyder en strategi for optimalisering av utstyret som både fokuserer på dosenivå og bildekvalitet.

---

## 5.7 Dose til standardbrystet

AGD-verdier for standardbrystet beregnes ved den årlige statuskontrollen foretatt av Strålevernet. Et vevslignende fantom med tykkelse 45 mm og en tetthet tilsvarende 45 % kjertelvev blir da eksponert med samme eksponeringsfaktorer som en ville brukt for et bryst av samme tykkelse. AGD til standardbrystet muliggjør en vurdering av effekten av endringer i ulike apparatfaktorer uten innvirkning av faktorer knyttet til den enkelte undersøkelsen. Ved en undersøkelse i 2005 (3) fant vi best korrelasjon mellom dosene til standardbrystet og de gjennomsnittlige dosene for frontprojeksjonen, med omkring 18 % høyere doser for kvinnene sammenlignet med for standardbrystet. Vi ser at tallene for det analoge mammografiapparatet i denne undersøkelsen stemmer godt overens med de tidligere funnene, mens det samme ikke kan sies om tallene fra det digitale apparatet. Rapporten fra 2005 inneholdt kun data fra analoge mammografilaboratorier. Etter hvert som flere benytter digitalt utstyr i screening, vil vi kunne se på data fra analoge og digitale laboratorier hver for seg og se om det er mulig å finne en tilsvarende sammenheng for digitalt utstyr, eller om det er for store forskjeller mellom de ulike digitale systemene til at dette i praksis vil la seg gjøre.

---

## 6 Konklusjon

I denne undersøkelsen ønsket vi å sammenligne dosene til screeningkvinner undersøkt med henholdsvis analog og digital avbildningsteknikk i Mammografiprogrammet i Troms og Finnmark høsten 2004.

Vi fant at dosen per eksponering og dosen per undersøkelse var signifikant lavere for kvinner undersøkt med det digitale utstyret sammenlignet med det analoge. Dette til tross for at det i undersøkelsesperioden ble tatt flere ekstrabilder i digital gruppe sammenlignet med i analog gruppe. En reduksjon i antallet ekstrabilder ned mot nivået vi fant for analog lab vil sannsynligvis bidra til å øke forskjellen i dose per undersøkelse mellom de to mammografisystemene ytterligere.

Vi presiserer at det her ikke er gjort en systematisk vurdering av bildekvaliteten, kun en dokumentasjon av dosene. Om det anvendte dosenivået også er optimalt med hensyn til bildekvaliteten, vurderes ikke i denne rapporten. Det er imidlertid utført en sammenlikning av flere relevante parametre fra den kliniske virksomheten fra samme periode (12). Selv om analysene bygger på et, i denne sammenheng, lite tallmateriale, gir de i hvert fall en indikasjon på at man finner minst like mye brystkreft ved å benytte det digitale systemet som ved å benytte det analoge systemet.

Vi vil understreke disse resultatene ikke må benyttes til å dra generelle konklusjoner om doseforholdet mellom digitalt og analogt mammografiutstyr. Resultatene gjelder kun utstyret som var med i undersøkelsen, og da med de innstillinger av programautomatikk og eksponeringskontroll som ble benyttet.

For det analoge utstyret viste forholdstallet mellom dosen til standardbryst (fantom) og dosen til undersøkte kvinner godt samsvar med det en skulle forvente ut ifra tidligere funn. For det digitale utstyret var samsvaret ikke tilsvarende godt. Vi vil etter hvert få tilgang på doseberegninger fra flere digitale screeninglaboratorier. Dette vil gi oss muligheten til å analysere dataene fra digitale undersøkelser separat og se om det er mulig å finne en god sammenheng mellom dosen til standardbrystet og til undersøkte kvinner spesielt for slike systemer. Forskjellene i detektorteknologier og optimaliseringsstrategier betyr imidlertid at det kan vise seg å bli vanskelig.

---

## 7 Referanseliste

1. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 60. Annals of the ICRP 1990; 21 (1-3). Oxford: Pergamon Press, 1991.
2. Kvalitetsmanual for Mammografiprogrammet. Oslo: Kreftregisteret, 2003.  
[http://www.kreftregisteret.no/om\\_kreftregisteret/registrering/masseundersokelser\\_etc/manual.pdf](http://www.kreftregisteret.no/om_kreftregisteret/registrering/masseundersokelser_etc/manual.pdf) (06.09.05).
3. StrålevernRapport 2005:12. Hauge IHR, Pedersen K. Stråledose til screena kvinne i Mammografiprogrammet. Østerås: Statens strålevern, 2005.
4. Zoetelief J, Fitzgerald M, Leitz W, Säbel M. European protocol on dosimetry in mammography. EUR 16263. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996.
5. Eklund S, Thilander A, Leitz W, Mattsson S. The impact of anatomic variations on absorbed radiation doses in mammography. Radiation Protection Dosimetry 1993; 49: 167-170.
6. Beckett JR, Kotre CJ. Dosimetric implications of age related glandular changes in screening mammography. Physics in Medicine and Biology 2000; 45: 801-813.
7. Bignell FM. Assessment of breast composition for a sample of women attending for mammography screening. MSc dissertation, University of Surrey. Guildford 1996.
8. Dance DR, Skinner CL, Young KC, Beckett JR og Kotre CJ. Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol. Physics in Medicine and Biology 2000; 45: 3225-3240.
9. Dance DR. Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. Physics in Medicine and Biology 1990; 29: 237-47.
10. Wu X, Barnes GT, Tucker DM. Spectral dependence of glandular tissue dose in screen-film mammography. Radiology 1991; 179: 143-148.
11. Wu X, Lingold EL, Barnes GT, Tucker DM. Normalized average glandular dose in molybdenum target-rhodium filter and rhodium target-rhodium filter mammography. Radiology 1994; 193: 83-89.
12. Bjurstram, N, Frantzen, JO, Pedersen K, Hofvind, S. Digital mammography in North-Norway, preliminary results. I: Nordic Mammography Screening Symposium VI, 18-20 May 2006, Copenhagen, Denmark. Final Programme and Abstract Book. København 2006: 47.  
[www.mammografi-symposium.dk](http://www.mammografi-symposium.dk) (20.09.2006)



**StrålevernRapport 2006:1**

Virksomhetsplan 2006

**StrålevernRapport 2006:2**

Statens strålevern i Mammografiprogrammet. Resultater fra teknisk kvalitetskontroll hentet fra databaseprogrammet TKK

**StrålevernRapport 2006:3**

Avvikshåndtering ved norske stråleterapisentre

**StrålevernRapport 2006:4**

The Norwegian UV Monitoring Network 1995/96 - 2004

**StrålevernRapport 2006:5**

Sikkerhet ved russiske RBMK-reaktorer  
En oppdatert gjennomgang av status

**StrålevernRapport 2006:6**

Radiologi i Noreg. Undersøkningsfrekvens per 2002, tidstrender, geografisk variasjon og befolkningsdose

**StrålevernRapport 2006:7**

Tiltak mot radon i privatboliger  
Oppsummering av tiltak under Nasjonal kreftplan 1999-2003

**StrålevernRapport 2006:8**

K-159. Havariet av den russiske atombåten K-159 og den norske atomberedskapsorganisasjonens håndtering av ulykken

**StrålevernRapport 2006:9**

Monte Carlo Simulations for Gamma Measurements in Monitoring and Emergency Situations

**StrålevernRapport 2006:10**

Terrestrial Monitoring in Øvre Dividalen

**StrålevernRapport 2006:11**

Virksomhetsrapport for norske stråleterapisentre 2003-2004

**StrålevernRapport 2006:12**

Gammasppektrometriske flymålinger og radon

**StrålevernRapport 2006:13**

Kvalitetskontroll av ikke-dosimetriske parametre ved CT-basert planlegging av stråleterapi

**StrålevernRapport 2006:14**

Radioactivity in the Marine Environment 2004  
Results from the Norwegian Marine Monitoring Programme (RAME)

**StrålevernRapport 2006:15**

Threat Assessment of Radioisotope Thermoelectric Generators (RTG) Management  
Radiation Protection and Safety Regulations

**StrålevernRapport 2006:16**

Avoiding a "deep" agreement? Why some countries remain reluctant to the Fissile Material Cut-Off Treaty: the cases of the United States and Pakistan