

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	FYS4760 Fysikk i medisinsk røntgendiagnostikk
Eksamensdag:	UKE 41 Onsdag 8.10 2008
Tid for eksamen:	15 – 18
Oppgavesettet er på:	4 sider
samt # vedlegg er:	4 vedlegg
Tillatte hjelpemidler:	Godkjent kalkulator

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

Hver av de fire oppgavene teller like mye (10 poeng). Antall poeng på hver del spørsmål er angitt i parentes. Du har bare tre timer, svart kort og konsist!

Oppgave 1: Vekselvirkning, Monte Carlo og anvendt dosimetri

- Beskriv hvilke vekselvirkningsprosesser vi har mellom fotoner og vev generelt, og hvilke som er rådene for energier relevant for diagnostisk radiologi (3 p)
- Hvilken vekselvirkningsprosess forklarer spredt stråling til personalet som arbeider rundt et røntgenstativ? Illustrer med tegning hvilken rør geometri som gir mest stråling til personalet.

Hvilket materiale ville du brukt i personalets beskyttelsesutstyr for å beskytte mot spredt stråling? Hvilke vekselvirkningsprosess er den dominerende for effektiviteten av beskyttelse? (2 p)

- Beskriv med tekst og flyteskjema hovedelementene i et program for Monte Carlo simulering av fotontransport i vann (< 300 keV) (3 p). Hva er den viktigste anvendelsen av Monte Carlo simulering i røntgendiagnostikk?
- Forklar hvordan størrelsen dose-areal produkt (DAP) måles og er definert. Undersøkelse av tykktarm med fotografering og gjennomlysning (Colon, barium enema) gir totalt avlest $DAP = 35 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$. Bruk opplysninger i vedlegg 1 til å beregne effektiv dose (2 p)

Vedlegg 1 Typiske data fra røntgenstrålefelt samt utvalgte overgangsfaktorer (mSv/Gycm^2)

Oppgave 2: Dosimetri teori og anvendt i diagnostikk

En ung jente med vekt 50kg er til utredning for scoliose (skjev ryggstøyle) og får røntgenfotografert ryggstøylen ved 80kV og 10mAs. Regn 1m avstand fra røntgenfokus til inngang pasient. Røntgenapparatet angir stråledosen fra undersøkelsen til $0,87 \text{ Gy cm}^2$.

a) Bruk opplysninger i Vedlegg 1 til å estimere dose på inngang hud (ESD) og dose til brystkjertelvev i de to tilfellene av at jenta fotografes med front vendt mot røntgenrøret (AP projeksjon) versus front vent mot bildeplata (PA projeksjon) (2 p)

b) Utled og forklar ligningen under ved å betrakte fraksjon av innkommende strålingsenergi avsatt i pasient, såkalt "imparted fraction" (IF). Tegn en figur for illustrasjon. (3 p).

$$\frac{\varepsilon}{\int_A K_{c,air} \cdot dA} = \frac{IF \cdot \overline{\cos \theta}}{(\mu_{en} / \rho)_{air}}$$

c) Bruk opplysninger i Vedlegg 1 til å estimere avsatt energi ("energy imparted") i pasienten. Hva blir gjennomsnittelig absorbert dose til jenta? (2 p)

d) Hvordan er effektiv dose definert av den internasjonale strålevernkommissjonen, ICRP? Bruk opplysninger i Vedlegg 1 til å estimere effektiv dose til jenta. Kommenter forskjellen mellom resultatene i "gjennomsnittelig absorbert dose"(c) og "effektiv dose" (d). (3 p)

Vedlegg 1 Typiske data fra røntgenstrålefelt samt utvalgte overgangsfaktorer (mSv/Gy cm^2)

Oppgave 3: Evaluering av bildekvalitet – digitale detektorsystemer

Du skal vurdere kvalitet og ytelse på to digitale intervensjonslaboratorier med apparatur fra to ulike leverandører. Teknisk datablad for de to apparaturene er gitt i Vedlegg 2.

- a) Forklar begrepene SNR, DQE, MTF samt lp/mm, og hvordan disse begrepene henger sammen (2p)
- b) Ut fra all informasjon i vedlagt datablad, sett opp en skjematisk sammenlign av alle parametere som vil påvirke bildekvalitet for de to apparatene.

Begrunn hvilket apparat du mener vil ha den beste detaljoppløsningen til f.eks. deteksjon av kontrast fylte blodårer (3p)

- c) Gitt en koronar angiografi undersøkelse utført i de laboratoriene. Med leverandør 1's utstyr gjøres undersøkelsen ved 90 kV og 5 mA, med Leverandør 2's utstyr gjøres undersøkelsen ved 60 kV og 120 mA. Det brukes samme gjennomlysningstid på de to laboratoriene. Hvilken av de to undersøkelsene tror du gir høyest hud dose til pasient? Begrunn svaret.

Hva kan leverandør 2 gjøre for å få samme dose til hud som leverandør 1? (2p)

- d) Forklar og skisser prinsippene for DSA, "roadmapping" og "frame averaging", med kliniske eksempler (3p)

Vedlegg 2 Teknisk datablad for to digitale systemer

Oppgave 4: Digital mammografi

- a) Lag en skisse som viser de ulike hovedelementene som en indirekte digital detektor og en direkte digital detektor består av, og forklar funksjonen/hva som skjer i de ulike elementene (2 poeng).
- b) I Vedlegg 3 finner du en liste over vanlige anode og filtermaterialer som kan anvendes i røntgenrør. Du finner også en figur med tre ulike røntgenspektra, sammen med opplysninger over lineær attenuasjonskoeffisient, μ (cm^{-1}), for ulike typer av brystvev. Forklar spektraenes utseende mht røntgenrørets funksjon og filtrering, og begrunn hvorfor disse anvendes til avbildning av bryst (mammografi). Diskuter også hvilke spekter du ville finne mest egnet til analog versus digital teknologi, samt for avbildning av ulike brysttykkelser (3 poeng)
- c) Som daglig konstanskontroll eksponeres et 4.5 cm plexiglass fantom ilagt et testobjekt av Aluminium ved samme eksponeringsparametere som en benytter for tilsvarende tykt bryst. Fantomets utseende og plassering er vist i Vedlegge 4. To "region of interest" (ROI) er også vist på figuren. En har gjort måling av gjennomsnitt og standard avvik av pixelverdiene i ROI 1 og 2 med følgende testresultat:

Pixelverdier i ROI	mean	sd
1	359,6	8,0
2	307,2	7,3

Beregn "signal to noise ratio" (SNR) og "contrast to noise ratio" (CNR). Hva forteller disse to størrelsene om systemets ytelse? (2 poeng)

- d) Skisser kort metoden for å bestemme dosen til brystkjertelvev i mammografi. Et 5,3cm komprimert bryst eksponeres ved strålekvaliteten 29 kV Rh/Rh (HVL=0,43mm Al) og 45,7mAs. Doseutbyttet 4,5cm over bordet er målt til 0,10 mGy/mAs. Bruk opplysningene i Vedlegg 4 til å estimere dosen til brystkjertelvev (3 poeng)

Vedlegg 3: Røntgenspekter og brystvevs karakteristikk

Vedlegg 4: Mammografifantom og MC baserte overgangsfaktorer (mGy/mGy)

Typiske data for røntgenstrålefelt (fra Martin&Sutton, 2002)

	Typical values for 3 mm total filtration at the following tube potentials					
	60 kVp	70 kVp	80 kVp	90 kVp	100 kVp	120 kVp
Output ($\mu\text{Gy/mAs}$ at 1m)	46	61	78	96	115	155
Half-value layer (mm Al)	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	5.0
Backscatter factor						
Field sizes:						
10 cm x 10 cm	1.27	1.29	1.30	1.33	1.37	1.42
15 cm x 15 cm	1.30	1.32	1.34	1.37	1.40	1.45
20 cm x 20 cm	1.31	1.33	1.35	1.38	1.41	1.46
30 cm x 30 cm	1.33	1.35	1.37	1.40	1.43	1.48
Imparted fraction	0.77	0.74	0.70	0.67	0.65	0.61
Energy imparted to adult trunk per dose- area product (mJ/Gy cm^2)	7.30	8.56	9.59	10.6	11.4	12.8
Percentage depth dose						
Depth (mm)						
0	100	100	100	100	100	100
20	76	77	78	79	81	83
50	37	40	42	43	45	49
100	11	13	14	15	17	20
150	3.2	4	4.5	5.1	5.7	7.5
200	0.96	1.2	1.4	1.8	2.3	3.3

Utvalgte overgangsfaktorer (mSv/Gy cm^2) (fra NRPB-R262)

TABLE 18 Selected conversion coefficients to give effective dose from dose-area product for examinations ($\text{mSv Gy}^{-1} \text{cm}^2$)

Examination	Range in conversion coefficient between 10th and 90th percentiles	Selected conversion coefficient	Potential error (%)	Approximate mean conversion coefficient
Skull	0.015–0.040	0.028	46	0.02
Chest	0.05–0.14	0.1	50	0.09
Thoracic spine	0.09–0.29	0.19	53	0.16
Lumbar spine	0.14–0.28	0.21	33	0.17
Abdomen	0.15–0.36	0.26	42	0.24
Pelvis	0.19–0.38	0.29	34	0.27
Barium meal	0.16–0.25	0.2	25	0.2
Barium enema	0.24–0.31	0.28	14	0.18
IVU	0.15–0.21	0.18	17	0.14

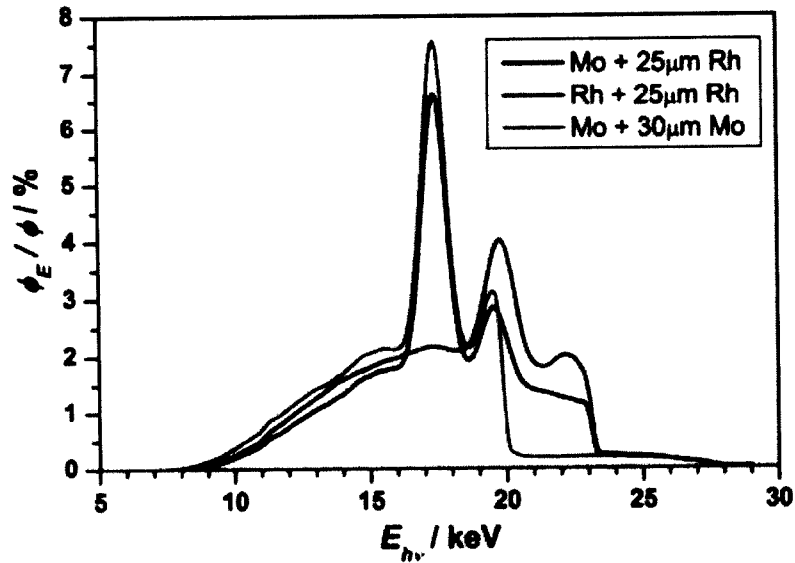
Teknisk datablad for to angio/intervensjonslaboratorier

	Leverandør 1	Leverandør 2
Generator		
-effekt (kW)	100	100
belastningsdata gj.lys:		
- min kV/mA	40 / 1	
- maks kV/mA	125 / 104	125/?
Røntgenrør og kappe		
-fokusstørrelse (mm)	0.3 / 0.6 / 1.0	0.4 / 0.8
-totalfiltrering (mm Al)	2.5	2.5
-tilleggsfilter	0.1, 0.2 og 0.3 mm Cu	0.1, 0.2, 0.3, 0.6, 0.9 mm Cu
Detektor		
- størrelse (cm x cm)	31 x 31	18.5 x 18.5
- Bildematrise	1536 x 1536	1024 x 1024
- DQE	70 %	75 %
- oppløsning	200µm/pixel	184µm/pixel
- felt (cm diameter)	30 / 20 / 16 / 12	25 / 20 / 16

Noen anode og filtermaterialer anvendt i røntgenrør

Aluminium (Al) $Z=13$, Kobber(Cu) $Z=29$, Molybden(Mo) $Z=42$, Rhodium(Rh) $Z=45$,
 Wolfram (W) $Z=74$

Røntgenspektrum benyttet for mammografi



Lineær attenuasjonskoeffisient for ulike typer av brystvev

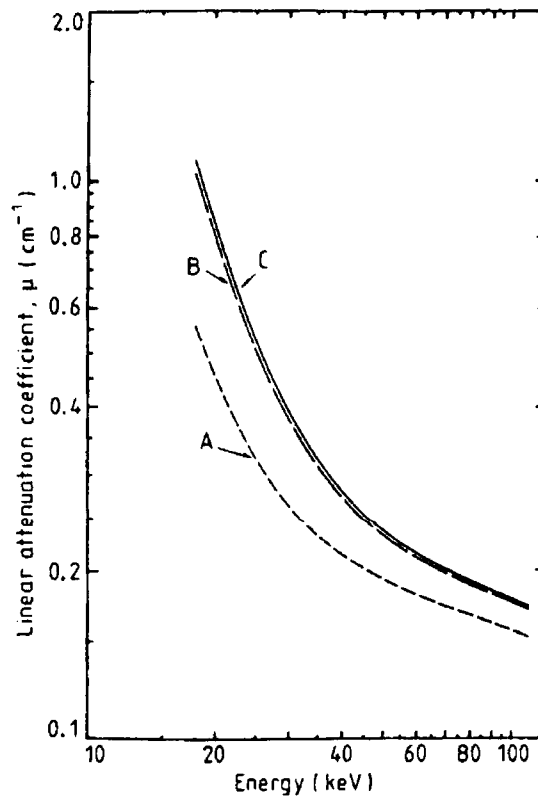
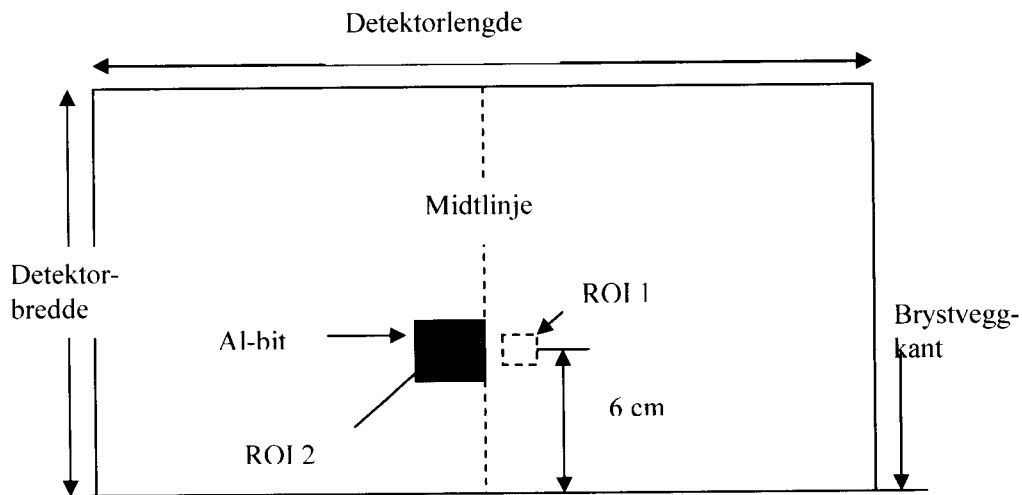


Figure 7. Mean values of the linear attenuation coefficients for the three major types of breast tissue studied (A, fat; B, fibrous; C, infiltrating duct carcinoma).

Eksponering av fantom for daglig konstanskontroll ved digital mammografi



Monte Carlo baserte overgangsfaktorer mellom ESD og MGD (mGy/mGy) for ulike strålekvaliteter og brysttykkelser i mammografi (g-faktorer)

PMMA-tykkelse	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm	4.5 cm	5.0 cm	6.0 cm	7.0 cm	8.0 cm
HVL/Brysttykkelse:	2.1 cm	3.2 cm	4.5 cm	5.3 cm	6.0 cm	7.5 cm	9.0 cm	10.3 cm
0.25	0.329	0.222	0.155	0.130	0.112	0.088		
0.30	0.378	0.261	0.183	0.155	0.135	0.106	0.086	0.074
0.35	0.421	0.294	0.208	0.177	0.154	0.121	0.098	0.085
0.40	0.460	0.326	0.232	0.198	0.172	0.136	0.111	0.096
0.45	0.496	0.357	0.258	0.220	0.192	0.152	0.123	0.106
0.50	0.529	0.388	0.285	0.245	0.214	0.166	0.136	0.117
0.55	0.559	0.419	0.311	0.272	0.236	0.189	0.154	0.133
0.60	0.585	0.448	0.339	0.295	0.261	0.210	0.172	0.149