



LCD 4 Fantomu Üzerinde Sayım ve Görüntüleme Dedektörleri Kullanılarak Yapılan Kontrast Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Emre GÜLLÜOĞLU, Alptuğ Özer YÜKSEL, Haluk YÜCEL, Doğan BOR

Medikal Fizik Anabilim Dalı

14. Medikal Fizik Kongresi, 21-24 Kasım 2013, Antalya

Medikal görüntüleme elde edilen spektrum ölçümlerine saçılan X-ışınlarının etkisinin incelenmesi

- a) PMMA fantomundaki saçılan X-ışın etkisinin sayım dedektörleri kullanılarak elde edilen spektrumlardan belirlenen kontrast ölçümleri ile incelenmesi,
- b) PMMA fantomundaki saçılan X-ışın etkisinin görüntüleme dedektörü kullanılarak yapılan kontrast ölçümleri ile incelenmesi.

Saçılan X-ışınlarının, primer demet spektrumuna ve dolayısıyla obje ve görüntü kontrastına etkilerinin araştırılması.

DENEYSEL KURULUM (Radyometrik Ben)

Spektrum ölçümlerine saçılan X-ışınlarının etkisinin incelenmesi için Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü bünyesinde bulunan X-ışın kalibrasyon sistemi kullanılmıştır.



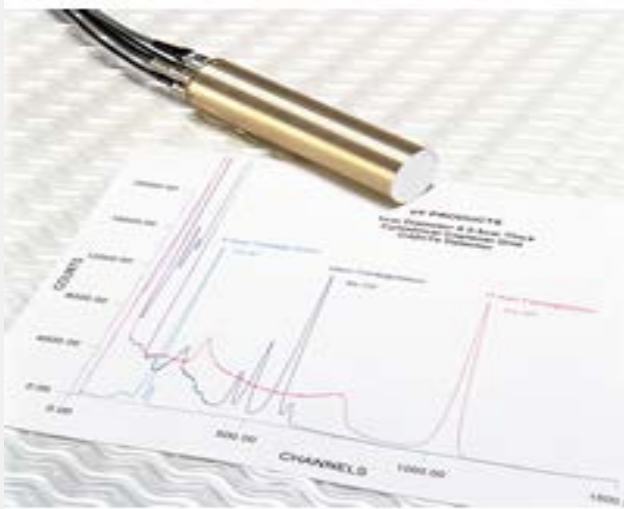
X-ışın kalibrasyon sisteminin teknik özellikleri

Kurulum Tarihi:	2008
X-ışın Jeneratörü:	<u>İtalray</u> , <u>Pixel HF</u> (üreticisi)
Frekansı	50/60 <u>kHz</u>
Maksimum Gücü	50 <u>kW</u>
<u>kV</u> Aralığı	Radyografi: 40-150 <u>kV</u> <u>Floroskopi</u> : 40-125 <u>kV</u>
<u>mA</u> Aralığı	Radyografi: 25-600 <u>mA</u> Floroskopi: 0,5-6 <u>mA</u>
X-ışın Tüpü:	<u>Varian</u> , RAD-21
Odak Nokta Boyutu	0,6 mm – 1,2 mm
Anot Materyali	Tungsten
Anot Açısı	12 ⁰
Voltaj Bölücüsü:	<u>GiCi-PM</u> , Model 2000 <u>High Voltage Divider</u>
Gerilim Aralığı	0–150 <u>kV</u>
Bölme Oranı	10000:1 ya da 1000:1
Empedans	1 M Ω ya da 10 M Ω

SPEKTRUM ÖLÇÜMLERİNDE KULLANILAN DEDEKTÖRLER

a) PMMA fantomundaki saçılan X-ışını etkisinin sayım dedektörleri (CdZnTe, NaI (Tl)) kullanılarak kontrast ölçümleri ile incelenmesi

CdZnTe



eV Products LAB-CPG model
CdZnTe yarıiletken dedektörü
Kristalin hacmi 1000 mm³
Çalışma gerilimi (-) 1200 V

NaI(Tl)



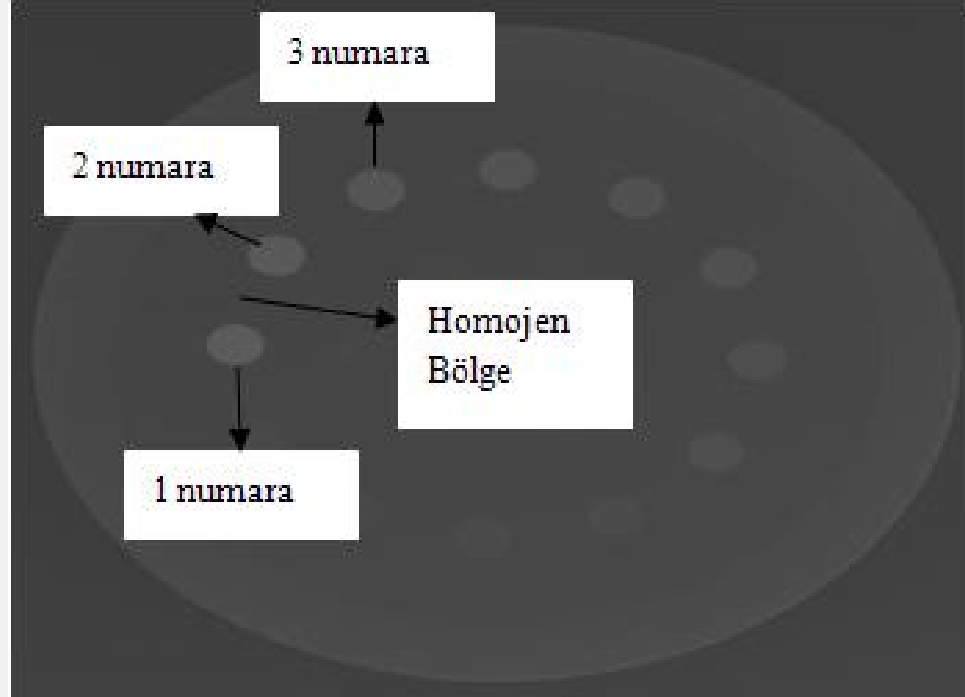
6S6P1.5VDC2 model
NaI (Tl) sintilasyon dedektörü
Kristalin çapı ve kalınlığı 38,1 mm
Çalışma gerilimi (+) 700 V

LCD 4 (Low Contrast Detail, Düşük Kontrast Ayrıntı) Fantomu



- Sistemin alçak kontrast hassasiyetini ölçmek için kullanılır.
- Fantom, 11,1 mm çapındaki disklerden oluşur.
- Disklerin kontrastları 0,123 ve 0,022 arasında değişir.

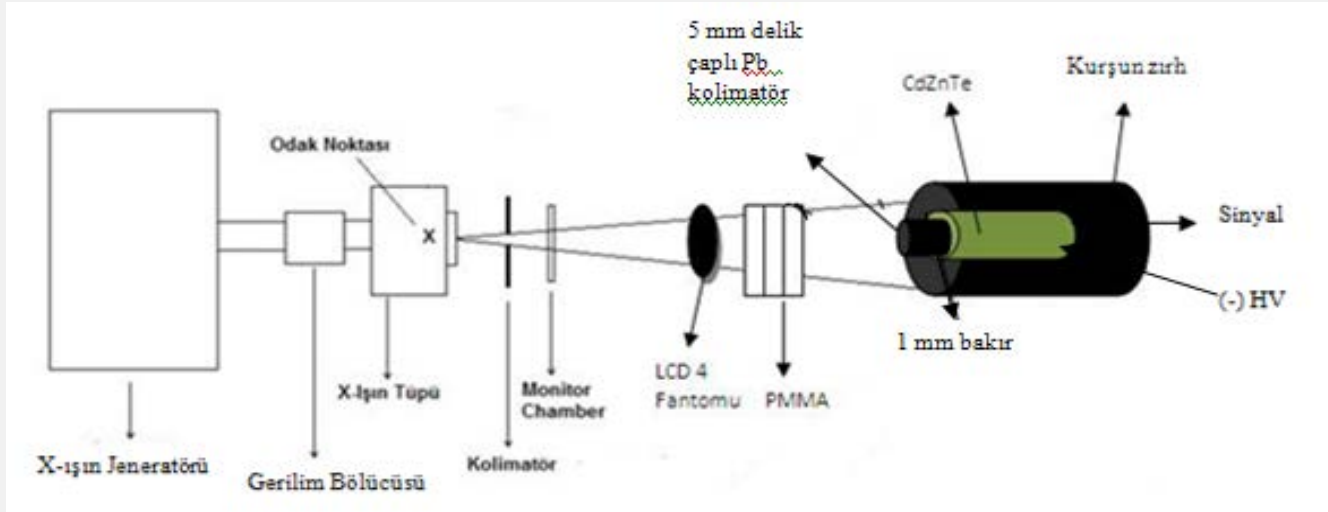
LCD 4 fantomundan spektrum toplanan bölgelerin görüntüsü



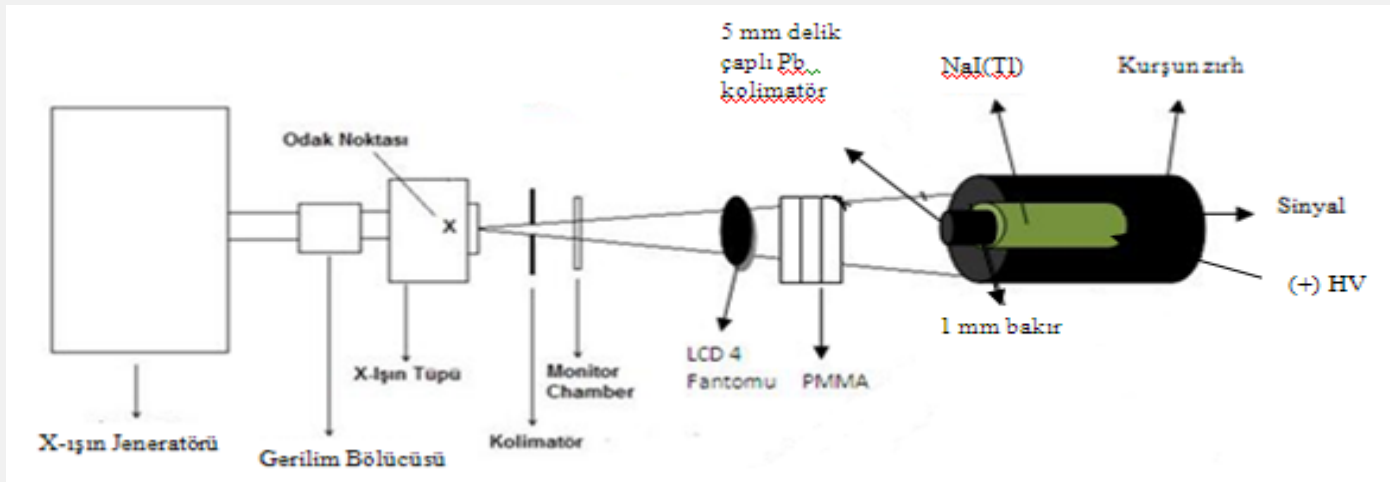
$$\%Kontrast = \frac{\text{Homojen Bölgedeki Sayım} - \text{Lezyon Bölgesindeki Sayım}}{\text{Homojen Bölgedeki Sayım}} * 100$$

LCD 4 fantomundan obje kontrastlarının hesaplanması için kurulan geometriler

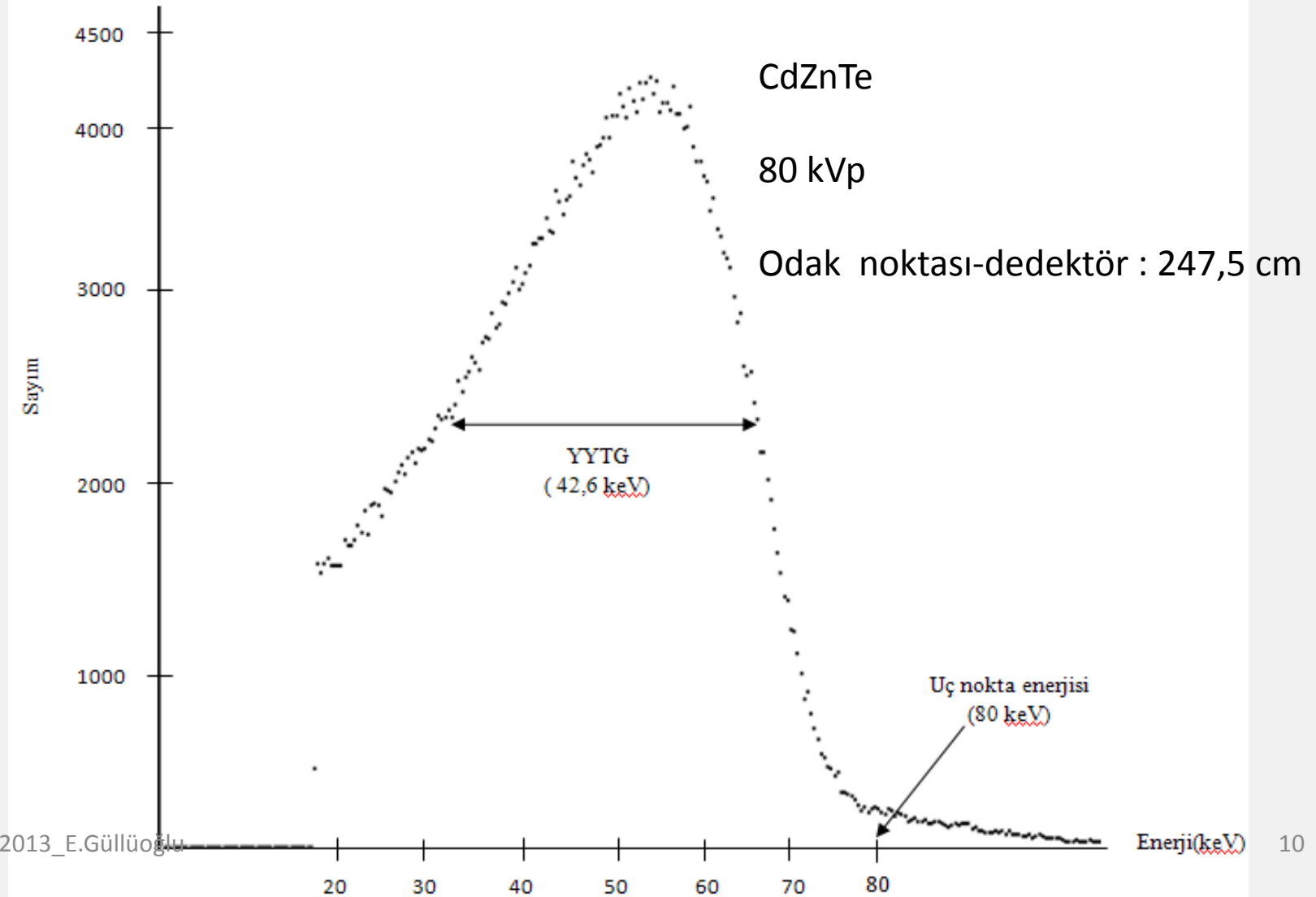
CdZnTe



NaI (Tl)



80 kVp tüp geriliminde CdZnTe yarıiletken dedektörüyle X-ışın tüpü arasına LCD 4 fantomunun homojen bölgesi yerleştirilerek toplanan spektrum



CdZnTe yarıiletken dedektörü ve farklı kalınlıklarda saçıcı (PMMA) kullanılarak fantomun 1 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-Işını Tüp Gerilimi (kVp)	PMMA Kalınlığı (cm)	X-Işını Tüp Akımı (mA)	Işınlama Süresi (s)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,6	90	45508±213	42242±206	7,18±0,06
55	5	2,6	90	17376±132	16160±127	7,00±0,07
60	0	2,9	90	82790±288	77135±278	6,80±0,05
60	5	2,9	90	33089±182	30939±176	6,50±0,06
65	0	2,9	90	126513±356	117745±343	6,90±0,05
65	10	2,9	90	21359±146	20142±142	5,70±0,07
70	0	3,2	90	207697±456	193680±440	6,75±0,04
70	10	3,2	90	37649±194	35805±190	4,89±0,06
75	0	3,3	90	295930±544	277803±527	6,10±0,04
75	15	3,3	90	26218±162	25275±159	3,59±0,07
80	0	3,5	90	450866±672	429004±655	4,85±0,03
80	15	3,5	90	44612±211	43386±208	2,75±0,06
85	0	3,6	90	602588±776	578195±760	4,05±0,03
85	20	3,6	90	30684±175	30101±174	1,90±0,06
90	0	3,9	90	855772±925	824869±908	3,60±0,03

CdZnTe yarıiletken dedektörü ve farklı kalınlıklarda saçıcı (PMMA) kullanılarak fantomun 2 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-Işım Tüp Gerilimi (kVp)	PMMA Kalınlığı (cm)	X-Işım Tüp Akımı (mA)	Işınlama Süresi (s)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,6	90	45508±213	42732±207	6,10±0,06
55	5	2,6	90	17376±132	16369±128	5,79±0,07
60	0	2,9	90	82790±288	78154±280	5,59±0,05
60	5	2,9	90	33089±182	31336±177	5,30±0,06
65	0	2,9	90	126513±356	119555±346	5,49±0,04
65	10	2,9	90	21359±146	20409±143	4,45±0,07
70	0	3,2	90	207697±456	196586±443	5,35±0,04
70	10	3,2	90	37649±194	36238±190	3,75±0,06
75	0	3,3	90	295930±544	281134±530	4,99±0,04
75	15	3,3	90	26218±162	25497±160	2,75±0,07
80	0	3,5	90	450866±672	432851±658	4,00±0,03
80	15	3,5	90	44612±211	43711±209	2,02±0,06
85	0	3,6	90	602588±776	583004±764	3,25±0,03
85	20	3,6	90	30684±175	30433±175	0,82±0,06
90	0	3,9	90	855772±925	831811±912	2,80±0,03
90	20	3,9	90	48768±221	48407±220	0,74±0,06

CdZnTe yarıiletken dedektörü ve farklı kalınlıklarda saçıcı (PMMA) kullanılarak fantomun 3 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

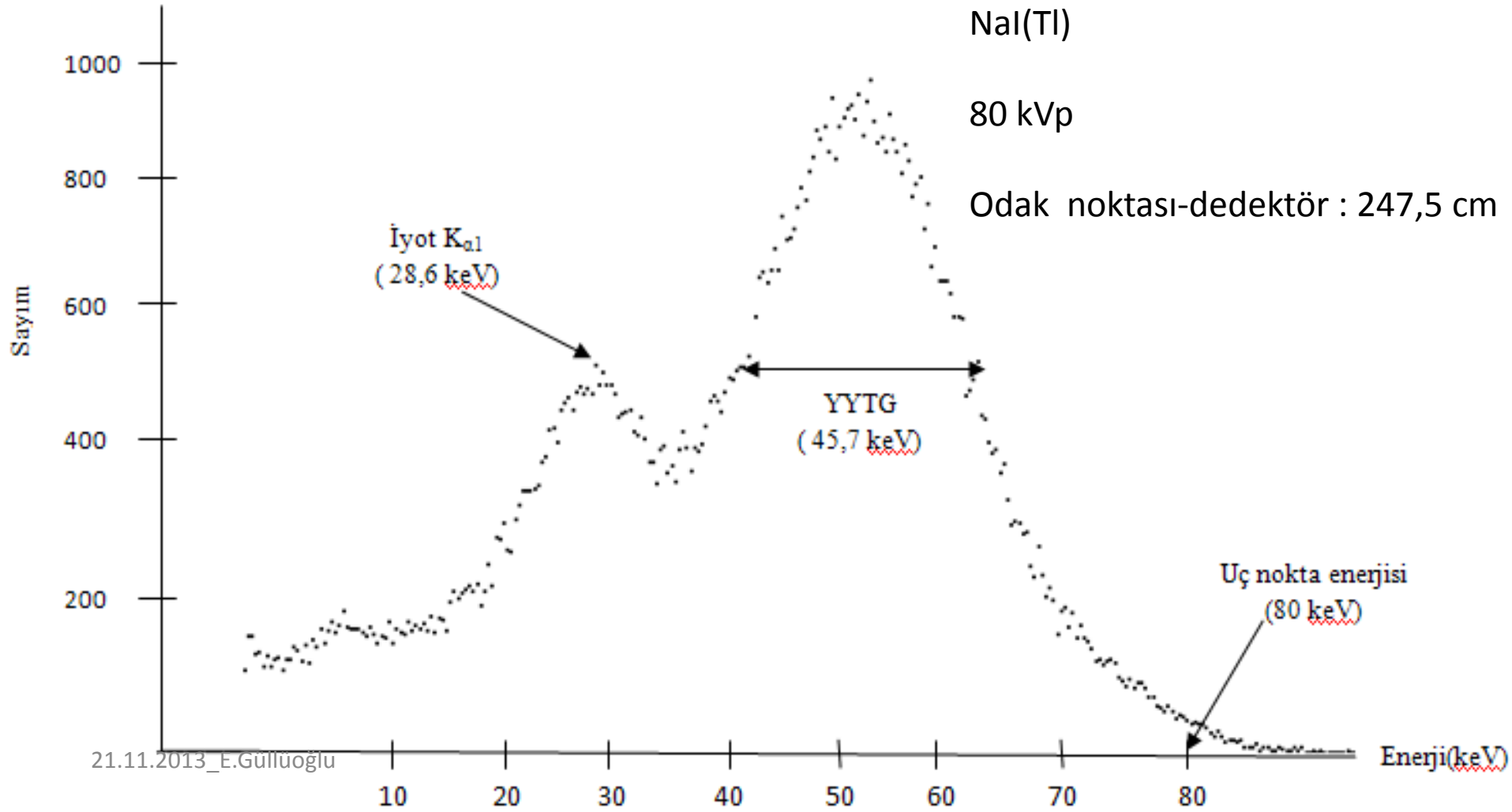
X-Işını Tüp Gerilimi (kVp)	PMMA Kalınlığı (cm)	X-Işını Tüp Akımı (mA)	Işınlama Süresi (s)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,6	90	45508±213	43551±209	4,30±0,06
55	5	2,6	90	17376±132	16672±129	4,05±0,07
60	0	2,9	90	82790±288	79586±282	3,87±0,05
60	5	2,9	90	33089±182	31868±179	3,69±0,06
65	0	2,9	90	126513±356	121680±349	3,82±0,05
65	10	2,9	90	21359±146	20755±144	2,83±0,07
70	0	3,2	90	207697±456	199950±447	3,73±0,04
70	10	3,2	90	37649±194	36828±192	2,18±0,06
75	0	3,3	90	295930±544	286253±535	3,27±0,04
75	15	3,3	90	26218±162	25801±161	1,59±0,07
80	0	3,5	90	450866±672	439640±663	2,49±0,03
80	15	3,5	90	44612±211	44144±210	1,05±0,06
85	0	3,6	90	602588±776	590597±769	1,99±0,03
85	20	3,6	90	30684±175	30564±175	0,39±0,06
90	0	3,9	90	855772±925	841053±917	1,72±0,03
90	20	3,9	90	48768±221	48632±221	0,28±0,06

CdZnTe yarıiletken dedektörü ve 1 mm bakır kullanılarak fantomun 3 farklı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-Işını Tüp Gerilimi (kVp)	Bakır Kalınlığı (mm)	X-Işını Tüp Akımı (mA)	Işınlama Süresi (s)	Homojen Bölge Sayım	Lezyon Bölgesi Sayım	Kontrast (%)	Fantomun El Kitabında Verilen Kontrast (%)	Fark (%)
70 (1 numara)*	1	3,2	90	30745±175	29457±172	4,19±0,05	14,8	71,7
70 (2 numara)*	1	3,2	90	30745±175	29601±172	3,72±0,05	12,8	70,9
70 (3 numara)*	1	3,2	90	30745±175	30139±174	1,97±0,05	10,9	81,9

*Fantomun ilgilenilen bölgesi

80 kVp'de NaI (Tl) sintilasyon dedektörüyle X-ışın tüpü arasına LCD 4 fantomunun homojen bölgesi yerleştirilerek toplanan spektrum



NaI (Tl) sintilasyon dedektörü ve farklı kalınlıklarda saçıcı (PMMA) kullanılarak fantomun 1 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-Işını Tüp Gerilimi (kVp)	PMMA Kalınlığı (cm)	X-Işını Tüp Akımı (mA)	Işınlama Süresi (s)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,6	150	10779±104	10123±101	6,08±0,08
55	5	2,6	150	7638±87	7186±85	5,92±0,09
60	0	2,9	150	18728±137	17646±133	5,78±0,07
60	5	2,9	150	12987±114	12273±111	5,50±0,08
65	0	2,9	150	28529±169	26860±164	5,85±0,07
65	10	2,9	150	9193±96	8749±94	4,83±0,09
70	0	3,2	150	47178±217	44475±211	5,73±0,06
70	10	3,2	150	15430±124	14793±122	4,13±0,08
75	0	3,3	150	67817±260	64311±254	5,17±0,05
75	15	3,3	150	22273±149	21596±147	3,04±0,07
80	0	3,5	150	104358±323	100079±316	4,10±0,05
80	15	3,5	150	34938±187	34124±185	2,33±0,06
85	0	3,6	150	150647±388	145495±381	3,42±0,04
85	20	3,6	150	27849±167	27401±166	1,61±0,07
90	0	3,9	150	236162±486	228959±479	3,05±0,04
90	20	3,9	150	46462±216	45816±214	1,39±0,06

NaI (Tl) sintilasyon dedektörü ve farklı kalınlıklarda saçıcı (PMMA) kullanılarak fantomun 2 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-Işını Tüp Gerilimi (kVp)	PMMA Kalınlığı (cm)	X-Işını Tüp Akımı (mA)	Işınlama Süresi (s)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,6	150	10779±104	10224±101	5,15±0,08
55	5	2,6	150	7638±87	7267±85	4,85±0,09
60	0	2,9	150	18728±137	17842±136	4,73±0,07
60	5	2,9	150	12987±114	12406±111	4,47±0,08
65	0	2,9	150	28529±169	27199±165	4,66±0,07
65	10	2,9	150	9193±96	8849±94	3,74±0,09
70	0	3,2	150	47178±217	45040±212	4,53±0,06
70	10	3,2	150	15430±124	14942±122	3,16±0,08
75	0	3,3	150	67817±260	64941±255	4,24±0,05
75	15	3,3	150	22273±149	21758±148	2,31±0,07
80	0	3,5	150	104358±323	100820±318	3,39±0,05
80	15	3,5	150	34938±187	34340±185	1,71±0,06
85	0	3,6	150	150647±388	146519±383	2,74±0,04
85	20	3,6	150	27849±167	27651±166	0,71±0,07
90	0	3,9	150	236162±486	230588±480	2,36±0,04
90	20	3,9	150	46462±216	46169±215	0,63±0,06

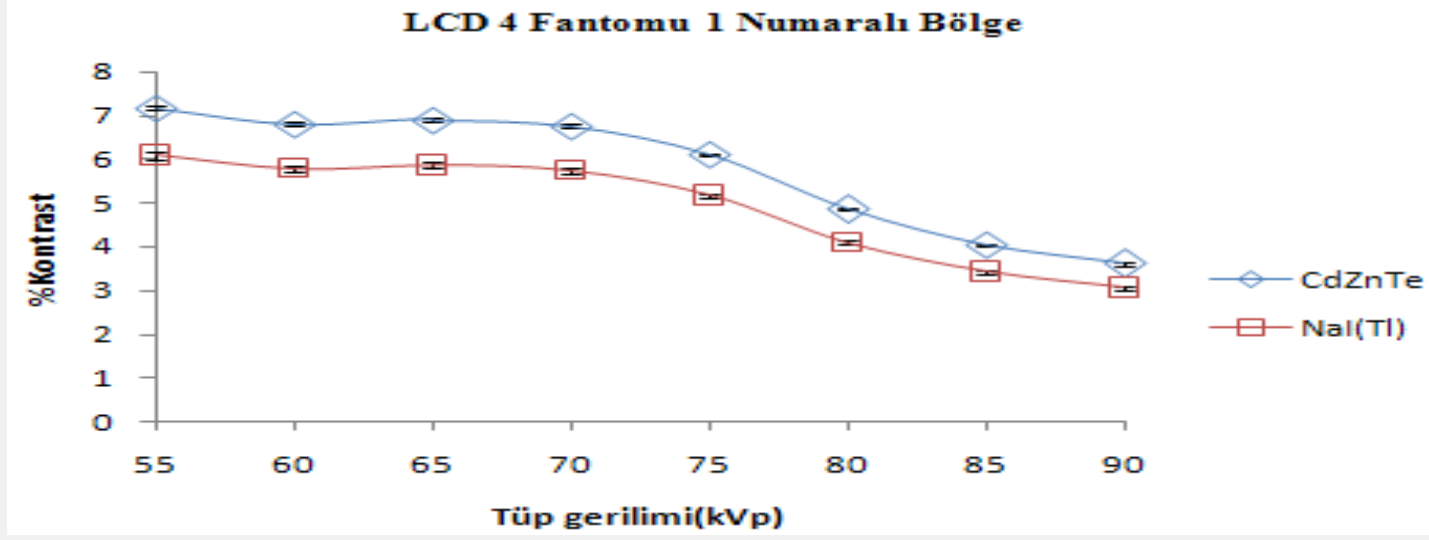
NaI (Tl) sintilasyon dedektörü ve farklı kalınlıklarda saçıcı (PMMA) kullanılarak fantomun 3 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-Işını Tüp Gerilimi (kVp)	PMMA Kalınlığı (cm)	X-Işını Tüp Akımı (mA)	Işınlama Süresi (s)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,6	150	10779±104	10386±102	3,64±0,08
55	5	2,6	150	7638±87	7377±86	3,41±0,09
60	0	2,9	150	18728±137	18117±135	3,26±0,07
60	5	2,9	150	12987±114	12584±112	3,10±0,08
65	0	2,9	150	28529±169	27607±166	3,23±0,07
65	10	2,9	150	9193±96	8972±95	2,40±0,09
70	0	3,2	150	47178±217	45687±214	3,16±0,06
70	10	3,2	150	15430±124	15147±123	1,83±0,08
75	0	3,3	150	67817±260	65952±257	2,75±0,05
75	15	3,3	150	22273±149	21976±148	1,33±0,07
80	0	3,5	150	104358±323	102176±320	2,09±0,05
80	15	3,5	150	34938±187	34627±186	0,89±0,06
85	0	3,6	150	150647±388	148101±385	1,69±0,04
85	20	3,6	150	27849±167	27759±167	0,32±0,07
90	0	3,9	150	236162±486	232737±482	1,45±0,04
90	20	3,9	150	46462±216	46359±215	0,22±0,06

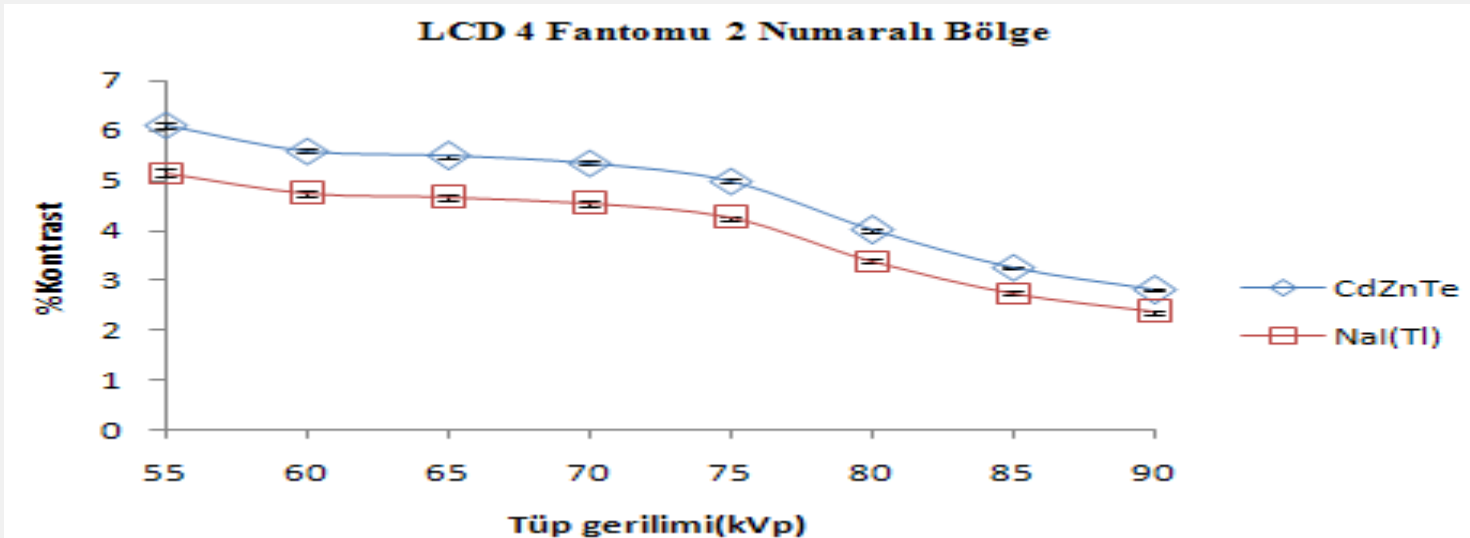
NaI (Tl) sintilasyon dedektörü ve 1 mm bakır kullanılarak fantomun 3 farklı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-Işını Tüp Gerilimi (kVp)	Bakır Kalınlığı (mm)	X-Işını Tüp Akımı (mA)	Işımlama Süresi (s)	Homojen Bölge Sayım	Lezyon Bölgesi Sayım	Kontrast (%)	Fantomun El Kitabında Verilen Kontrast (%)	Fark (%)
70 (1 numara)*	1	3,2	150	12752±113	12234±111	4,06±0,07	14,8	72,6
70 (2 numara)*	1	3,2	150	12752±113	12295±111	3,58±0,07	12,8	72
70 (3 numara)*	1	3,2	150	12752±113	12508±112	1,91±0,07	10,9	82,5

* Fantomun ilgilenilen bölgesi

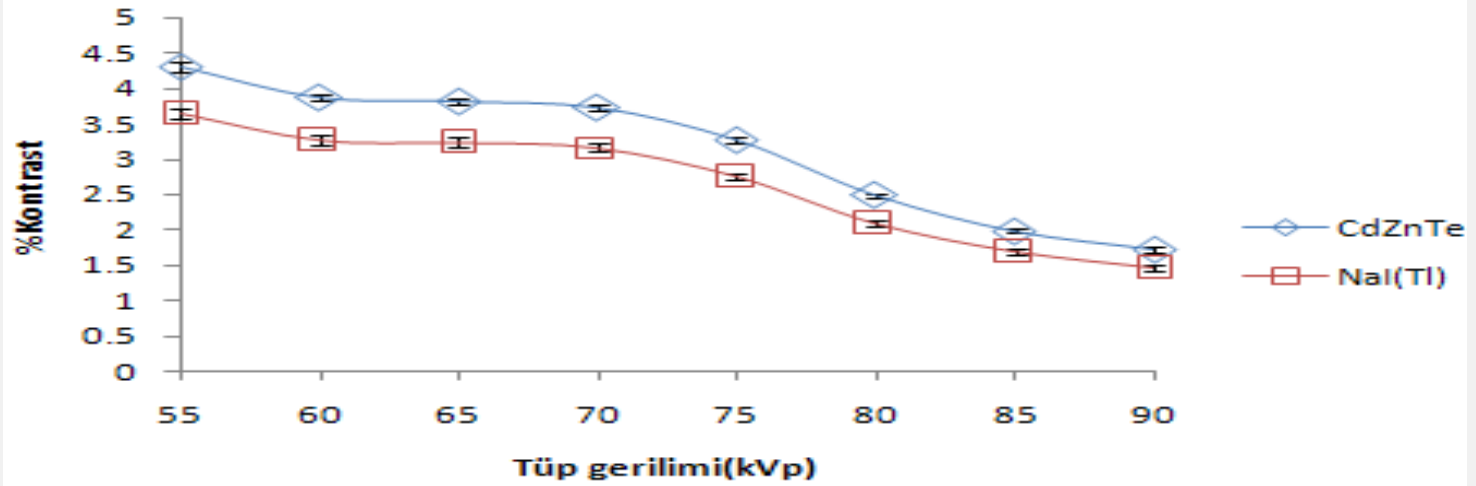


Artan X-ışın tüp gerilimiyle (kVp) LCD 4 fantomunun 1 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerlerinin değişim grafiği



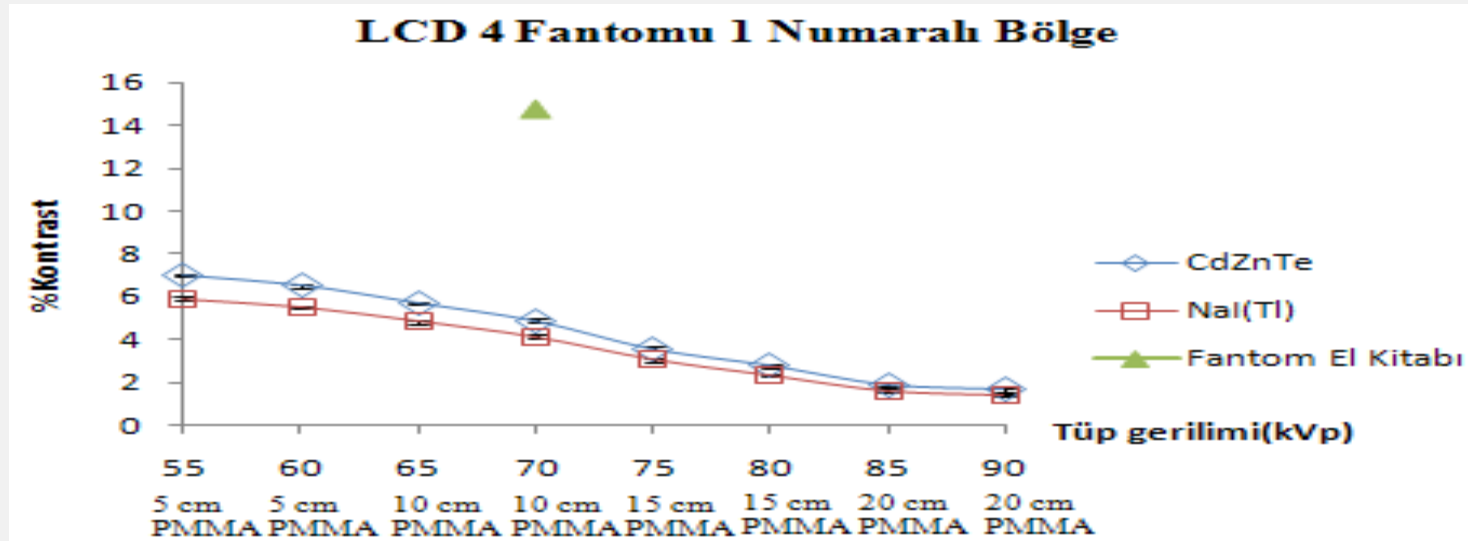
Artan X-ışın tüp gerilimiyle (kVp) LCD 4 fantomunun 2 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerlerinin değişim grafiği

LCD 4 Fantomu 3 Numaralı Bölge



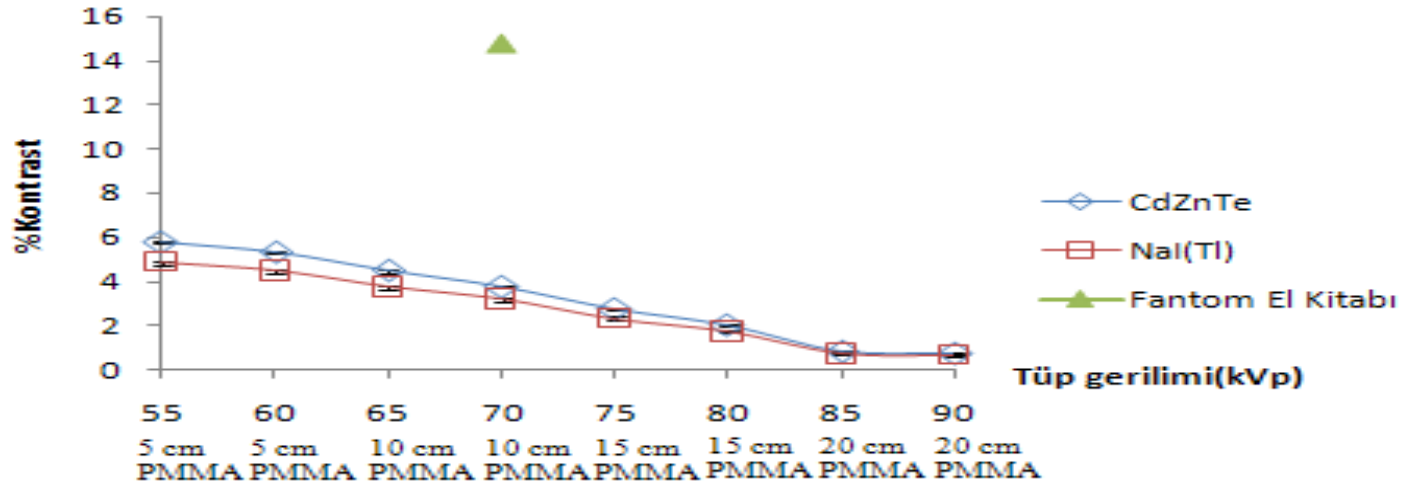
Artan X-ışın tüp gerilimiyle (kVp) LCD 4 fantomunun 3 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerlerinin değişim grafiği

LCD 4 Fantomu 1 Numaralı Bölge



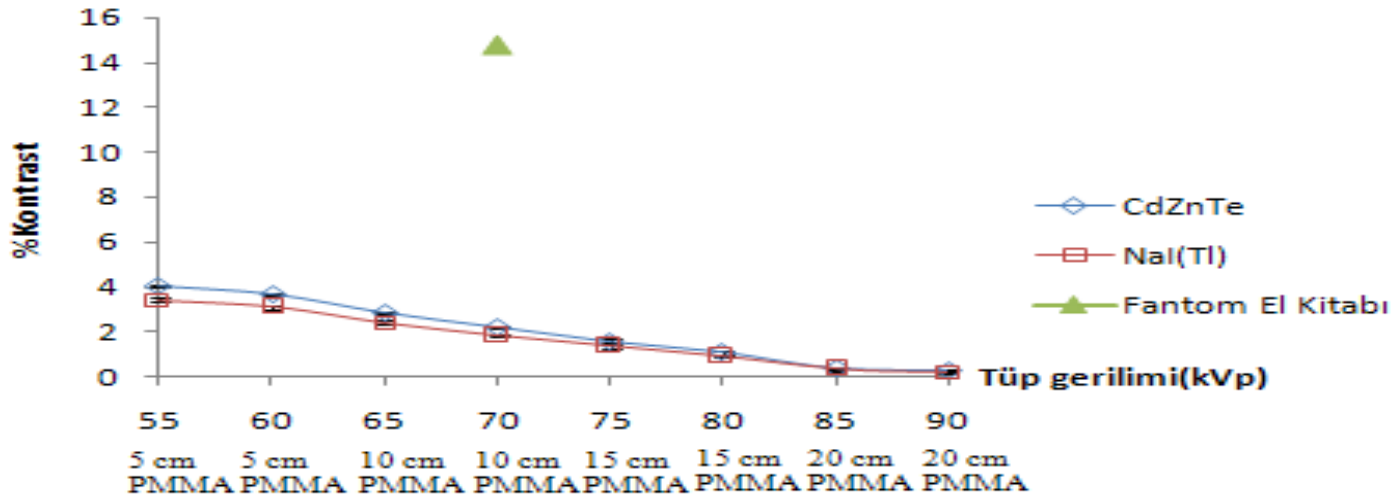
Artan X-ışın tüp gerilimi (kVp) ve saçıcı (PMMA) kalınlıklarıyla LCD 4 fantomunun 1 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerlerinin değişim grafiği

LCD 4 Fantomu 2 Numaralı Bölge



Artan X-ışın tüp gerilimi (kVp) ve saçıcı (PMMA) kalınlıklarıyla LCD 4 fantomunun 2 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerlerinin değişim grafiği

LCD 4 Fantomu 3 Numaralı Bölge



Artan X-ışın tüp gerilimi (kVp) ve saçıcı (PMMA) kalınlıklarıyla LCD 4 fantomunun 3 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerlerinin değişim grafiği

b) PMMA fantomundaki saçılan X-ışını etkisinin görüntüleme dedektörü (DRX) kullanılarak yapılan kontrast ölçümleri ile incelenmesi

PMMA fantomundaki saçılan X-ışını etkisinin görüntüleme dedektörü kullanılarak yapılan kontrast ölçümleri ile incelenmesi için Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü bünyesinde bulunan konvansiyonel X-ışın sistemi kullanılmıştır.



Konvansiyonel X-ışın sisteminin teknik özellikleri

Marka	<u>Varian</u>
Model	DIA150KV
<u>kV Aralığı</u>	40-150
<u>mA Aralığı</u>	10-630
Stator	R
Konvansiyonel X-Işın Sisteminin Tüpü	
Marka	<u>Varian</u>
Model	2226680
<u>Doğal(Inherent) Filtrelemesi</u>	0,6 mm Al
Ek Filtre	1 mm Al
Odak Nokta Boyutu	0,6 mm - 1,2 mm
Anot Materyali	Tungsten
Anot Açısı	12°

Dijital Dedektör

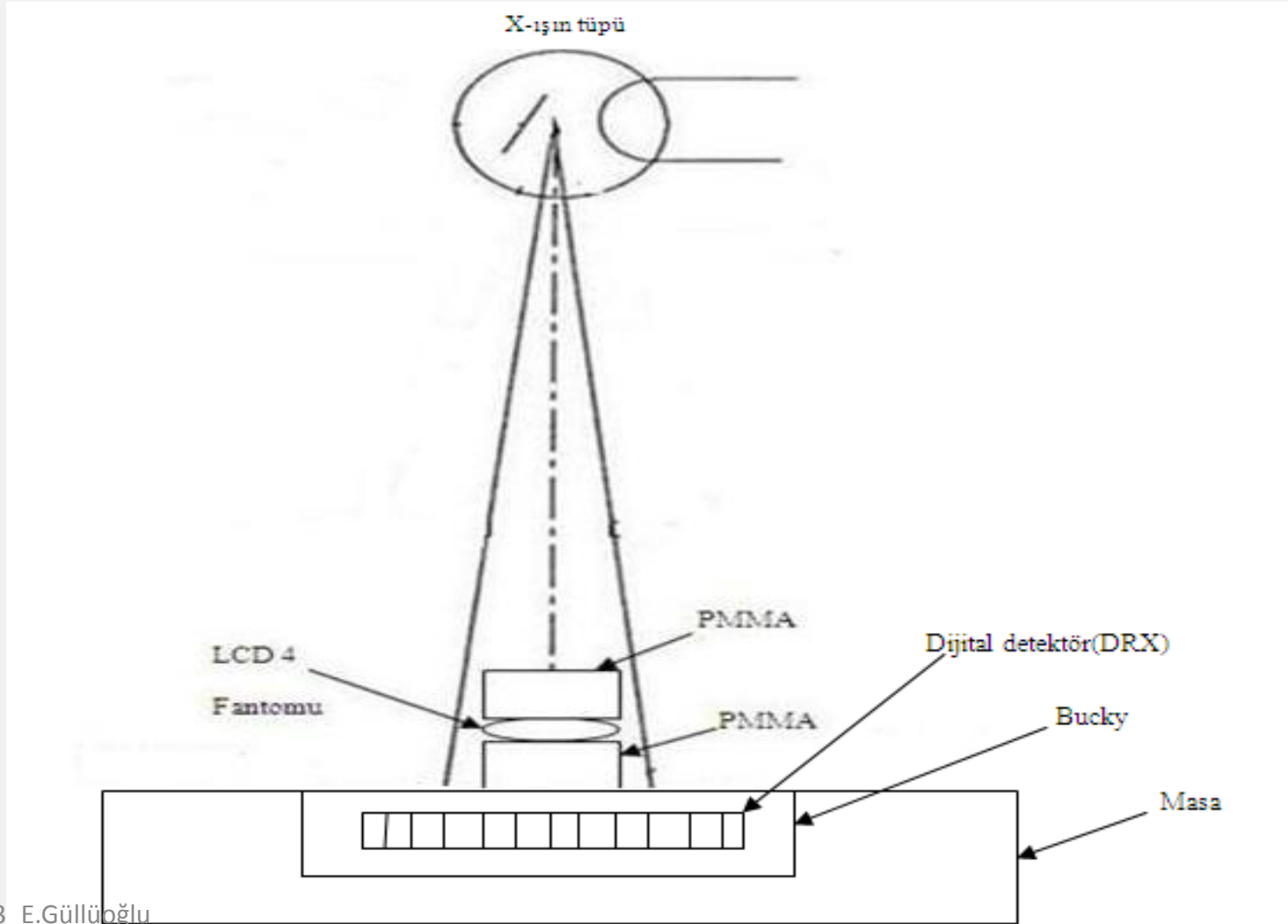


Carestream DRX-1C marka dijital dedektör

Dijital dedektörün teknik özellikleri

Markası	<u>Carestream DRX-1C</u>
Modeli	DRX-1C Sistem Detektör(İndirekt)
Çalışma Gerilim Aralığı	12V-18V, 3A
Detektör Boyutu	35x43 cm
Piksel Sayısı	2560x3072
Görüntülenen Alandaki Piksel Sayısı	2544x3056
Piksel Boyutu	139 μ m
TFT(<u>Thin</u> Film Transistor) Malzemesi	<u>a</u> -Si(amorfl silikon)
Kristal	<u>CsI</u>

Dijital dedektör buckyde iken LCD 4 fantomundan PMMA kullanılarak obje kontrastlarının hesaplanması için kurulan geometri



DRX dedektörü masa üstü konumundayken, Pattern modunda ve saçıcı (PMMA) kullanılarak LCD 4 fantomunun 1 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-ışını Tüp Gerilimi kVp	PMMA Kalınlığı (cm)	mAs	Işınlama İndeksi (Exposure Index, EI)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	0,5	1022	1521±39	1428±38	6,10±0,14
55	5	0,8	1030	1343±37	1265±36	5,80±0,14
60	0	0,5	1113	1654±41	1566±40	5,31±0,14
60	5	0,63	1064	1389±37	1317±36	5,20±0,14
65	0	0,5	1202	1774±42	1692±41	4,60±0,13
65	10	0,63	1063	1153±34	1110±33	3,70±0,15
70	0	0,5	1274	1873±43	1795±42	4,16±0,13
70	10	0,5	1074	1177±34	1139±34	3,20±0,15
75	0	0,5	1354	1968±44	1894±44	3,77±0,13
75	15	0,8	1138	1164±34	1142±34	1,90±0,15
80	0	0,5	1424	2050±45	1979±45	3,45±0,13
80	15	0,5	1035	1069±33	1048±32	2,00±0,15
85	0	0,5	1485	2124±46	2055±45	3,25±0,13
85	20	1,0	1144	1129±34	1114±33	1,30±0,15
90	0	0,5	1546	2195±47	2130±46	2,96±0,13
90	20	0,8	1131	1123±34	1110±33	1,15±0,15

DRX dedektörü masa üstü konumundayken, Pattern modunda ve saçıcı (PMMA) kullanılarak LCD 4 fantomunun 2 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-ışını Tüp Gerilimi kVp	PMMA Kalınlığı (cm)	mAs	Işınlama İndeksi (Exposure Index, EI)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	0,5	1022	1521±39	1444±38	5,08±0,14
55	5	0,8	1030	1343±37	1279±36	4,78±0,14
60	0	0,5	1113	1654±41	1582±40	4,32±0,15
60	5	0,63	1064	1389±37	1331±36	4,13±0,14
65	0	0,5	1202	1774±42	1709±41	3,66±0,13
65	10	0,63	1063	1153±34	1122±33	2,70±0,15
70	0	0,5	1274	1873±43	1811±43	3,31±0,13
70	10	0,5	1074	1177±34	1149±34	2,40±0,15
75	0	0,5	1354	1968±44	1909±44	3,01±0,13
75	15	0,8	1138	1164±34	1149±34	1,30±0,15
80	0	0,5	1424	2050±45	1992±45	2,84±0,13
80	15	0,5	1035	1069±33	1057±33	1,10±0,15
85	0	0,5	1485	2124±46	2069±45	2,59±0,13
85	20	1,0	1144	1129±34	1124±34	0,44±0,15
90	0	0,5	1546	2195±47	2144±46	2,30±0,13
90	20	0,8	1131	1123±34	1120±33	0,26±0,15

DRX dedektörü masa üstü konumundayken, Pattern modunda ve saçıcı (PMMA) kullanılarak LCD 4 fantomunun 3 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-ışını Tüp Gerilimi kVp	PMMA Kalınlığı (cm)	mAs	İşinleme İndeksi (Exposure Index, EI)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	0,5	1022	1521±39	1466±38	3,61±0,14
55	5	0,8	1030	1343±37	1298±36	3,37±0,14
60	0	0,5	1113	1654±41	1604±40	3,01±0,13
60	5	0,63	1064	1389±37	1348±37	2,95±0,14
65	0	0,5	1202	1774±42	1728±42	2,57±0,13
65	10	0,63	1063	1153±34	1128±33	2,20±0,15
70	0	0,5	1274	1873±43	1831±43	2,25±0,13
70	10	0,5	1074	1177±34	1156±34	1,80±0,15
75	0	0,5	1354	1968±44	1929±44	1,97±0,13
75	15	0,8	1138	1164±34	1152±34	1,03±0,15
80	0	0,5	1424	2050±45	2013±45	1,81±0,13
80	15	0,5	1035	1069±33	1060±33	0,80±0,15
85	0	0,5	1485	2124±46	2088±46	1,66±0,13
85	20	1,0	1144	1129±34	1131±34	0,17±0,15
90	0	0,5	1546	2195±47	2164±47	1,41±0,13
90	20	0,8	1131	1123±34	1125±34	0,17±0,14

DRX dedektörü bucky konumunda iken, Pattern modunda ve saçıcı (PMMA) kullanılarak LCD 4 fantomunun 1 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-ışını Tüp Gerilimi kVp	PMMA Kalınlığı (cm)	<u>mAs</u>	<u>Işınlama İndeksi (Exposure Index, EI)</u>	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,02	1026	1666±41	1562±40	6,22±0,14
55	5	4,0	987	1405±38	1320±36	5,98±0,14
60	0	1,58	1059	1718±42	1625±40	5,36±0,13
60	5	2,56	980	1398±37	1324±36	5,28±0,14
65	0	1,25	1080	1753±42	1672±41	4,62±0,13
65	10	5,12	985	1352±37	1300±36	3,80±0,14
70	0	1,0	1092	1771±42	1696±41	4,20±0,13
70	10	4,0	1022	1396±37	1346±37	3,55±0,14
75	0	0,8	1096	1776±42	1708±41	3,79±0,13
75	15	7,88	1107	1402±38	1371±37	2,17±0,14
80	0	0,64	1092	1770±42	1708±41	3,47±0,13
80	15	5,12	1052	1350±37	1320±36	2,15±0,15
85	0	0,5	1077	1741±42	1683±41	3,28±0,14
85	20	10	1117	1329±37	1308±36	1,53±0,13
90	0	0,5	1129	1817±43	1762±42	2,99±0,13
90	20	8,0	1128	1348±37	1329±37	1,39±0,14

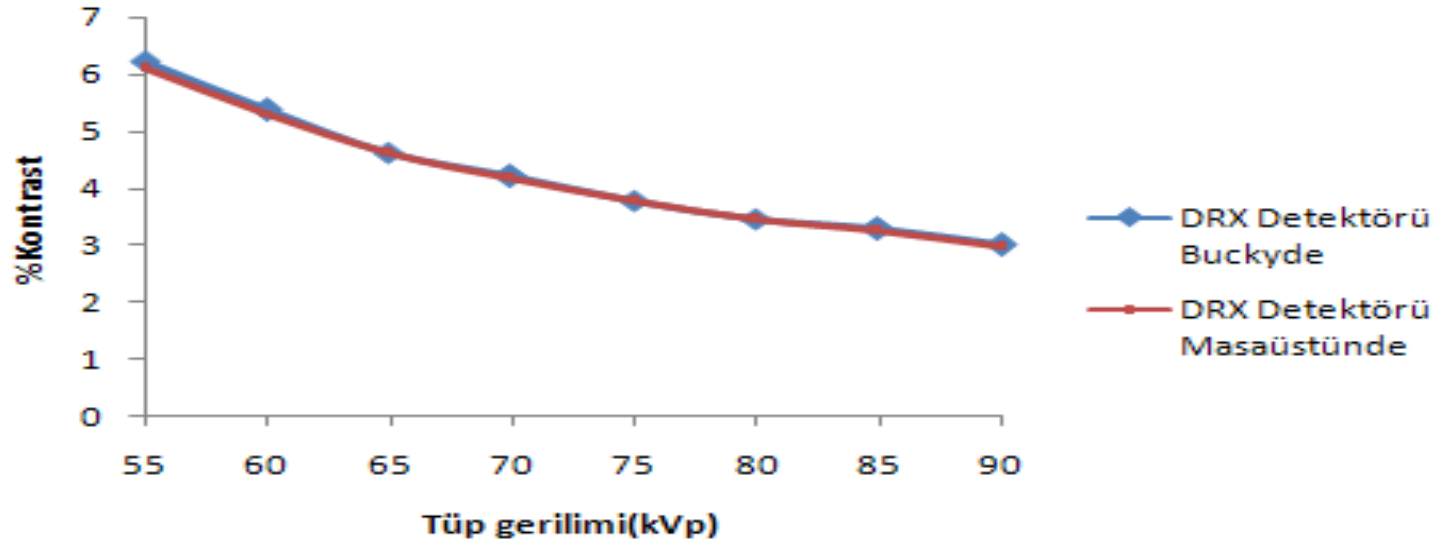
DRX dedektörü bucky konumunda iken, Pattern modunda ve saçıcı (PMMA) kullanılarak LCD 4 fantomunun 2 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

X-ışını Tüp Gerilimi kVp	PMMA Kalınlığı (cm)	mAs	Işınlama İndeksi (Exposure Index, EI)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,02	1026	1666±41	1579±40	5,18±0,13
55	5	4,0	987	1405±38	1336±37	4,89±0,14
60	0	1,58	1059	1718±42	1643±40	4,34±0,13
60	5	2,56	980	1398±37	1339±37	4,20±0,14
65	0	1,25	1080	1753±42	1688±41	3,68±0,13
65	10	5,12	985	1352±37	1311±36	2,97±0,14
70	0	1,0	1092	1771±42	1712±41	3,33±0,13
70	10	4,0	1022	1396±37	1358±37	2,66±0,14
75	0	0,8	1096	1776±42	1722±42	3,03±0,13
75	15	7,88	1107	1402±38	1381±37	1,48±0,14
80	0	0,64	1092	1770±42	1719±41	2,87±0,13
80	15	5,12	1052	1350±37	1332±36	1,28±0,14
85	0	0,5	1077	1741±42	1695±41	2,60±0,13
85	20	10	1117	1329±37	1322±36	0,52±0,14
90	0	0,5	1129	1817±43	1774±42	2,34±0,14
90	20	8,0	1128	1348±37	1343±37	0,32±0,14

DRX dedektörü bucky konumunda iken, Pattern modunda ve saçıcı (PMMA) kullanılarak LCD 4 fantomunun 3 numaralı bölgesinden hesaplanan kontrast değerleri

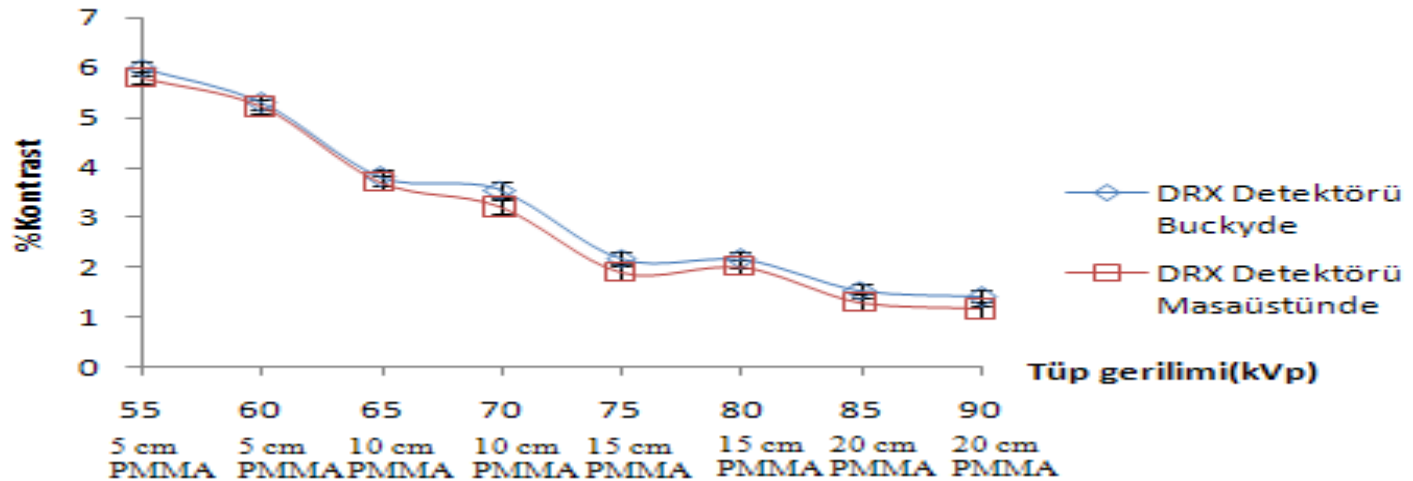
X-ışını Tüp Gerilimi kVp	PMMA Kalınlığı (cm)	mAs	Işınlama İndeksi (Exposure Index, EI)	Homojen Bölge (Sayım)	Lezyon Bölgesi (Sayım)	Kontrast (%)
55	0	2,02	1026	1666±41	1605±40	3,62±0,13
55	5	4,0	987	1405±38	1357±37	3,39±0,14
60	0	1,58	1059	1718±42	1665±41	3,04±0,13
60	5	2,56	980	1398±37	1356±37	2,98±0,14
65	0	1,25	1080	1753±42	1707±41	2,58±0,13
65	10	5,12	985	1352±37	1319±36	2,42±0,14
70	0	1,0	1092	1771±42	1730±42	2,26±0,13
70	10	4,0	1022	1396±37	1368±37	2,00±0,14
75	0	0,8	1096	1776±42	1740±42	1,99±0,12
75	15	7,88	1107	1402±38	1385±37	1,17±0,14
80	0	0,64	1092	1770±42	1737±42	1,83±0,13
80	15	5,12	1052	1350±37	1337±37	0,93±0,13
85	0	0,5	1077	1741±42	1711±41	1,68±0,14
85	20	10	1117	1329±37	1326±36	0,20±0,12
90	0	0,5	1129	1817±43	1791±42	1,41±0,13
90	20	8,0	1128	1348±37	1345±37	0,19±0,12

LCD 4 Fantomu 1 Numaralı Bölge

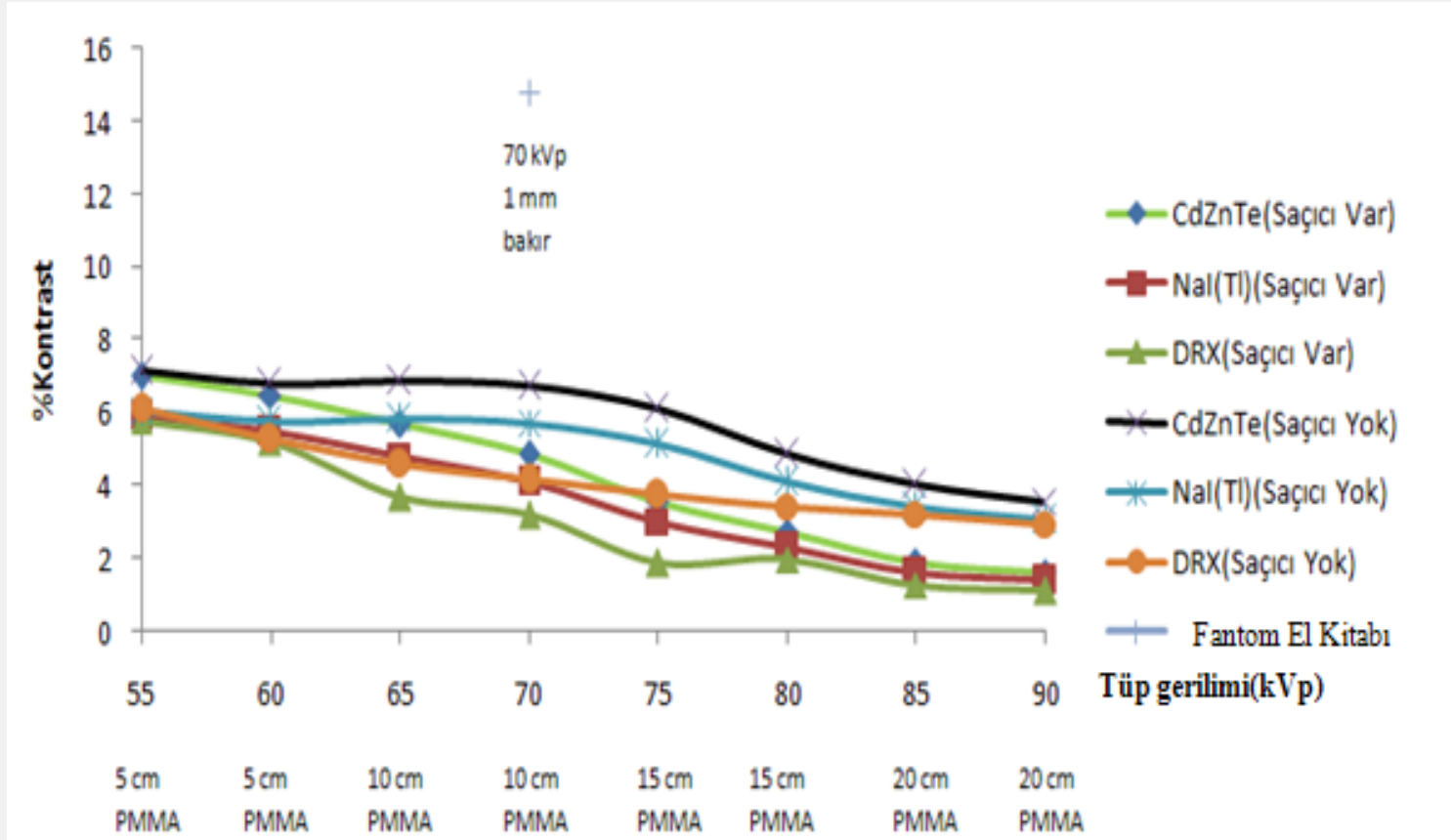


DRX dedektörü farklı konumlarda iken kontrastın kVp ile değışimi

LCD 4 Fantomu 1 Numaralı Bölge

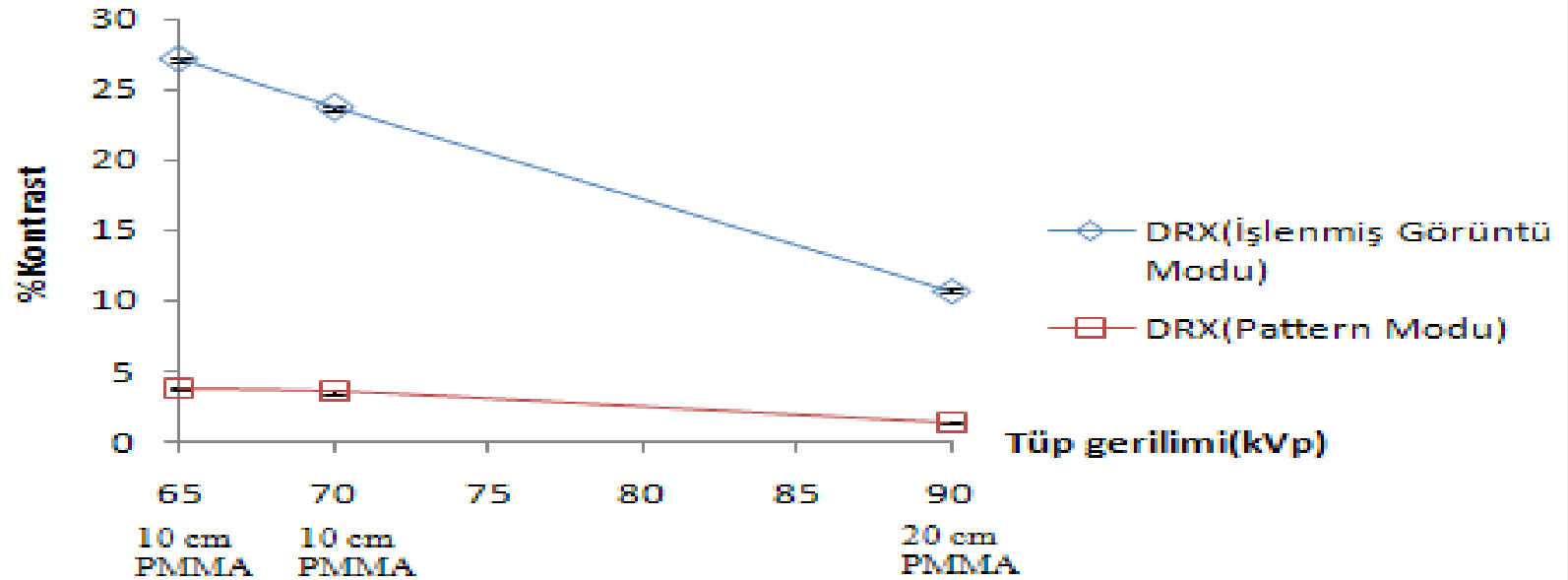


DRX dedektörü farklı konumlarda iken kontrastın kVp+saçıcı (PMMA) ile değışimi



Farklı dedektörlerde kVp-kontrast ve kVp+saşıcı (PMMA)-kontrast ilişkisi

DRX Detektörü Buckyde



DRX dedektörünün yazılımında farklı modlar seçilerek hesaplanan kontrast değerlerinin kVp+saçıcı (PMMA) ile değişimi

EVP (Enhanced Visualization Processing) Algoritması

$$E'(i,j) = \alpha \times (E(i,j) * K) + (1 - \alpha) \times E_{mid} + \beta \times [E(i,j) - (E(i,j) * K)]$$

Burada $E'(i,j)$ işlenmiş görüntü, K görüntü yumuşatıcı kernel, α alçak frekans kazancı ve β ise yüksek frekans kazancıdır (Metter and Foos 1999).

- Sayım dedektörleri (CdZnTe – NaI(Tl)) kullanılarak hesaplanan kontrast değerlerinin belirli bir tüp gerilimi ve saçıcı kalınlığından itibaren (80 kVp 15 cm PMMA) değişmediği ve bu sonuca dayanarak kontrast hesabı için, 80 kVp tüp gerilimi ve 15 cm PMMA saçıcı kalınlığından itibaren kullanılan sayım dedektörünün yarıiletken ya da sintilasyon dedektörü olmasının önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Görüntü kalitesi değerlendirmede saçılan fotonların %kontrast değerlerine önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu konunun farklı saçıcı malzemeler ve sayım sistemleriyle daha ayrıntılı incelenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Bor, D. 2002. Diagnostik Radyoloji Fiziği Ders Notları. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Bracken, J.A., Lillaney, P.V., Fahrig, R., Rowlands, J.A. 2008. Closed bore XMR (CBXMR) systems for aortic valve replacement: Investigation of rotating-anode x-ray tube heat loadability. Med.Phys., 35 (9), 4049-4062.
- IPEM (Institute of Physics and Engineering in Medicine) Report 32 part II. Measurement of The Performance Characteristics of Diagnostic X-Ray Systems Used in Medicine: X-Ray Image Intensifier Television System 2nd Edition. Institute of Physics and Engineering in Medicine and Biology.
- Knoll, F.G. 2000. Radiation Detection and Measurement Third Edition. Wiley, 816, New York
- Metter, R.V., Foos, D. 1999. Enhanced Latitude for Digital Projection Radiography. SPIE, 3658, 468-471.

TEŞEKKÜRLER