

**DERİN YERLEŞİMLİ VE FARKLI DOKU ORTAMLARI İÇİN ÜÇ  
BOYUTLU KONFORMAL RADYOTERAPİ İLE YOĞUNLUK  
AYARLI RADYOTERAPİ TEDAVİ TEKNİKLERİNİN DOZ  
DAĞILIMLARININ VE DOZ VOLÜM HİSTOGRAMLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Osman Vefa GÜL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FİZİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2013  
ANKARA**



Osman Vefa GÜL tarafından hazırlanan “DERİN YERLEŞİMLİ VE FARKLI DOKU ORTAMLARI İÇİN ÜÇ BOYUTLU KONFORMAL RADYOTERAPİ İLE YOĞUNLUK AYARLI RADYOTERAPİ TEDAVİ TEKNİKLERİNİN DOZ DAĞILIMLARININ VE DOZ VOLÜM HİSTOGRAMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI” adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Başar ŞARER

.....

Tez Danışmanı, Fizik Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şeref OKUDUCU

.....

Fizik Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Başar ŞARER

.....

Fizik Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yard. Doç. Dr. Mehtap GÜNAY

.....

Fizik Anabilim Dalı, İnönü Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi :14/05/2013

Bu tez ile G.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Osman Vefa GÜL

**DERİN YERLEŞİMLİ VE FARKLI DOKU ORTAMLARI İÇİN ÜÇ  
BOYUTLU KONFORMAL RADYOTERAPİ İLE YOĞUNLUK AYARLI  
RADYOTERAPİ TEDAVİ TEKNİKLERİNİN DOZ DAĞILIMLARININ VE  
DOZ VOLÜM HİSTOGRAMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Osman Vefa GÜL**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Mayıs 2013**

**ÖZET**

Prostat kanseri tedavisinde radyoterapinin önemli bir yeri vardır. Tedavide kullanılan radyoterapi teknikleri çeşitlidir. Üç boyutlu konformal radyoterapinin (3BKRT) gelişmiş bir formu olan yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği ile tümör dozunun arttırılması sağlanarak kritik organların alacağı doz azaltılabilmektedir. Necmettin Erbakan Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda prostat kanseri nedeni ile postoperatif radyoterapi uygulanan 10 hasta deneysel çalışmaya dahil edildi. Tüm hastalara iki farklı radyoterapi tekniği ile plan yapıldı: YART ve 3BKRT. İki farklı tedavi planı, hedef hacim ve kritik organların almış olduğu dozlar açısından doz volüm histogramları (DVH) ile karşılaştırılmıştır. Tüm hastaların supin pozisyonunda mesanesi dolu rektumu boş olacak şekilde 3 mm kesitler ile bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri alınmıştır. BT kesitleri Eclips tedavi planlama sistemine (TPS) aktarılmıştır. Tüm hastalar için hedef hacim ve kritik organlar ( rektum, mesane, sağ ve sol femur başı, penil bulb) konturlanmıştır. 3BKRT tekniği için 18 MV foton enerjisi, YART tekniği için 6 MV foton enerjisi kullanılmıştır. Hedef hacim ve risk altındaki organların DVH ile elde edilen veriler SPSS programı ile analiz edilmiştir. Sonuçta prostat kanseri nedeni ile postoperatif radyoterapi uygulanan hastalarda hedef hacimde daha

**homojen bir doz sağlaması ve kritik organlardaki dozu azaltması nedeni ile YART tekniği 3BKRT tekniğinden daha üstün olduğu tespit edilmiştir.**

**Bilim Kodu : 202. 1. 108**  
**Anahtar Kelimeler : Prostat kanseri, prostat radyoterapisi, yoğunluk ayarlı radyoterapi, üç boyutlu konformal radyoterapi**  
**Sayfa Adedi : 70**  
**Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Başar ŞARER**

**COMPARISION OF THREE DIMENSIONAL CONFORMAL  
RADIOTHERAPY AND INTENSITY MODULATED RADIOTHERAPY  
TREATMENT TECHNIQUES IN DEEP TISSUE WITH A DIFFERENT  
ENVIRONMENTS FOR DOSE DISTRIBUTIONS AND DOSE VOLUME  
HISTOGRAMS  
( M.Sc. Thesis )**

**Osman Vefa GÜL**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
May 2013**

**ABSTRACT**

Radiotherapy has an important role an the treatment of prostate cancer. There are numerous (or many) techniques. ( that can be used in the treatment.) Intensity modulated radiotherapy ( IMRT ), which is an advanced form of 3-dimensional-conformal radiotherapy (3D-CRT), helps to increase the dose tumor while decreasing the dose, received by organs at risk (OAR). Department of Radiation Oncology, University of Necmettin Erbakan in the post-operative radiotherapy for prostate cancer, 10 patients were included in the study. Two different treatment plans were generated for all the patients; IMRT and 3D-CRT. Tde doses in the target volume and the doses recervedly OAR were compared fot two plans using dose volume histograms ( DVH). There mm. ( Computed tomograpy scans were taken ( CT ) for all the patients in supine rotation with empty rectum and full bladder). CT scan were transffered to Eclipse treatment planning system (TPS). The target volume and OAR including rectum, bladder, penil bulb and bilateral femur heads were determined. 18 MV and 6 MV photon energy were used for 3D-CRT and IMRT techniques. The doses of the target volume and OAR which were obtained from DVH, were analysed analysed using SPSS. With compared DVH' s analyse and

**statistical data, critical organs received less dose and tumor tissue received homogeneous dose distribution has been found to be better in IMRT than 3D-CRT techniques.**

**Science Code : 202. 1. 108**

**Key Words : Prostate cancer, prostate radiotherapy, intensity modulated radiotherapy, three dimensional conformal radiotherapy**

**Page Number : 70**

**Adviser : Prof. Dr. Başar ŞARER**



## TEŞEKKÜRLER

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Başar ŞARER' e teşekkür ederim. Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı'nda bölüm imkanlarından faydalanmamı sağlayan başta Prof. Dr. Mehmet KOÇ olmak üzere Doç. Dr. Yılmaz TEZCAN' a, fizikçiler Hikmettin DEMİR ve Serhat ARAS'a teşekkür ederim.

Tezimin istatistiksel analizinin yapılmasında ve yazımında yardımlarını ve manevi desteğini esirgemeyen Melike ZURNACI' ya, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli arkadaşlarım Ümit ÖZDEMİR ve Fahri KORKMAZ' a teşekkür ederim.

Beni bu günlere getiren, yaşamım boyunca hep yanımda olan ve attığım her adımda beni destekleyen annem Gülsüm GÜL, babam Mustafa GÜL, kardeşlerim Mehmet Yiğit GÜL ve Fatma Nur GÜL, teyzem Emine AYDIN' a yazmayı unuttuğum ve hayatımın bu aşamasına gelmemde payı olan herkese sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

**İÇİNDEKİLER****Sayfa**

ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Kanserin Tanımı, Oluşumu ve Gelişimi .....	3
2.1.1. Kanserin tanımı ve oluşumu .....	3
2.1.2. Kanserin gelişimi.....	5
2.2. Prostat Kanseri ve Tedavisi .....	5
2.2.1. Prostat ve anatomik yerleşimi.....	5
2.2.2. Prostat kanseri .....	6
2.2.3. Prostat kanserinde risk faktörleri .....	7
2.2.4. Prostat kanserinin oluşumu .....	8
2.2.5. Klinik bulgular ve tanı.....	8
2.2.6. Prostat kanseri tedavisinde kritik organlar .....	9
2.2.8. Prostat kanserinde kritik organlar için radyoterapi doz değerleri .....	11

**Sayfa**

2.2.9. Prostat kanseri tedavisi .....	11
2.2.10. Prostat kanseri radyoterapisi .....	12
2.3. Tedavi Planlama İşlemi.....	15
2.3.1. Kesitlerin görüntülenmesi.....	16
2.3.2. Alan çeşitliliği ve kolimasyon.....	17
2.3.3. Plan optimizasyonu ve değerlendirilmesi.....	17
2.4. Planlamada Kullanılan Cihazlar .....	24
2.4.1. Bilgisayarlı tomografi (BT) .....	24
2.4.2. Tedavi planlama sistemi (TPS) .....	26
2.4.3. Lineer hızlandırıcı .....	27
2.5. Radyoterapinin Kalite Kontrol Testleri .....	30
2.5.1. Lineer hızlandırıcı cihazının kalite kontrol testleri .....	30
2.5.2. Çok yapraklı kolimatör sisteminin kalite kontrol testleri .....	30
2.5.3. Hastaya özel kalite kontrol testleri.....	31
2.5.4. İyon odalar .....	33
2.5.5. Film dozimetrisi .....	33
2.5.6. Radyokromik Film .....	34
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	35
3.1. Siemens Primus Lineer Hızlandırıcı .....	36
3. 2. Siemens Emotion Simülatör Cihazı .....	37

**Sayfa**

3. 3. Eclipse Tedavi Planlama Sistemi .....	38
3. 4. 3BKRT 5 Alan Tekniği.....	39
3.5. YART Tekniği.....	40
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR .....	41
4.1. PTV İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması.....	41
4.2. Rektum İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması.....	46
4.3. Mesane İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması.....	50
4.4. Sağ Femur İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması .....	54
4.5. Sol Femur İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması .....	58
4.6. Penil Kökü İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması.....	62
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
5.1. Sonuçlar .....	66
5.2. neriler .....	67
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ .....	70

**ÇİZELGELERİN LİSTESİ**

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. YART planlaması için doz sınırlamaları.....	40
Çizelge 4.1. 3BKRT ve YART için PTV' nin aldığı doza karşılık gelen hacim.....	43
Çizelge 4.2. 3BKRT ve YART için rektumun aldığı doza karşılık gelen hacim.....	47
Çizelge 4.3. 3BKRT ve YART için mesanenin aldığı doza karşılık gelen hacim.....	51
Çizelge 4.4. 3BKRT ve YART için sağ femurun aldığı doza karşılık gelen hacim.....	55
Çizelge 4.5. 3BKRT ve YART için sol femurun aldığı doza karşılık gelen hacim.....	59
Çizelge 4.6. 3BKRT ve YART için penis kökünün aldığı doza karşılık gelen hacim.....	63

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Normal hücre bölünmesi .....	3
Şekil 2.2. Kanser hücresi bölünmesi.....	3
Şekil 2.3. İyi huylu tümör .....	4
Şekil 2.4. Kötü huylu tümör .....	4
Şekil 2.5. Prostatın anatomik yapısı.....	6
Şekil 2.6. 2x2 cm <sup>2</sup> lik geniş ışının 1x1 cm <sup>2</sup> lik ışınçıklara bölünmesi.....	14
Şekil 2.7. Prostat BEV görüntüsü.....	16
Şekil 2.8. 6 MV izodoz dağılımı .....	18
Şekil 2.9. 18 MV için izodoz dağılımı.....	18
Şekil 2.10. Doz dağılımlarının üç boyutlu görünümü .....	19
Şekil 2.11. Doz hacim grafiği (DVH).....	20
Şekil 2.12. Hedef hacimler .....	22
Şekil 2.13. Transversal merkezi kesit görüntüsü .....	23
Şekil 2.14. Frontal merkezi kesit görüntüsü.....	23
Şekil 2.15. Sagittal merkezi kesit görüntüsü .....	24
Şekil 2.16. Hounsfield cetveli .....	25
Şekil 2.17. Dijital görüntülerin Hounsfield cetvelinde numaralandırılması .....	25
Şekil 2.18. Siemens mevatron cihazının yapısı .....	28
Şekil 2.19. Gantri' nin iç yapısı.....	29

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.20. Çok yapraklı kolimatör.....	31
Şekil 2.21. 2D- ARRAY seven29 lineer array ölçümü.....	32
Şekil 2.22. Nokta doz ölçümü düzeneği .....	32
Şekil 2.23. İyon odalarının şematik görünümü .....	33
Şekil 3.1. Siemens Primus lineer hızlandırıcı.....	36
Şekil 3.2. Siemens Emotion Simülatör Cihazı .....	37
Şekil 3.3. Eclips tedavi planlama sistemi üç boyutlu doz dağılımı .....	38
Şekil 3.4. 5 alanlı 3BKRT .....	39
Şekil 4.1. PTV için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması .....	42
Şekil 4.2. Rektum için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması .....	46
Şekil 4.3. Mesane için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması .....	50
Şekil 4.4. Sağ Femur için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılma.....	54
Şekil 4.5. Sol Femur için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması .....	58
Şekil 4.5. PenisKökü için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması .....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>%DD</b>	Derin doz yüzdesi
<b>2B</b>	2 boyutlu
<b>3BKRT</b>	3 boyutlu konformal radyoterapi
<b>BEV</b>	Demet gözünden bakış
<b>BT</b>	Bilgisayarlı tomografi
<b>ÇYK</b>	Çok yapraklı kolimatör
<b>DC</b>	Doğru akım
<b>DRR</b>	Dijital yolla yaratılmış görüntüler (Digitally Reconstructed Radiograph)
<b>DVH</b>	Doz hacim grafiği
<b>GTV</b>	Görüntülenebilir tümör hacmi (Gross Tumor Volume)
<b>Gy</b>	Gray
<b>HU</b>	Hounsfield unit
<b>ICRU</b>	Uluslararası Radyasyon Ölçüm Komisyonu
<b>IV</b>	Işınlanan hacim (Irradiated Volume)
<b>KTV</b>	Klinik target volüm (CTV)
<b>MU</b>	Monitor birimi
<b>MV</b>	Milyon volt
<b>NTCP</b>	Normal doku komplikasyon olasılığı
<b>OR</b>	Riskli organ (Organ at Risk)
<b>PRM</b>	Parmakla rektal muayene
<b>PSA</b>	Prostat spesifik antijen
<b>PTV</b>	Planlama hedef hacmi
<b>RTOG</b>	Radiation Therapy Oncology Group



<b>Simgeler</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>SAR</b>	Saçılan-hava oranı
<b>S<sub>c</sub></b>	Kolimatör saçılma faktörü
<b>S<sub>p</sub></b>	Fantom saçılma faktörü
<b>SSD</b>	Kaynak cilt mesafesi
<b>TAR</b>	Doku-hava oranı
<b>TCP</b>	Tümör kontrol olasılığı
<b>TMR</b>	Doku-maksimum oranı
<b>TPS</b>	Tedavi planlama sistemi
<b>TRUS</b>	Transrektal ultrasonografi
<b>TV</b>	Tedavi hacmi (Treated Volume)
<b>YART</b>	Yoğunluk ayarlı radyoterapi

## 1. GİRİŞ

Derin yerleşimli kanser türlerinden olan prostat kanseri erkeklerde en sık görülen kanserler arasındadır. Erken evre prostat kanseri tedavisinde radikal prostatektomi, eksternal radyoterapi (RT) veya brakiterapi tedavi seçenekler arasındadır. Klinik sonuçları üç tedavi yöntemine göre aynı olmakla birlikte tedaviye bağlı yan etkiler farklılık göstermektedir. Eksternal RT, cerrahi tedaviye göre daha az yan etkiye neden olması dolayısıyla öncelikli olarak tercih edilmektedir. Yeni teknolojik planlama yöntemlerinin kullanımıyla radyoterapiye ait olan yan etkilerin azaltılması mümkündür.

Prostat kanserinde uygulanan radyoterapi dozu artırımı ile hastalık kontrolündeki artış bildirilmiştir. Prostatın anatomik komşuluğunda bulunan mesane, penis kökü, femur başları ve özellikle rektum'un almış oldukları dozlardan dolayı yüksek doz vermek zorlaşır. Üç boyutlu konformal radyoterapinin (3BKRT) gelişmiş bir formu olan yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği ile tümör dozunun artırılması sağlanarak kritik organların alacağı doz azaltılabilmektedir. Özellikle YART planlarında yüksek dozlara çıkıldığı düşünülürse mesanenin dolu rektumun boş olması tavsiye edilebilir.

YART tekniği, homojen olmayan ışın yoğunluk dağılımları sağlayan, bilgisayar destekli optimizasyon temeline dayalı, daha gelişmiş bir 3 boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) şeklindedir. YART homojen olmayan ışın demetleri kullanılarak uygulanan değişik yoğunluklarda düzenlenmiş radyoterapi alanları ve alan alt brimleri (segment) kullanılması şeklindedir ve hedef hacim içinde istenildiği şekilde doz dağılımı elde edilebilir. Değişik yoğunluktaki birçok sayıdaki ışın kombinasyonu, daha yüksek tümör kontrolü, daha düşük normal doku yan etkisi oluşturacak şekilde düzenlenebilir. Bununla birlikte YART'ın kendine özgü ayrıntıları vardır. Bunlardan birisi hastaya özgü kalite kontrolüdür. YART ile tedavi olan hastaların bütün tedavi alanları tedaviden önce kontrol edilmelidir. Çok yapraklı kolimatör (ÇYK) kullanımı ile alan şekilleri tedavi planlama sistemleri tarafından otomatik olarak oluşturulabilmektedir. YART planlamalarında ışına yoğunluk

kazandıran YK hareketlerinin doğru Şekilde çalıştığını anlayabilmek için mutlaka kalite kontrol testlerinin rutin bir Şekilde yapılması gerekmektedir. Her tedavi tekniğinin kendine has avantaj ve dezavantajları vardır. YART tekniği planının hazırlanması ve kontrollerinin yapılması 3BKRT tekniğine göre daha uzun zaman almaktadır fakat YART tekniği 3BKRT tekniğine göre kritik organları daha iyi koruyarak daha yüksek dozlar vermemizi sağlamaktadır.

Bu çalıŐmanın amacı postoperatif prostat kanseri tedavisinde kullanılan 5 alanlı 3BKRT tekniği ile YART tekniklerinin hedef hacimdeki dozlarını incelemek ve kritik organlar olan rektum, mesane, penis kökü, sağ ve sol femurların almış olduğu dozları DVH yardımıyla karŐılaŐtırmaktır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kanserin Tanımı, Oluşumu ve Gelişimi

#### 2.1.1. Kanserin tanımı ve oluşumu

Vücudumuzda tüm organlar hücrelerden oluşur. Hücreler vücudumuzun en küçük yapıtaşlarıdır. Sağlıklı vücut hücreleri (kas ve sinir hücreleri hariç) bölünebilme yeteneğine sahiptirler. Ölen hücrelerin yenilenmesi ve yaralanan dokuların (vücut içi ve dışındaki) onarılması amacıyla bu yeteneklerini kullanırlar. Fakat bu yetenekleri de sınırlıdır. Sonsuz bölünemezler. Her hücrenin hayatı boyunca belli bir bölünebilme sayısı vardır. Sağlıklı bir hücre gerektiği yerde ve gerektiği kadar bölüneceğini bilir. Normalde hücrelerin büyümesi ve çoğalması bir düzen içerisinde olmakla beraber, normal hücreler sistemli bir şekilde büyür, bölünür ve ölürlü (Şekil 2.1.). Buna paralel olarak doku ve organlar da görevlerini normal olarak yapabilmektedirler. Buna karşın kanser hücreleri, bu bilinci kaybeder, kontrolsüz bölünmeye başlar ve çoğalırlar (Şekil 2.2.). Kanser hücreleri birikerek tümörleri (kitleleri) oluştururlar, tümörler normal dokuları sıkıştırabilirler, içine sızabilirler yada tahrip edebilirler. Eğer kanser hücreleri oluşturdukları tümörden ayrılırsa, kan yada lenf dolaşımı aracılığı ile vücudun diğer bölgelerine gidebilirler. Gittikleri yerlerde tümör kolonileri oluşturur ve büyümeye devam ederler. Kanserin bu şekilde vücudun diğer bölgelerine yayılması olayına metastaz adı verilir.



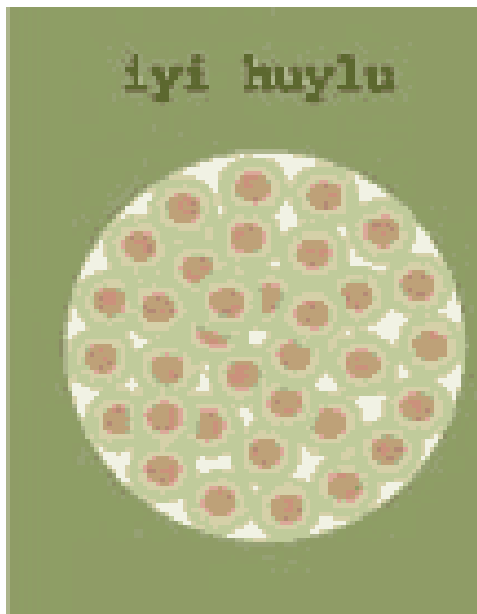
Şekil 2.1. Normal hücre bölünmesi



Şekil 2.2. Kanser hücresi bölünmesi

Kanserler oluşmaya başladıkları organ ve mikroskop altındaki görünüşlerine göre sınıflandırılırlar. Farklı tipteki kanserler, farklı hızlarda büyürler, farklı yayılma biçimleri gösterirler ve farklı tedavilere cevap verirler. Bu nedenle kanser hastalarının tedavisinde, var olan kanser türüne göre farklı tedaviler uygulanır.

Başlangıç bölgeleriyle sınırlı kalan ve yavaş çoğalan hücrelerden oluşan tümörlere iyi huylu (benign) tümör (Şekil 2.3.) adı verilir. İyi huylu tümörler metastaz yapmaz ve çok seyrek görülen istisnalar dışında yaşamsal tehlike oluşturmazlar. Kistler, siğiller, benler ve polipler benign tümörlerdir. Bunlar vücudun diğer bölgelerine yayılmazlar. Ameliyatla tamamı çıkarılınca da tekrar büyümmezler. Kötü huylu (malign) tümörler hızla büyüyen anormal hücrelerden oluşur (Şekil 2.4.). Bu tümörler diğer dokulara yayılarak oradaki normal hücrelerin yaşamını bozup bir çeşit istila yapmak eğilimindedirler. Malign hücreler, hızla üremelerini sağlayan özelliklere sahiptirler ve genetik yapıları bozulmuş olduğu için anormal proteinler üretirler. Malign hücreler bu özellikleri sayesinde, mikroskopik olarak diğer hücrelerden ayırt edilebilirler. Bu mikroskopik incelemeyi yapan bilim dalı da "Patoloji" dir.



Şekil 2.3. İyi huylu tümör



Şekil 2.4. Kötü huylu tümör

Kanser hücrelerinin kan veya lenf damarlarına geçerek kan dolaşımı ile tüm vücuda yayılması ve vücudun herhangi bir normal dokusuna girerek orada çoğalmasına metastaz, çevre dokuya göçü ve onu yıkarak ilerlemesine de invazyon denmektedir.

### **2.1.2. Kanser gelişimi**

Kanserlerin yaklaşık %80-90'ı çevresel ve/veya davranış faktörleri tarafından meydana gelir ve önlenilme potansiyeli vardır. Kalıtım yoluyla kanser meydana gelme olasılığı çevresel faktörlere oranla çok daha azdır.

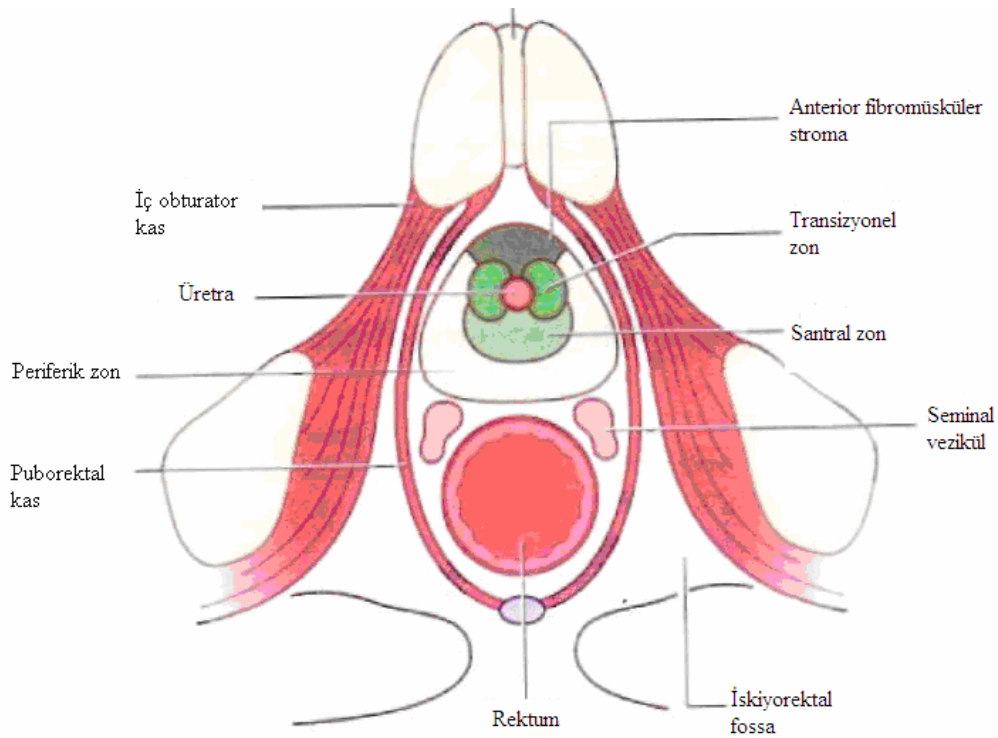
Kanser gelişiminde hormonlar, bağışıklık sistemi, genlerde oluşan kalıtsal değişiklikler, diyet faktörleri, virüsler, bakteriler ve kimyasallar önemlidir. Bu etkenler vücuttaki normal hücre programını bozarak, normal hücreyi anormal hücreye, anormal hücreyi de kanser hücresine dönüştüren zincirleme olaylar başlatır.

Farklı tipteki kanserler, farklı hızlarda büyürler, farklı yayılma biçimleri gösterirler ve farklı tedavilere cevap verirler. Bu nedenle kanserli hastaların tedavisinde, var olan kanser türüne göre farklı tedaviler uygulanır [1].

## **2.2. Prostat Kanseri ve Tedavisi**

### **2.2.1. Prostat ve anatomik yerleşimi**

Kranio-kaudal ve antero-posterior boyutları yaklaşık 4 cm ve 2.5 cm, genişliği ise ortalama 3 cm olan prostat, mesanenin inferior kısmında yerleşmiş olan ve erkek üretrasının proksimal kısmını çevreleyen fibromusküler ve glandüler bir organdır [2]. Şekli ters çevrilmiş ve sıkıştırılmış koni olarak da tarif edilebilir. Anatomik olarak gerçek pelvis içinde simfizis pubis ile rektumun ampullası arasında bulunur. Erişkinde normal ağırlığı 20 gram kadardır [3].



Şekil 2.5. Prostatın anatomik yapısı

Prostatın posterior, anterior ve 2 adet infero-lateral yüzeyi vardır. Posterior yüzey rektum ampullası önünde bulunur. Posterior yüz ayrıca üst kısımda seminal veziküller ve vas deferenslerin ampullası ile komşuluk gösterir.

### 2.2.2. Prostat kanseri

Prostat kanserinin nasıl ve neden ortaya çıktığı sorusu bugüne kadar tam olarak cevaplandırabilmiş değildir. İlke olarak yaş ilerledikçe prostat kanseri riski de artmaktadır. 50 yaşın altındaki erkekler seyrek olarak hastalanır, en yüksek hastalanma oranları 70 yaşın üstündeki erkeklerde görülmektedir [4].

Prostat karsinomunun ortaya çıkışında erkeklik hormonu olan testosteron hormonunun önemli bir rol oynadığı kesindir. Ayrıca eğer vücutta bir prostat karsinomu bulunuyorsa, testosteron verildiğinde bu kanserin büyümesinin hızlandığı da bilinmektedir. Ancak kandaki testosteron oranı ile veya kişinin cinsel davranışları

ile prostat kanseri arasında bir ilişki kurulamamıştır. Aynı şekilde bugüne kadarki araştırma sonuçları prostat bezesindeki iltihaplanmalar (prostatitis) ile bir ilişki göstermemektedir.

### **2.2.3. Prostat kanserinde risk faktörleri**

Prostat kanseri gelişmesinde etkili faktörler kesin bir şekilde belirlenememekle beraber prostat kanserinin oluşumunda etkili olan bazı risk faktörleri tanımlanmıştır. Bu faktörleri kalıtım, yaş, ırk, diyet ve kimyasal maddeler olarak sıralamak mümkündür.

#### Kalıtım

Birinci derece akrabalarında prostat kanseri bulunan kişilerde risk 2-3 kat artar. Prostat kanserlerinin %9' unda genetik yatkınlık saptanmıştır [5].

#### Yaş

Prostat kanseri tanısı alan hastaların yaklaşık %95'inde tanı 45 ile 89 yaşları (ortalama 72 yaş) arasında konulmaktadır [6].

#### İrk

Siyah ırkta beyaz ırka göre daha fazla görülme olasılığı vardır [7].

#### Diyet

Prostat kanserinin, yüksek yağ içerikli diyetle beslenme alışkanlığı olan toplumlarda daha sık, soya ürünlerinin bol tüketildiği uzak doğu ülkelerinde ise daha az görüldüğü gözlenmiştir [7].



## Kimyasal maddeler

Kimyasal maddelerden kadmiyumlu maddelerle çalışılırken kadmiyum buharının solunmasının prostat kanserine yol açtığı bildirilmiştir [7].

### **2.2.4. Prostat kanserinin oluşumu**

Prostat kanseri hücreleri prostat bezi hücrelerinden gelişir. Prostat kanserinde ilk odak bez içerisinde küçük bir nodül şeklindedir. Daha sonraki aşama da tümör prostat bezini kaplar ve prostat bezi kapsülünü geçerek çevreye yayılır. Seminal veziküllere ilerler. Ayrıca kan ya da lenf yoluyla vücudun diğer organlarına yayılır. Kan veya lenf yoluyla sıklıkla vertebralar, pelvik kemikler, kafatası ve diğer kemiklere, karaciğer ve akciğerlere yayılır.

### **2.2.5. Klinik bulgular ve tanı**

Çok sayıda kanser türlerinde olduğu gibi, prostat kanserinin de tipik erken belirtileri yoktur. Çoğunlukla biyolojik karakteri nedeni ile yavaş ilerleyen bir hastalık olduğundan prostat kanseri geç klinik belirti vermektedir. Bölgesel ağrılar, ve de idrara veya meniye kan karışması halleri de, ilerlemiş safhada tespit edilebilirler. Bu belirtiler, genellikle tümörün artık prostatın yanındaki diğer dokulara sıçradığının belirtisidir. Hastaların %75' inde zor idrar yapma şikayeti bulunmaktadır. İleri evre prostat kanserlerinin belirtileri büyüyen prostat bezinin üretrada yaptığı darlıktan kaynaklanmaktadır.

Belirtileri:

- Sık idrara çıkma,
- İdrar yaparken zorlanma,
- Gece idrara sık çıkma,
- İdrarın kalibrasyonunda azalma,
- İdrarda bazen kan görülmesi

Bazen ilk belirti, tümörün uzak organlara yayılımı ile ilgili olarak, karnın alt kısımlarında, bacaklarda ve bel bölgelerinde ağrı, halsizlik, kilo kaybı olabilmektedir.

Prostat kanserini tanısı için kullanılan üç temel tanı aracı vardır. Bunlar parmakla rektal muayene (PRM), prostat spesifik antijen (PSA) düzeyi belirlenmesi ve transrektal ultrasonografidir (TRUS). Bu yöntemlerle şüpheli olgularda biyopsi alınarak prostat kanseri tanısı koyulur.

#### **2.2.6. Prostat kanseri tedavisinde kritik organlar**

##### Mesane

İdrar için depo görevi yapan bir organdır. Büyüklüğü, şekli ve durumu bireylerin cinsine, yaşına ve içinde bulunan idrar miktarına bağlı olarak değişir. Boşken tamamen küçük pelvis içinde yer alır. Dolduğu zaman karın boşluğunda öne ve yukarıya doğru büyür.

##### Rektum

Üçüncü sakral vertebra korposu seviyesinde, kalın bağırsağın mezenterini kaybettiği yerde başlar. Üst rektumun lenfatik yolları, süperior rektal damarları takip ederek, inferior mezenterik lenf nodlarına boşalır. Orta ve alt rektumun lenfatik yolları, orta rektal damarlar boyunca devam eder ve internal iliak lenf nodlarında sonlanır. Ayrıca sağ ve sol femur başları kritik organ olarak değerlendirilmektedir.

#### **2.2.7. Prostat kanserinin evrelemesi**

Prostat kanserinin 2003 TNM evreleme sistemi [8];

Primer tümör (T)

- TX Primer tümör değerlendirilemiyor
- T0 Primer tümör bulgusu yok
- T1 Görüntüleme yöntemleri ile klinik olarak belirgin olmayan tümör
- T1a Tümör rastlantısal olarak çıkartılan dokunun %5 veya daha azını içerir
- T1b Tümör rastlantısal olarak çıkartılan dokunun %5 veya daha fazlasını içerir
- T1c Tümör iğne biopsisi sonucu tespit edilir. (PSA yüksek olduğundan)
- T2 Tümör prostatta sınırlıdır
- T2a Tümör bir lobu tutar
- T2b Tümör iki lobu tutar
- T2c Tümör iki lobu birden tutar
- T3 Tümör prostatik kapsülü aşmış
- T3a Tek veya çift taraflı
- T3b Tümör seminal veziküllere invaze
- T4 Tümör komşu dokulara invaze; Mesane, rektum, levator kaslar, pelvik duvar

Bölgesel Lenf Nodları (N)

- NX Bölgesel lenf nodu tespit edilemez
- N0 Bölgesel lenf nodu metastazı yok
- N1 Bölgesel lenf nodu veya nodlarına metastaz

Uzak Metastazlar (M)

- MX Uzak metastaz tespit edilemez
- M0 Uzak metastaz yok
- M1 Uzak metastaz var
- M1a Bölgesel olmayan lenf nodları
- M1b Kemik
- M1c Diğer

### 2.2.8. Prostat kanserinde kritik organlar için radyoterapi doz değerleri

Prostat ışınlamasında verilen doz miktarını kısıtlayan kavramlar minimum ve maksimum tolerans dozlarıdır. Normal doku ve organların tolerans sınırlarının çok üzerinde doz verilmemelidir. Prostat ışınlamasında kritik organlardan biri olan rektumun aldığı doz, volümünün; %25' i 70 Gy, %35'i 65 Gy, %50'si 60 Gy' i geçmemelidir. Mesanenin aldığı doz, volümünün; %25' i 75 Gy, %35' i 70 Gy, %50'si 65 Gy'i geçmemelidir. Femur başlarının aldığı doz, volümünün; %10' u 50 Gy, %25'i 45 Gy, %40' ı 40 Gy' i geçmemelidir [8].

### 2.2.9. Prostat kanseri tedavisi

Klinik olarak lokalize prostat kanserinde uygulanan tedavi yöntemleri radikal prostatektomi, eksternal radyoterapi veya interstisiyel brakiterapidir. Ancak bu tedavi yöntemlerinden hangisini seçeceğimizin kararında birçok faktör göz önünde bulundurulur. Hastada beklenen yaşam süresi, uygulanacak tedavinin yan etkileri, yaşam kalitesi, tümörün özellikleri ve hastanın tercihi tedavi seçiminde yol gösterecektir. Yapılan randomize çalışma olmamasına rağmen erken evre prostat kanserinde hem biyokimyasal nüks, hem hastalısız sağ kalım sonuçlarında radikal prostatektomi, yüksek doz eksternal radyoterapi ve interstisiyel brakiterapi arasında fark olmadığı görülmektedir [9].

Eksternal radyoterapide prostat kanserinin lokal kontrolünü sağlamak için 70 Gy üzeri dozlar sıklıkla tercih edilmektedir. Hanks ve arkadaşlarının 624 T3 prostat kanserli olgu ile yaptığı çalışmada 7 yıllık lokal nüks oranları 60-65 Gy radyoterapi alanlarda %36, 65-70 Gy radyoterapi alanlarda % 32, 70 Gy üzerinde radyoterapi alanlarda %24 olarak belirlenmiştir [10]. Hem daha yüksek radyasyon dozlarına çıkma ihtiyacı hem de çevredeki normal organlara daha az zarar verme gerekliliği daha kompleks radyoterapi tekniklerinin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. 3BKRT'de, BT ile hedef hacim rahatlıkla belirlenebildiği için daha sınırlı bir marjinle daha yüksek radyoterapi dozlarına çıkmak mümkün olabilmektedir. Bu tekniğin daha gelişmiş olan YART ile her bir alanda doz yoğunluğu ayarlanarak

çevrede bulunan risk altındaki organlara minimum doz verilmesi mümkün kılınmaktadır. Leibel ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, 907 prostat kanserli hasta 3BKRT ve YART ile tedavi edilmiştir. 5 yıllık lokal nüksüz sağkalım oranları 81-86 Gy doz alanlarda %96, 75 Gy doz alanlarda %86 ( $p=0.01$ ), 64.8-70.1 Gy doz alanlarda %65 ( $p=0.008$ ) olduğu görülmüştür [11]. Bu çalışma en iyi kür oranlarının 81 Gy ve üzeri radyoterapi dozları ile mümkün olduğunu göstermektedir.

### **2.2.10. Prostat kanseri radyoterapisi**

Eksternal radyoterapi de lineer hızlandırıcılardan elde edilen yüksek enerjili radyasyon demetleri (6-18 MV) kullanılır. Eksternal tedavide ışınlar, dışarıdan verildiği için, sağlam dokular da radyoterapi sahası içinde kalmaktadır. Brakiterapi ise prostat kanserinin, prostat dokusu içerisine yerleştirilen radyoaktif maddeler ile tedavi edilmesi yöntemidir.

Brakiterapi de verilen doz komşu organlara zarar vermeden prostat ile sınırlıdır. 3BKRT tümöre yüksek dozu vererek buna karşılık tümöre komşu organlarda en düşük dozun elde edilmesini sağlayan ve 2 boyutlu (2B) tedavi planlamalarının eksikliklerini ortadan kaldıran bilgisayar destekli modern bir radyoterapi teknolojisidir.

Radyoterapideki son gelişmelerden biri de YART'dir. YART tekniği, homojen olmayan ışın yoğunluk dağılımları sağlayan bilgisayar destekli optimizasyon temeline dayalı daha gelişmiş bir 3BKRT şeklidir.

#### Üç boyutlu konformal radyoterapi (3BKRT) tekniği

Prostat kanserinin tedavisi için kullanılan konformal tedavi planı 4, 5 veya 7 alanlı yapılabilir. 4 alanlı konformal tedaviler için ışınlar  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  gantri açılarında konumlandırılır. 5 alanlı konformal tedaviler için ışınlar  $0^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $265^\circ$ ,  $290^\circ$  gantri açılarında konumlandırılır. 7 alanlı konformal tedaviler için ise

ışınlar  $0^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $105^\circ$ ,  $125^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $260^\circ$ ,  $290^\circ$  gantri açılarında konumlandırılır. Alan şekillendirici olarak çok yapraklı kolimatör sistemi veya konvansiyonel bloklar kullanılır. Çok yapraklı kolimatör (ÇYK) kullanımı ile alan şekilleri tedavi planlama sistemleri tarafından otomatik olarak oluşturulabilmektedir.

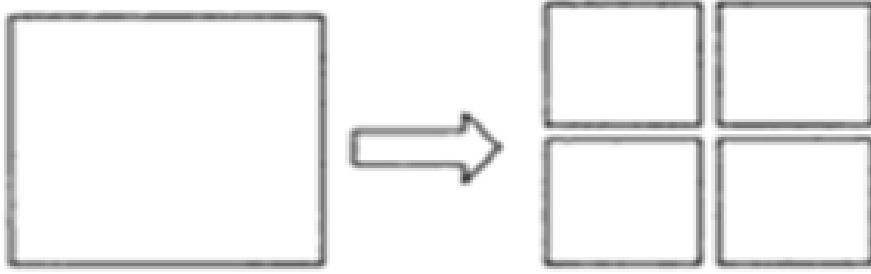
Tüm pelvis radyoterapisinde; evresi T3 – T4 tümör (lokal ileri), lenfnodu pozitif, seminal vezikül tutulumu pozitif olan endikasyonlarda. Ön – arka alan ışınlamalarında üst sınır: L5 – S1, lenfnodu pozitif ise L4 – L5 arası, alt sınır: iskiyon pubis kolu altı, yan sınırlar: kemik pelvisi 1,5 cm içermeldir. Yan alan ışınlamalarında ise üst ve alt sınır: ön - arka alan ile aynı, ön sınır: simfizis pubis önü, arka sınır: S2 – S3 vertebra arası olmalıdır.

Sınırlı alan prostat radyoterapisinde ( mini pelvis); evresi T1 –T2 tümör (erken evre), lenfnodu negatif, seminal vezikül tutulumu negatif olan endikasyonlarda. Ön – arka alan ışınlamalarında üst sınır: Asetabulum' un 1-2 cm üstü, alt sınır: obturator foramen altı, yan sınırlar: kemik pelvis içinde olacak şekilde olmalıdır. Yan alan ışınlamalarında ise üst ve alt sınır: ön – arka alan ile aynı, ön sınır: S.Pubis' in 1/2'si, arka sınır: S2 – S3 vertebra arası olmalıdır. Tedavinin uygunluğuna karar vermek için, PTV, CTV, rektum, mesane, penis kökü ve femur başları için doz hacim histogramları oluşturulur.

### Yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği

3BKRT'nin geliştirilmiş bir formu olan YART'de ana demet, hedef bölgede farklı yoğunluklar oluşturacak şekilde ayarlanmış daha küçük demetçiklere veya segmentlere bölünür (Şekil 2.6). Tüm hüzmeler için bu gerçekleştirilerek PTV' de sıcak bir spot oluşturulur. Her voksel' den yeterli sayıda ışın geçerse , her ışının ağırlığı bilgisayar desteği ile en iyi şekilde ayarlanırsa, target ve normal yapılarda istenen doz sağlanır.Bu şekilde oluşan doz dağılımının konformal tedavilerden en önemli farkı çevre kritik organların daha iyi korunabilmesidir. Bu nedenle YART hedef bölgede daha yüksek dozlara çıkabilme imkanı sağlar. Ayrıca eş zamanlı olarak farklı hedef bölgelere farklı tedavi dozları uygulanabilir. Bu özellikler göz

önüne alındığında, uzun sağ kalım sağlanan hasta gruplarında YART'nin tümör kontrolünü arttırırken tedaviye bağlı yan etkilerin en aza indirgenmesi açısından önemi ve buna bağlı olarak yaşam kalitesine katkısı olabilir.



Şekil 2.6. 2x2 cm<sup>2</sup> lik geniş ışının 1x1 cm<sup>2</sup> lik ışınçıklara bölünmesi

Günümüzde iki temel YART uygulama tekniği kullanılmaktadır. Bunlar statik YART ve dinamik YART teknikleridir. Statik teknikte tedavi planlama sisteminde (TPS) önceden belirlenen sabit lif pozisyonlarında ışınlama yapılır. Liflerin hareketi sırasında ise ışınlama yapılmaz. Dinamik teknikte ise lifler sürekli hareketlidir ve ışınlama bu sırada yapılır.

TPS'de YART tedavi planlamaları düz (forward) veya ters (inverse) planlama yöntemleri ile yapılır. Düz tedavi planlamasında (forward treatment planning) kullanıcı olası çözümü tanımlar ve planlama sistemi bu çözümü sunmaya çalışır. Ters tedavi planlaması (inverse treatment planning) ise istenilen amaç kullanıcı tarafından tanımlanır ve planlama sistemi de istenilen amaca uygun "optimal çözümü" bulur. Ters tedavi planlamasının avantajı, demet sayısı çok fazla olduğu için planlama yaparken 'deneme-yanılma' işlemine gerek kalmaz ve mümkün olan en 'optimal' plan bulunmaya çalışılır.

YART uygulama basamakları aşağıda belirtilmiştir.

- a) Hasta seçimi
- b) İmmobilizasyon ve BT simülasyon

- c) Hedef bölge ve normal dokuların belirlenmesi ve çizimi
- d) Tedavi planlaması ve optimizasyonu
- e) Plan değerlendirmesi
- f) Kalite kontrol
- g) Tedavinin verilmesi

Tedavi için seçilen hastaların YART planlamaları yapıldıktan sonra DVH'ları ve izodozları radyasyon onkoloğu tarafından değerlendirilir.

### **2.3. Tedavi Planlama İşlemi**

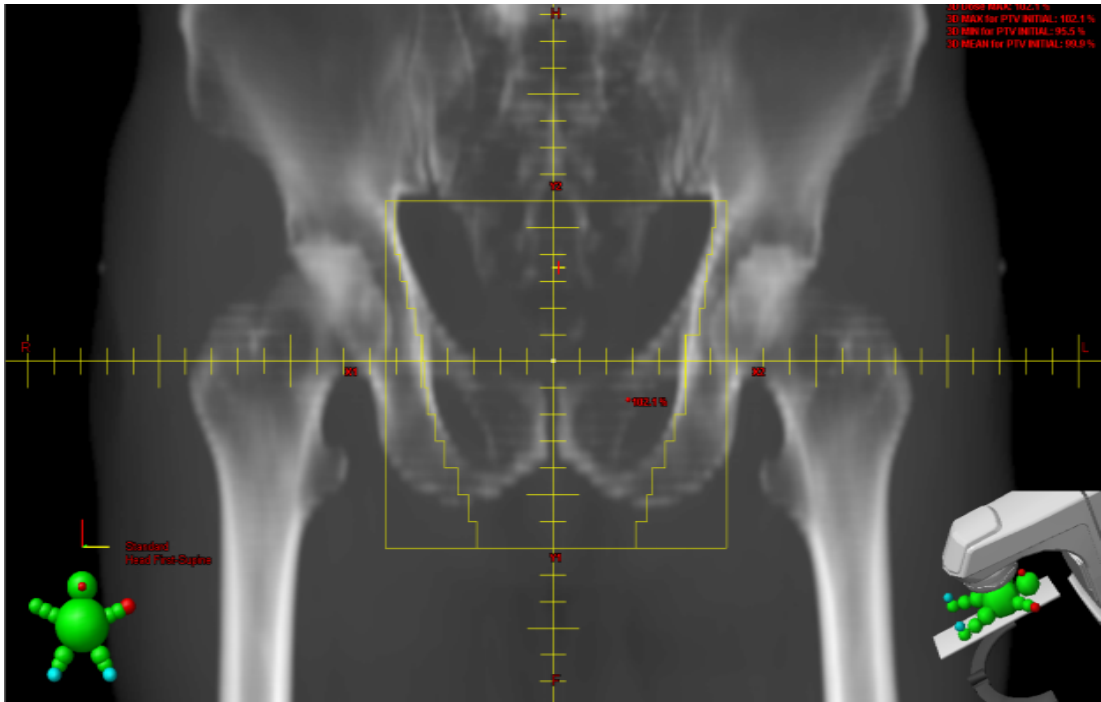
Üç- boyutlu konformal radyoterapi ve YART tedavi planlamasının en önemli özelliği, üç- boyutlu anatomik bilgi kullanılarak klinik amaçlarla uyum içerisinde doz dağılımının optimizasyonunun yapıldığı bir tedavi planlaması olmasıdır.

Görüntüleme modalitesine bağlı olarak, görülebilir tümör, kritik yapılar ve konuyla ilgili diğer yerler kesit kesit ana hatlarıyla belirtilir.

Radyasyon onkoloğu hedef hacimleri her bir kesitte, görülebilir tümörü, şüpheli tümör yayılımını ve organ hareketinden, set- up hatalarından kaynaklı belirsizlikleri içerecek şekilde pay bırakarak çizer. Hedeflerin ve ilgili anatomik yapıların çizilmesindeki bu işlem "segmentasyon" (kesitleme) olarak adlandırılır.

Demet düzenlemesi ve alanların tasarlanması için bir sonraki adım, üç- boyutlu tedavi planlamasının bilgisayar yazılımını takip etmektir. Bu sistemlerin en kullanışlı taraflarından biri, çizilmiş hacimlerin ve diğer yapıların BEV (Beam' s eye view) görünüşüne izin veren bilgisayar grafikleridir (Şekil2.7).





Şekil 2.7. Prostat BEV görüntüsü

BEV (demetin gözünden bakış) terimi, sanki radyasyon kaynağının olduğu noktadan bakılıyormuş gibi, kesitlerdeki hedefin ve demetin merkezi eksenine dik düzlemdeki normal yapıların görünüşünü belirtir. Alan kenarı ile PTV şeklinin arasındaki mesafe PTV' yi yeterince yüksek bir doz seviyesine sardırarak için belirlenir (örneğin, tanımlanmış dozun %95' i).

Bir tedavi planlamasının optimizasyonu sadece uygun alan ayarlamalarının tasarımını değil, aynı zamanda demet yönlerinin, alan sayılarının, demet ağırlıklarının ve kama filtreler, kompensatörler, dinamik çok yapraklı kolimatörler gibi değiştiricilerin yoğunluğunun ayarlanmasını da gerektirir.

### 2.3.1. Kesitlerin görüntülenmesi

Tedavi planlamasındaki kesitlerin görüntülenmesi terimi; dış hatlar, kritik normal yapılar, yapısal sınırlar gibi ilgili yapısal alanların kesit kesit belirlenmesi anlamına gelir. Kesitlenmiş alanlar değişik renklerde verilebilir ve BEV biçiminde ya da DRR

ile kullanılan diğer düzlemlerde görülebilir. Kesitleme aynı zamanda, seçilmiş ilgili alanların doz- hacim histogramlarının hesaplanması için önemlidir.

Kesitlerin görüntülenmesi en zahmetli işlerden biridir ama tedavi planlamasında önemli bir işlemdir. Bu işlem, yapıların sınırlarına yakın görüntü kontrastlarına dayanan otomatik belirleme ile desteklenebilmesine rağmen, hedef belirleme klinik karar gerektirir.

### **2.3.2. Alan çeşitliliği ve kolimasyon**

3BKRT ve YART, hedefler ve kritik yapıların her bir alan için teker teker BEV ile görülebilmesi nedeniyle, çeşitli alanların kullanımına olanak sağlar. Aynı düzlemde olmayan demet yönleri, bunların seçimi ile kritik yapılardan kaçınılabilen durumlarda yararlı olabilir. Aynı düzlemde olmayan demet kullanırken masanın gantri ile çarpışmayacağından emin olmak için masa belli açılarda döndürülür.

### **2.3.3. Plan optimizasyonu ve değerlendirilmesi**

Uygun plan için kriterler, radyasyon onkolojisinin hem biyolojik hem de fiziksel özelliklerini içerir. Uygun bir plan, tüm tümöre maksimum dozu verirken, normal dokuların tümüne minimum dozu vermelidir.

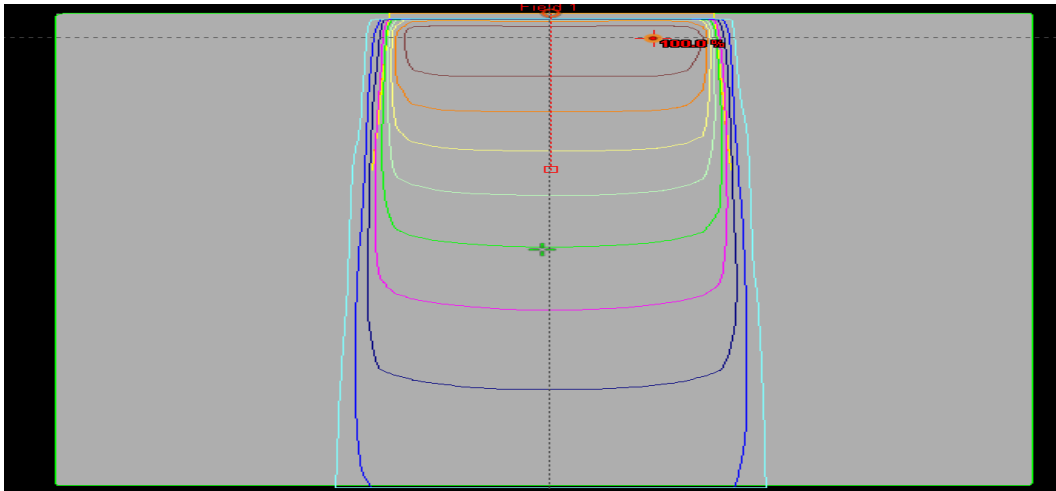
Nicel biyolojik bitiş noktalarını elde etmek için modeller, tümör kontrol olasılığı (TCP) ve normal doku komplikasyon olasılığı (NTCP) gibi biyolojik göstergeleri içerecek şekilde geliştirilmelidir. Son zamanlarda çoğu değerlendirme, hedef hacim için doz dağılımı ve kritik organların doz sınırlamaları ile belirlenen fiziksel bitiş noktaları esas alınarak gerçekleştirilmektedir.

Plan değerlendirilmesinde kullanılan bazı kavramlar:

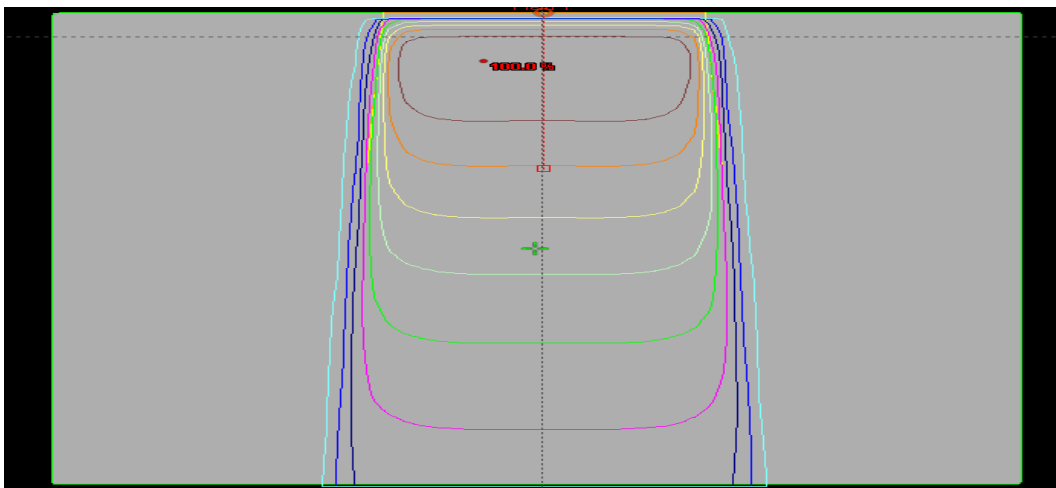
### İzodoz eğrileri

İzodoz dağılımları olarak bilinen, aynı dozu alan noktaların birleştirilmesi ile elde edilen dağılımlar radyoterapide yoğun olarak kullanılmaktadır. Bir izodoz eğrisi sabit soğurulmuş dozun bir eğrisidir. İzodoz eğrileri en çok iyon odası ve su fantomu kullanılarak elde edilmektedir.

İzodoz eğrilerinde doz, merkezi eksenenden uzaklaştıkça azalmaktadır. İzodoz eğrisinin derinliği ise enerji ile artmaktadır (Şekil 2.8., Şekil 2.9.).

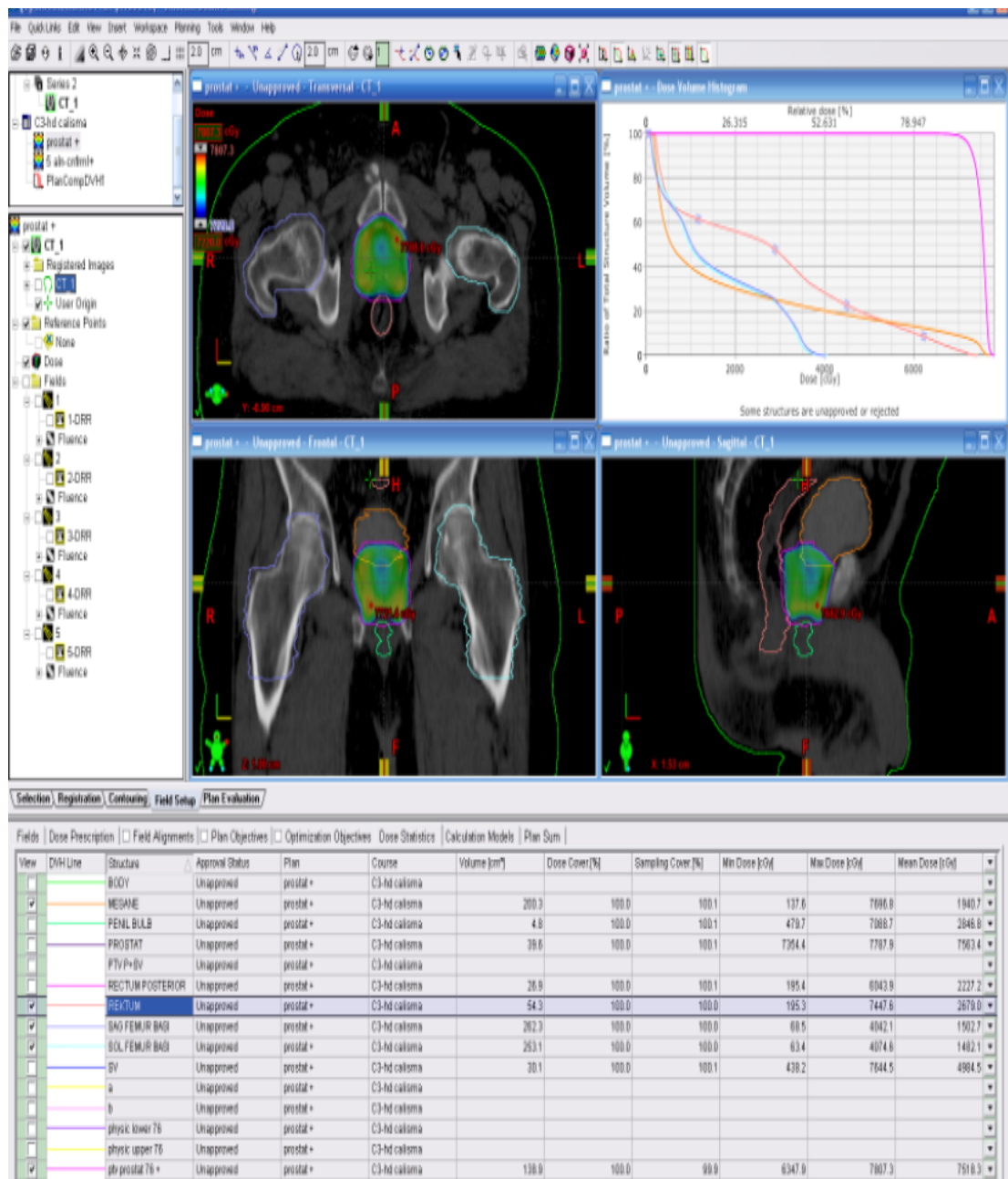


Şekil 2.8. 6 MV izodoz dağılımı



Şekil 2.9. 18 MV için izodoz dağılımı

Geleneksel olarak tedavi planları; çeşitli alanlar, demet şekillendiriciler (kama filtreler ve kompensatörler gibi) , demet yüklemesinin kullanılmasıyla ve uygun demet yönlerinin seçilmesiyle optimize edilir. Denenen planların doz dağılımları; tek tek kesitlerdeki, ortogonal düzlemlerdeki (transversal, sagittal ve frontal gibi) ya da üç- boyutlu izodoz yüzeylerindeki izodoz eğrilerine bakarak değerlendirilir (Şekil 2.10.). Sonraki işlem, bir hacmi saran yüzeydeki doz değerinin belirlenmesidir.

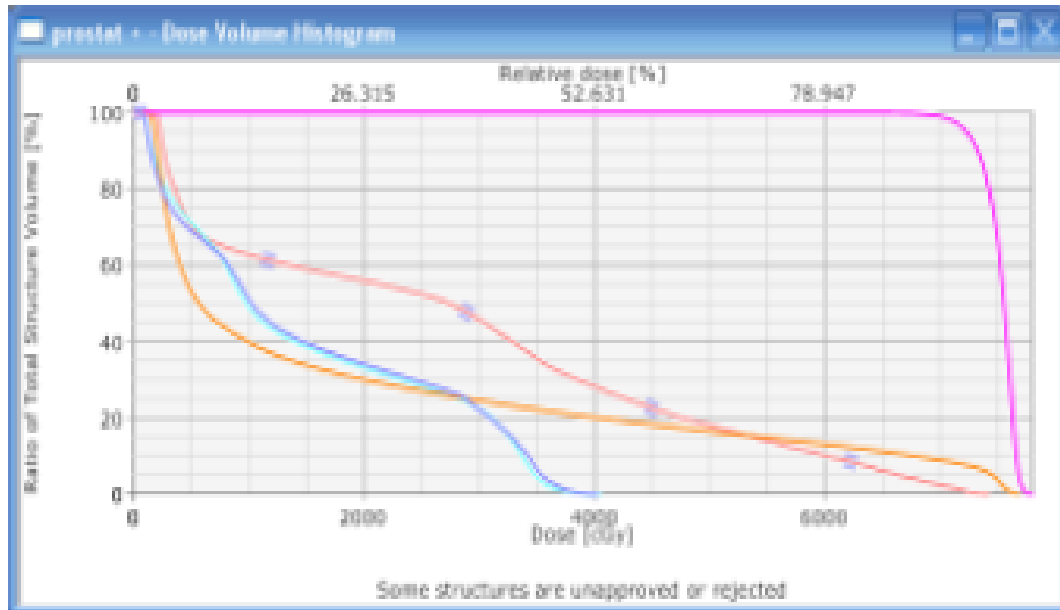


Şekil 2.10. Doz dağılımlarının üç boyutlu görünümü

### Doz- hacim grafiği

Doz- hacim histogramları, 3BKRT ve YART planlamasında, hastanın anatomisine ait doz dağılım bilgilerinin elde edilmesini sağırlar. Üç- boyutlu doz dağılımındaki tüm bilgilerin özeti niteliğindedir. Basitçe, tanımlanan hacimlerde doz değerlerinin dağılım frekanslarını temsil eder. Genellikle toplam hacim yüzdesi olarak görüntülenir. Normal doku komplikasyon olasılığının (NTCP) hesaplanmasında kullanılırlar.

Bir doz -hacim histogramı sadece, ne kadar hacimde ne kadar doz soğurulduğuyla ilgili nicel bilgiyi sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ilgili her bir anatomik yapı için tek bir eğri ile tüm doz dağılımını özetler. Bu nedenle bu, verilen planın değerlendirilmesi ya da denenen planların karşılaştırılması için önemli bir araçtır.



şekil 2.11. Doz hacim grafiği (DVH)

### Hacim kavramları

Radyasyon tedavisinde tümör için en uygun ışını, toplam fraksiyon başına dozu seçmek ve seçilen ışını en uygun teknikle tümör alanına ulaştırmak tümör hücrelerini

öldürürken normal dokuları korumak önemlidir. Radyasyon tedavisinde iyi bir tedavi planlamasının yapılabilmesi için çeşitli tümör hacim kavramlarının iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu konuda yayınlanan raporlarda tanımlamalar yapılmıştır [12]. Bu hacim kavramları:

Görüntülenebilir tümör hacmi (Gross Tumor Volume, GTV)

Klinik hedef hacim (Clinical Target Volume, CTV)

Planlanan hedef hacim (Planning Target Volume, PTV)

Tedavi hacmi (Treated Volume, TV)

Işınlanan hacim (Irradiated Volume, IV)

Riskli organ (Organ at Risk, OR)

#### Görüntülenebilir tümör hacmi (GTV)

Görüntülenebilir tümör hacmi tanımlanabilir, sınırları belirgin kitlenin bulunduğu ve malign büyümenin gerçekleştiği bölgedir. Genişliği ve miktarı bilgisayarlı tomografi, nükleer manyetik rezonans görüntüleme, radyografi gibi farklı görüntüleme teknikleri aracılığı ile belirlenmektedir.

#### Klinik hedef hacmi (CTV)

Klinik hedef hacim (CTV), tanımlanabilir tümör hacmi ve/veya yok edilmesi gereken subklinik malign hastalığı içeren doku hacmidir. Radyoterapinin amacına ulaşabilmesi için bu hacmin tamamen tedavi edilmesi zorunludur. GTV' nin marj verilmiş halidir.

#### Planlanan hedef hacim (PTV)

Planlanan hedef hacim (PTV), tedavi planlaması için kullanılan geometrik bir kavramdır. Ayrıca bu tanım önceden belirlenen ve hedef hacme verilmek istenen doz için uygun demet yerleşiminin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

### Tedavi hacmi (TV)

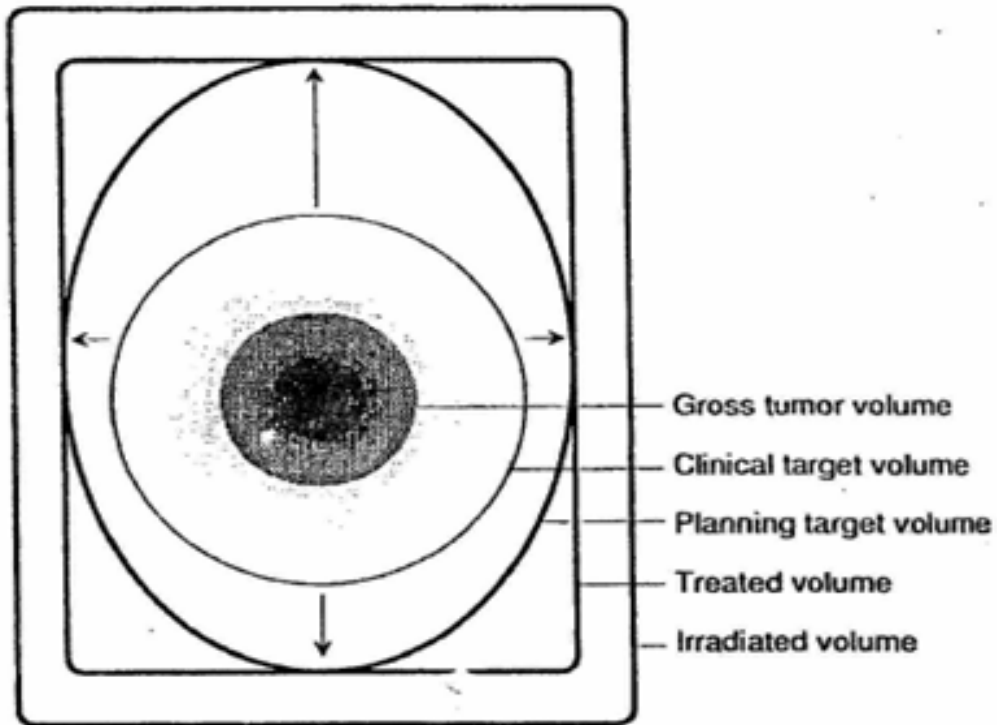
Tedavi hacmi, tümör tedavisinin başarılı olması için belirlenen dozun planlanan hacme verilmesi sırasında radyasyon onkolojisi ekibinin kabul edilebilir komplikasyonlara neden olabilecek doz sınırı içinde değerlendirdiği miktarda doz alan doku hacmidir.

### Işınlanan hacim (IV)

Işınlanan hacim, normal doku toleransına göre kayda değer miktarda doz alması beklenen doz hacmidir.

### Riskli organ (RO)

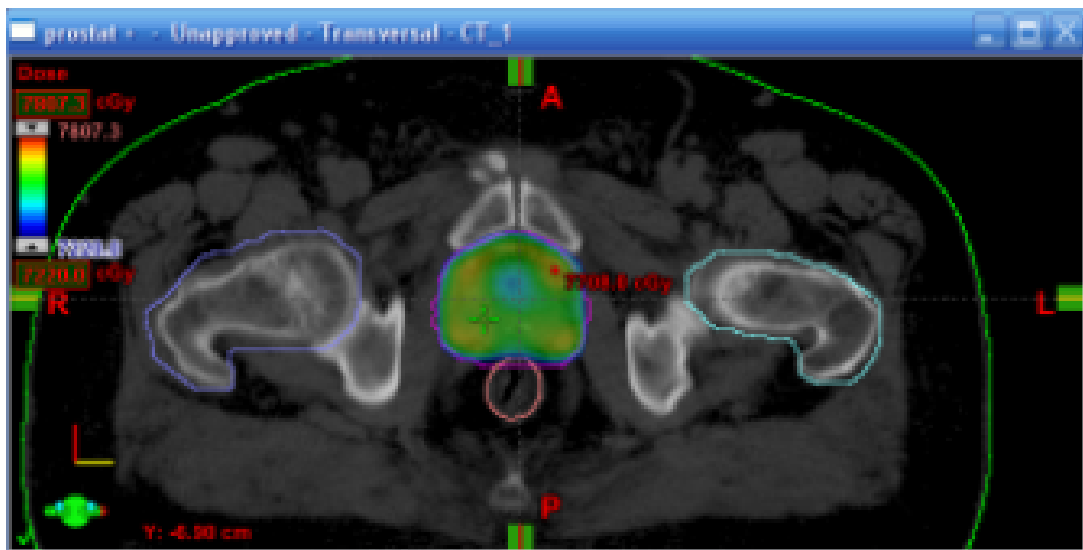
Riskli organ (kritik normal yapı), radyasyon duyarlılığı tedavi planlamasını ve önceden belirlenen dozu etkileyen normal dokular.



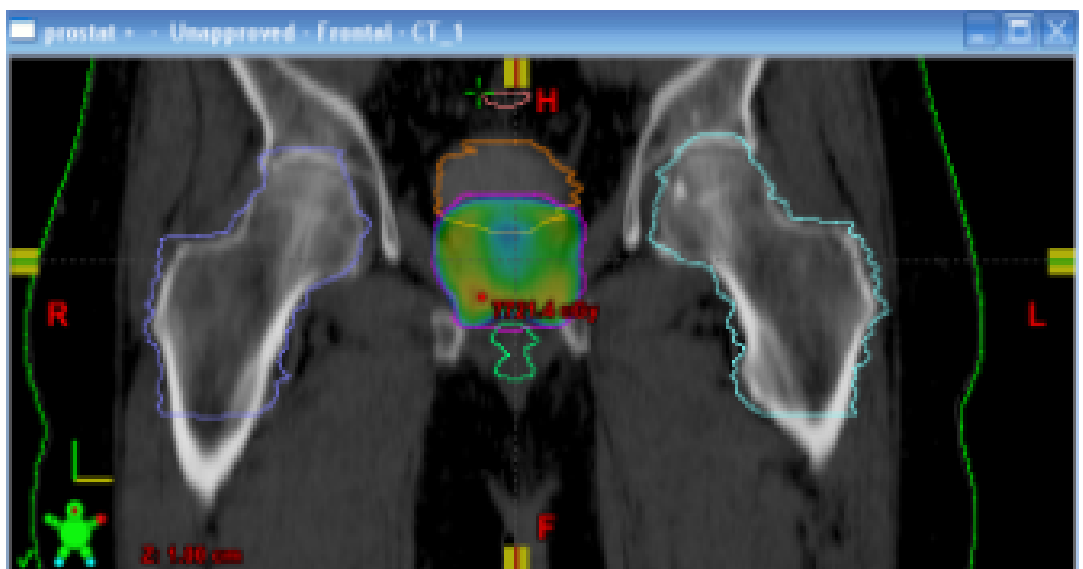
Şekil 2.12. Hedef hacimler

### Merkezi kesit görüntüsü

Üç- boyutlu planlama yapılırken tedavi edilecek anatomik bölgenin çekilmiş BT görüntüleri içinden PTV' nin merkezi kesiti (genelde PTV hacminin ortasına gelen kesit seçilir.) , merkezi kesit görüntüsü olarak seçilir. Tüm demet girişleri, alan şekillendirmeleri gibi planlama işlemleri bu kesitte yapılır. Diğer BT kesitlerine de bakılarak ışın alanına giren yapılar kontrol edilir(Şekil 2.13., Şekil 2.14., Şekil 2.15.).

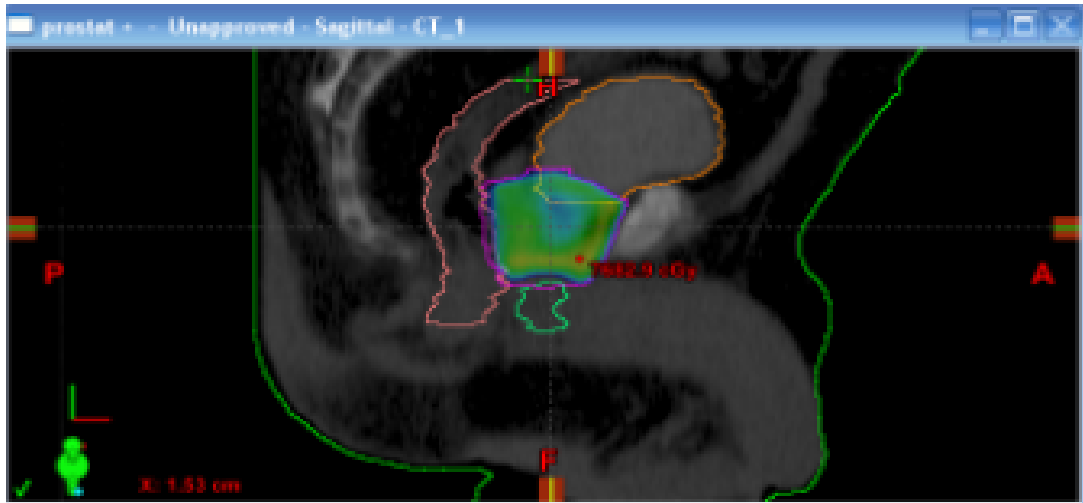


Şekil 2.13. Transversal merkezi kesit görüntüsü



Şekil 2.14. Frontal merkezi kesit görüntüsü





Şekil 2.15. Sagittal merkezi kesit görüntüsü

Üç- boyutlu planlama sistemi, çekilen BT’deki her bir kesitte tümör hacminin ve kritik normal yapıların dış konturlarının girilmesi ile oluşturulan üç- boyutlu görüntüye her açıdan bakma fırsatı verir.

## 2.4. Planlamada Kullanılan Cihazlar

### 2.4.1. Bilgisayarlı tomografi (BT)

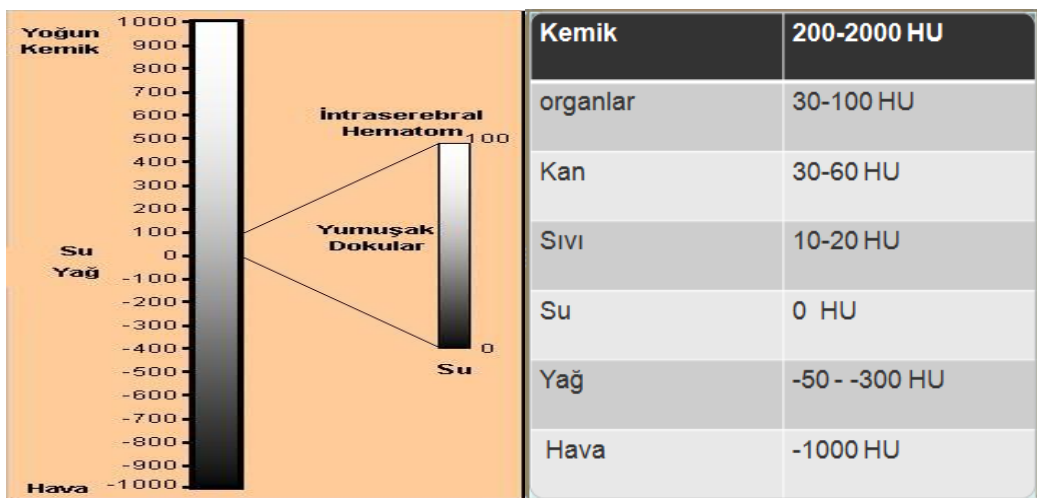
Bilgisayarlı tomografide, x-ışını tüpü kullanılarak, belirli bir derinlikteki obje görüntülenmektedir. Temelde dar ışın veren x-ışını tüpü ile hastanın karşısındaki radyasyon detektörü beraber hareket ederek tarama yapmaktadır. BT’de yüksek kalitede görüntü elde edilebilmektedir. Bilgisayarlı tomografide kesit görüntünün alınabilmesi, röntgen tüpü ve görüntü alıcıların (dedektör) hastanın etrafında döndürülmesi ile sağlanmaktadır.

- Bir x ışını yöntemidir
- Vücut kesitler şeklinde görüntüler
- X ışını demetinin inceltirerek çizgisel şekilde düşürülmesi ile kesitsel görüntüleme sağlanır
- Vücudun ince bir dilimi görüntülenir

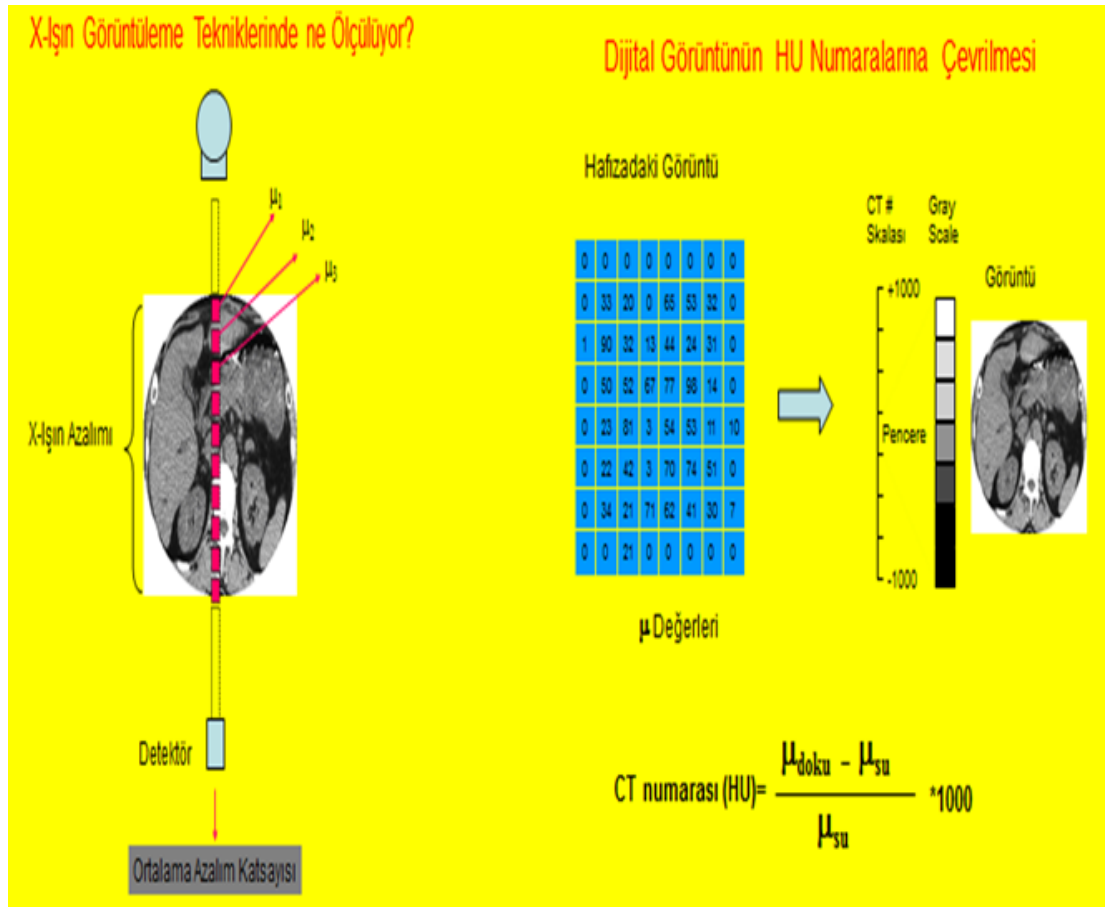
BT' de görüntü oluşumu; X-ışını tüpünün, kesit düzlemi çevresinde 360 derece dönerek dar bir X-ışını demeti göndermesidir. X-ışınları vücuda gönderilirken ölçülür, vücudu geçtikten sonra ölçülür, aradaki fark hesaplanarak detektörlerin karşısına gelen dokunun X-ışınını ne oranda tuttuğu bulunur ve görüntü bu çok sayıdaki ölçümlerden karmaşık bilgisayar işlemleriyle oluşturulur. Burada dedektör filmin yerine geçmiştir.

Bilgi dijital görüntüye dönüştürülür. BT görüntüsü bir çok sayısal veriden oluşur. Bu sayısal noktacık şeklindeki verilerin en küçüğüne piksel denir. Yani görüntüyü oluşturan, iki boyutlu her bir resim elemanına denir. Verilerin derinliği de hesaba katılırsa oluşan en küçük hacim elemanına voksel denir.

Dedektörlerin ölçtüğü ve dijitalize ettiği değerler, bilgisayarlar aracılığıyla her vokselin X-ışınlarını tutma değerlerine dönüştürülür. Her bir pikseli temsil eden rakamsal değerler kendisine karşılık gelen renk tonu ile renklendirilir. Bilgi grinin tonları halinde görülebilir hale gelir. Bu işlem suyun X-ışınını tutma değerini 0 kabul eden, bir ucu -1000 diğer ucu +1000 olan bir cetvele göre yapılır. Bu cetvele, yöntemi geliştirenlerden biri olan İngiliz fizikçisi Hounsfield'den dolayı Hounsfield cetveli ve bu cetveldeki sayılara da BT numarası veya Hounsfield Unit (HU) adı verilir.



Şekil 2.16. Hounsfield cetveli



Şekil 2.17. Dijital görüntülerin Hounsfield cetvelinde numaralandırılması

#### 2.4.2. Tedavi planlama sistemi (TPS)

Tedavi planlama sistemi özel bir monitör, film tarayıcı, ışıklı bir dijital yazıcı, yazıcı ve çizici gibi donanımlardan oluşan iki ya da üç boyutta planlama yapabilen ve belirli bir program altında çalışabilen yazılımdan oluşan bir sistemdir. Bilgisayar ortamında farklı enerjilerde farklı kaynak cilt mesafelerinde (SSD), istenilen alan boyutlarında foton ya da elektron demetleri oluşturmak ve bu demetleri farklı tedavi teknikleri kullanarak hastaya yöneltmek ve ışınlanan bölgedeki doz dağılımlarını elde etmek mümkündür.

Planlama sistemi içerdiği özel algoritmalar yardımıyla, sisteme önceden girilen ışınlama cihazına ait demet enerjisi, doz verimi, derin doz yüzdesi (%DD), doku-hava oranı (TAR), saçılan-hava oranı (SAR), doku-maksimum oranı (TMR), kolimatör saçılma faktörü ( $S_c$ ) ve fantom saçılma faktörü ( $S_p$ ) gibi dozimetrik

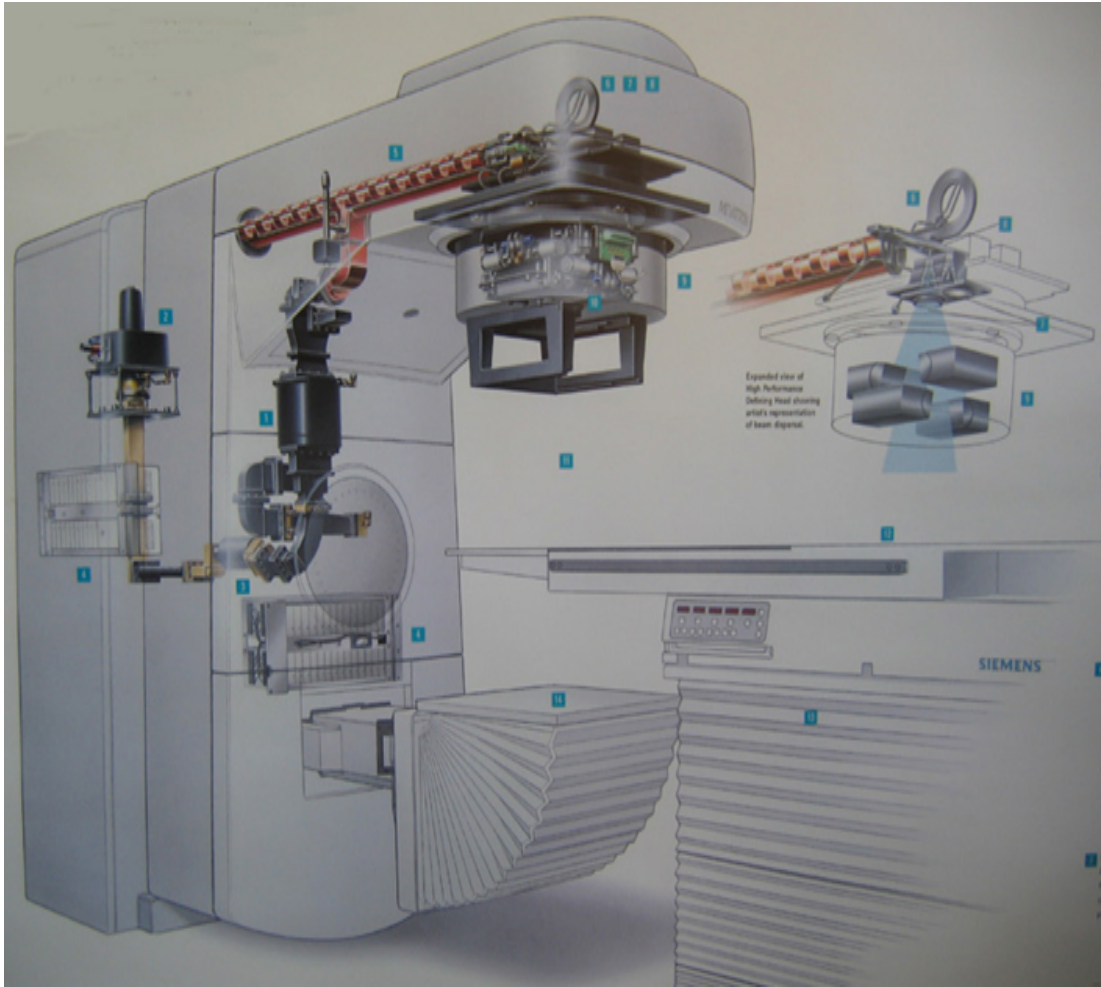
parametrelerden gerekli olanlarını, sonradan girilen hedefe (yani hastaya), tedavi tekniğine (eksternal, brakiterapi, ark vb.), ışınlamaya (enerji, alan boyutu, SSD vb.) ait parametreleri ilişkilendirerek doz hesabı yapmaktadır. Bu hesaplamalar sonunda, radyasyonun hedef içindeki dağılımı, komşu doku ve organlar ile tümörün alacağı doz belirlenebilmektedir.

Planlama sistemine tedavide kullanılan cihaza ait dozimetrik parametreler kuruluş aşamasında yüklenmekte ve periyodik olarak kontrol edilmektedir. Hastaya ait bilgiler ise tedavi aşamasında, hastaya ait kontur, bilgisayarlı tomografi, simülasyon filmi, radyografik görüntü vb. kaynaklardan uygun bir biçimde girilmektedir.

Hastanın ışınlanacak bölgesinde yer alan kritik organlar, tümör hacmi ve ışınlanması planlanan hedef hacim belirtilmelidir. Daha sonra istenilen özelliklere sahip foton ya da elektron demetleri oluşturularak, hedef bölge üzerine gönderilmektedir. Yazılım girilen tüm bilgileri göz önünde tutarak istenilen dozimetrik hesaplamaları gerçekleştirmektedir.

### **2.4.3. Lineer hızlandırıcı**

Lineer hızlandırıcılar, doğrusal bir tüp sayesinde elektronlar gibi yüksek enerji yüklü parçacıkları hızlandırmak için yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalardan yararlanan cihazlardır. Yüksek enerjili elektron demetinin kendisi yüzeysel tümörlerin tedavisi için kullanılabilirken, bir hedefe çarptırılmaları sonucu elde edilen yüksek enerjili x ışınları, derin yerleşimli tümörlerin tedavisinde de kullanılabilir. Çalışma prensibi basitçe şu şekilde özetlenebilir: Modülatör olarak adlandırılan birim, bir doğru akım (DC) güç kaynağı tarafından beslenir ve yüksek voltaj sinyalleri oluşturur. Sinyaller eş zamanlı olarak elektron tabancasına da verilir [13].



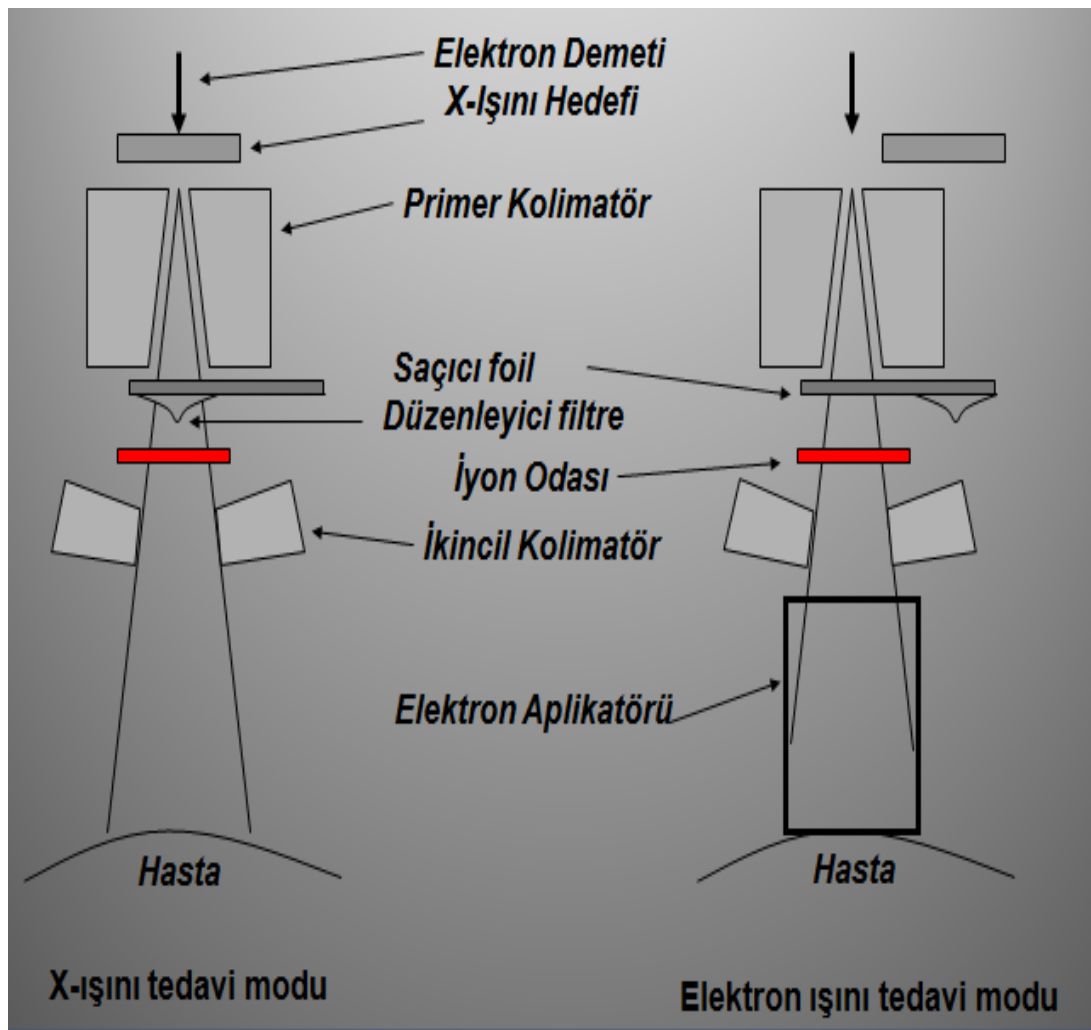
Şekil 2.18. Siemens mevatron cihazının yapısı

*Magnetron* veya *klystron* denilen dalga üreticileri tarafından oluşturulan mikrodalgalar, hızlandırıcı tüp içine gönderilir. Her sinyal içerisindeki mikrodalgaların frekansı 3000 MHz'dir ve elektron tabancası ile üretilen elektronlar da hızlandırıcı içerisine enjekte edilir.

Elektronlar, yaklaşık 50 keV' lik enerjiyle hızlandırıcı yapı içine enjekte edildiklerinde mikrodalgaların elektromanyetik alanlarıyla etkilenirler. Elektronlar, tıpkı bir sörfçüye benzer hızlanma işlemiyle sinüzoidal elektrik alanından enerji kazanırlar.

Yüksek enerji elektronları, hızlandırıcı yapının çıkış penceresinden çıktıklarında yaklaşık 3 mm çaplı bir kalem ışın şeklindedirler.

Elektronlar hızlandırıcı yapı ve hedef arasında (genellikle  $90^\circ$  ve  $270^\circ$ ) uygun bir açı boyunca eğilirler. Elektron demetinin tam eğimi, saptırıcı mıknatıslar, odaklama bobinleri ve diğer bileşimlerin bir araya gelmesi ışın taşıma sistemi tarafından gerçekleştirilir. İstenilen ışının oluşturulması ve dışarıya ulaştırılması aşamasında magnetron, klystron, tedavi başlığı, hedef düzleştirici filtre, ışın kolimasyonu ve denetimini sağlayan bölümler önem arz etmektedir. Işının en son dışarıya çıktığı kısım olan *gantri* lineer hızlandırıcıların radyasyon kaynağını düşey bir eksende döndürme avantajını sağlayan parçasıdır. Gantri dönerken kolimatör eksenini ışın merkezi eksenine uyuşacak şekilde dikey ekseninde hareket eder. Kolimatör eksenine gantri ekseninin kesişim noktası eşmerkez olarak adlandırılır ve tedavi için çok önemli bir anlam ifade eder (12).



Şekil 2.19. Gantri'nin iç yapısı

## **2.5. Radyoterapinin Kalite Kontrol Testleri**

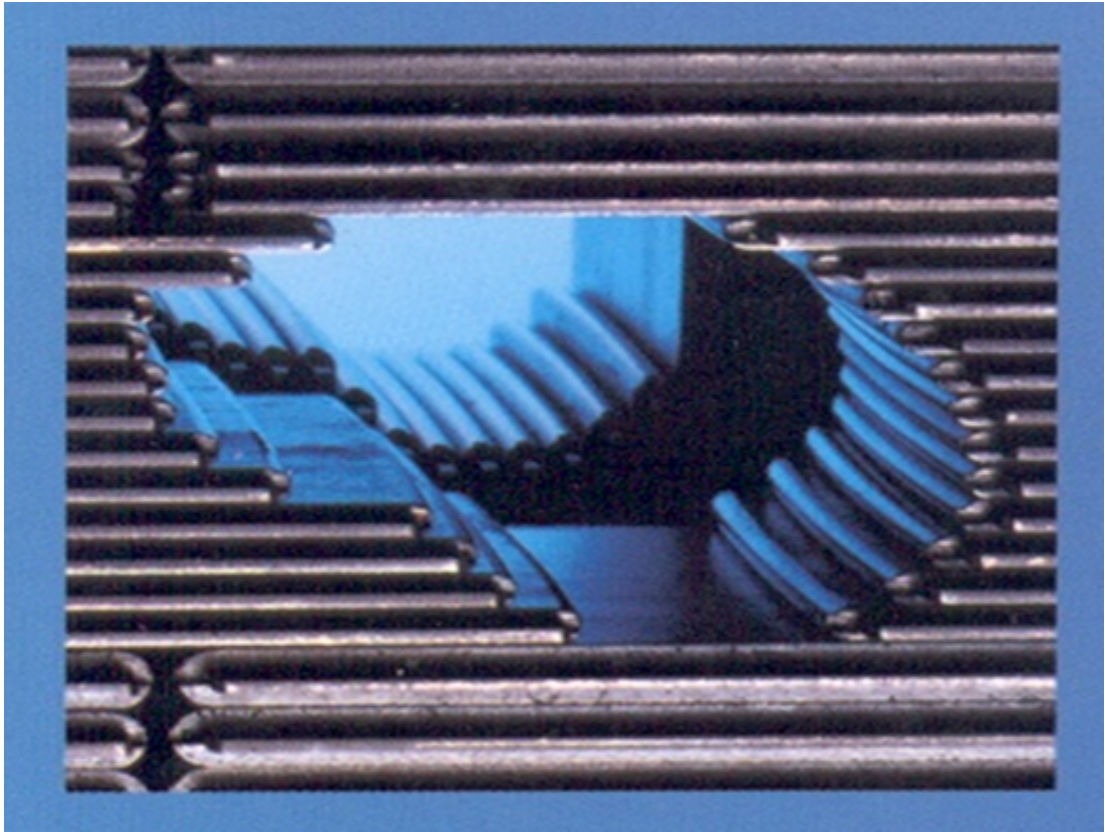
Radyoterapi uygulamalarının başarısı hedef hacime ve normal dokulara verilen dozların planlanan tedavi dozları ile aynı olmasına bağlıdır. Hedeflenen tedavi planlama dozunun aynı doğrulukta hastaya verilmemesi tümör kontrol oranının azalmasına, yeni rekürrenslerin ortaya çıkma olasılığının artmasına veya normal dokularda komplikasyon gelişmesine neden olmaktadır. Tedavilerin doğruluğu için doz hesabında kullanılan parametrelerin hassas bir şekilde ölçülmesine ek olarak ışınlanan alan ve verilen doz için çeşitli yöntemlerle kalite kontrol testlerinin yapılması gerekmektedir.

### **2.5.1. Lineer hızlandırıcı cihazının kalite kontrol testleri**

Tedavinin uygulanacağı cihazın mekanik ve dozimetrik ölçümlerinin kontrolünü içeren testlerdir. Bu testler kapsamında cihazın hem mekanik ölçümleri yapılmalı hem de doz verimi kontrol edilmelidir. YART tekniği kullanılacak ise bu testlere ek olarak cihazın doğrusalığına, düşük monitör ünitlerde (MU) profil ve simetri değerlerinin limitler içinde olup olmadığına da bakılması gerekmektedir.

### **2.5.2. Çok yapraklı kolimatör sisteminin kalite kontrol testleri**

Modern lineer hızlandırıcılarda ikincil hareketli kolimatör yapısının yerine artık çok yapraklı kolimatörler (ÇYK) kullanılmaktadır. ÇYK'lerin yanı sıra ÇYK'lerin altında sızıntıyı önlemek için ek diyaframlar bulunmaktadır (Şekil 2.20.). Demet şekillendirmede kullanılan ÇYK sistemi 3BKRT ve YART için iki önemli sebepten dolayı gereklidir. Birincisi, sadece hedef hacmi ışınlarken ışınlanan sağlıklı dokuların hacmini azaltmak ve bununla beraber tolerans dozlarını arttırmaktır. İkincisi ise normal doku komplikasyonlarını azaltmaktır. Çok yapraklı kolimatör sadece konformal tedavi için geliştirilmiş bir teknoloji değildir. Çoklu alanlar, küçük alanlar, eş zamanlı ek doz alanları ve serrobend blokların kullanıldığı tüm alanlar için demet şekillendirmede kullanılabilir.



Şekil 2.20. Çok yapraklı kolimatör

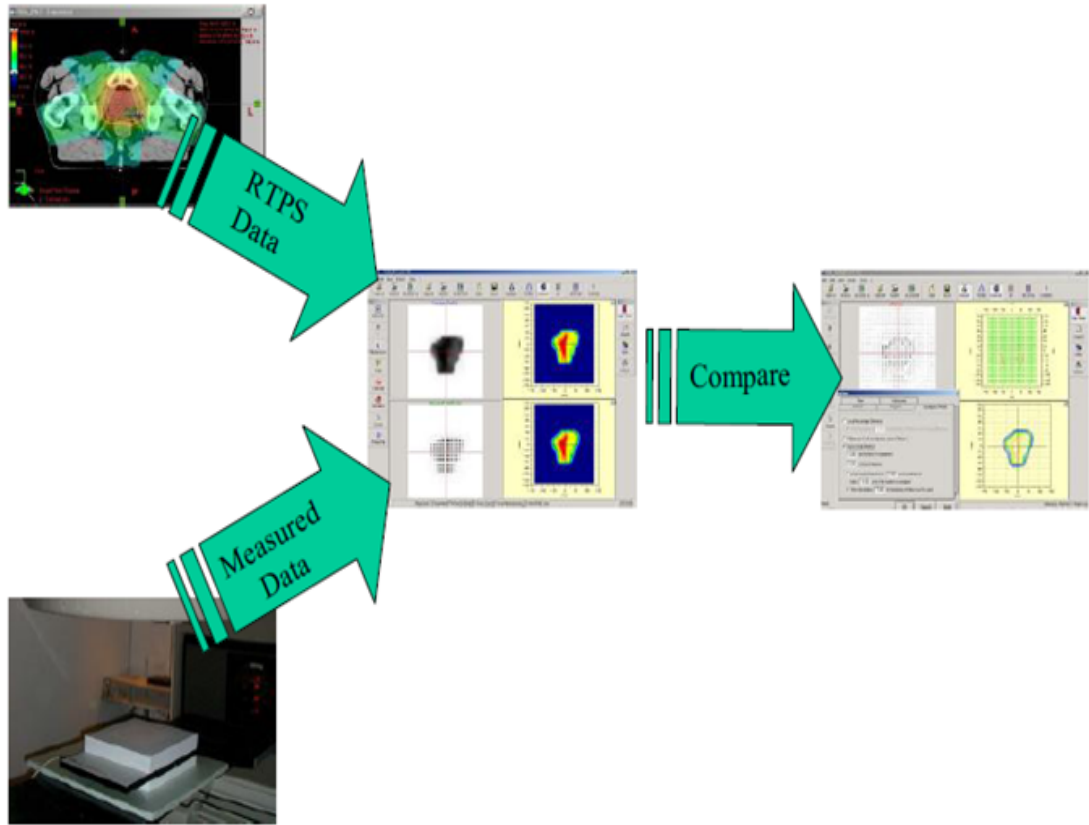
YART için gerekli olan dinamik kolimatör hareketi bilgisayarlı ÇYK kontrolü sayesinde sağlanmaktadır. Üç boyutlu yoğunluk ayarlı doz ve kolimatör hareketi hesabı yapabilme yeteneğine sahip tedavi planlama sistemi ile doz dağılımı oluşturulduktan sonra ÇYK pozisyon ve durma süresi bilgileri lineer hızlandırıcıya aktarılır ve tedaviye başlanır.

### 2.5.3. Hastaya özel kalite kontrol testleri

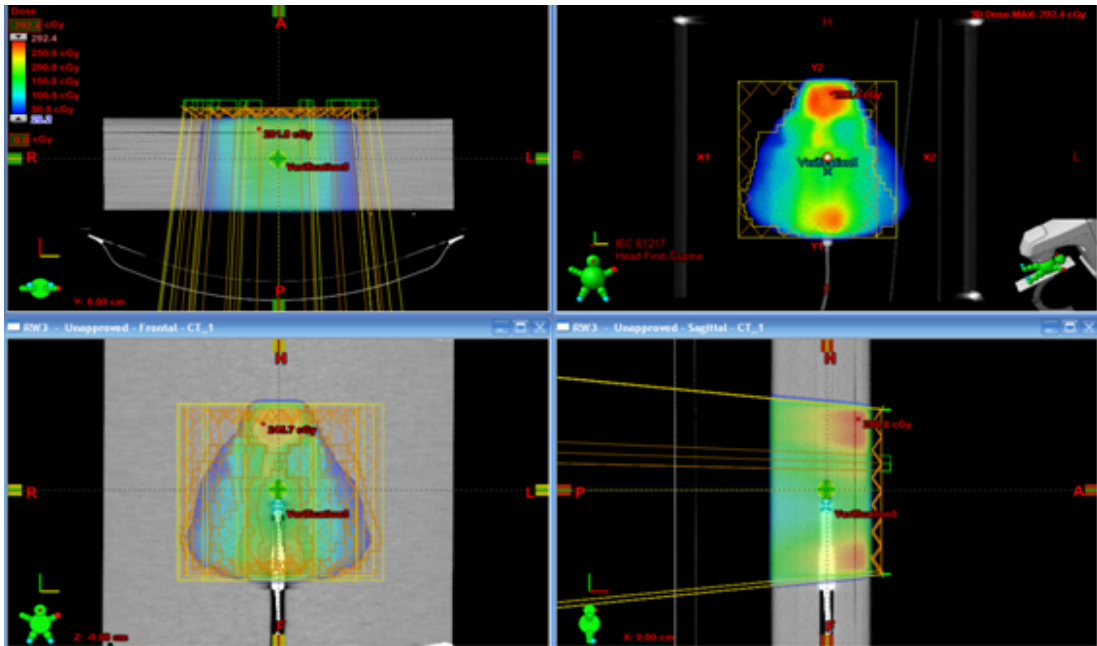
YART tekniği ile yapılan planlamaların doğruluğunu kontrol etmek için daha önceden BT'de taranan YART fantomu üzerine hastanın planı taşınır. Farklı dozimetre sistemleri ile ölçümler alınarak TPS'den elde edilen planla karşılaştırılır. Böylece TPS'de planlanan doz ile cihazda ölçülen doz arasındaki fark bulunur. Tedavinin uygunluğuna bu farka bakılarak karar verilir (Şekil 2.21., Şekil 2.22.).



Tedavinin uygunluğuna bu farka bakılarak karar verilir (Şekil 2.21., Şekil 2.22.).



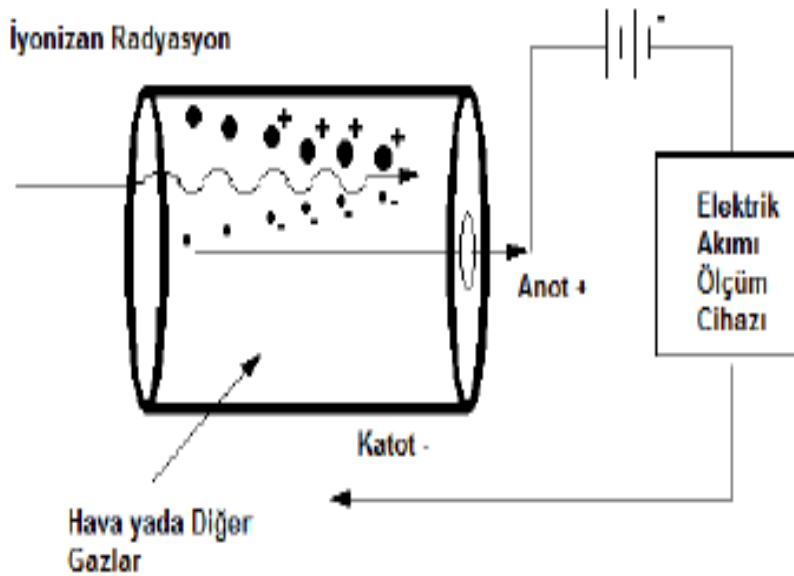
Şekil 2.21. 2D- ARRAY seven29 linear array ölçümü



Şekil 2.22. Nokta doz ölçümü düzeneği

#### 2.5.4. İyon odaları

Radyasyon dedektörlerinin pek çoğu dedektöre gelen radyasyonun oluşturduğu iyonları veya elektronları ayırmak ve saymak için bir elektrik alan kullanır. Bu dedektörlere en basit örnek iyon odalarıdır. Bunlar plakalarının arasına gaz doldurulmuş paralel düzlem kondansatörlerdir. Plakalar arası elektrik alanı ile iyonların elektronlarla tekrar birleşmesini engeller. Radyasyona maruz kalan gaz iyonize olur. İyonize olan gazın iyon çiftleri elektrik alanın etkisiyle zıt yönlerde hareket ederler ve detektörün katodu ile anodunda toplanırlar (Şekil 2.23). Katoda ve anoda ulaşan iyonlar sinyal ve akım oluşmasına neden olurlar. Oluşan akımın bir elektrik akım ölçüm cihazı tarafından kaydedilmesi ile radyasyonun oluşturduğu iyonlaşma tespit edilmiş olur.



Şekil 2.23. İyon odalarının şematik görünümü

#### 2.5.5. Film dozimetrisi

Film dozimetrisi bilinen dozlarla filmin ışınlanmasından sonra meydana gelen kararım miktarlarının oluşturduğu kalibrasyon eğrisini kullanarak verilen dozu ve dozun iki boyutlu dağılımını belirleme yöntemidir. Işınlanan doz değerleri ile buna karşılık gelen optik yoğunluk film dozimetrisinin temelini oluşturur.

### **2.5.6. Radyokromik film**

En yaygın olarak kullanılan türü gafkromik filmdir. Radyokromik film radyasyona maruz kaldığında polimerleşen özel bir boya içerir. Polimer ışığı soğurur ve filmde geçen ışık uygun bir dansitometre ile ölçülebilir. Radyokromik film kendinden gelişen ve herhangi bir cihaz ya da kimyasala ihtiyaç duymayan bir film türüdür. Radyokromik film taneciksiz olduğu için yüksek çözünürlüğe sahiptir ve dozun keskin değişim gösterdiği bölgelerde dozimetrik amaçlı kullanılabilir [14]. Renk değişikliği soğrulan dozla orantılıdır ve bu doz spektrofotometre, dansitometre veya film tarayıcı gibi optik ölçüm sistemleri ile ölçülebilir [15].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi Bölümü'nde bulunan Siemens marka Primus model 82 yapraklı lineer hızlandırıcı cihazı, Siemens marka emotion model bilgisayarlı tomografi cihazı, Eclipse tedavi planlama sistemi (TPS) kullanılmıştır.

Çalışmamda 10 prostat kanserli hasta için 5 alan 3BKRT ve YART şeklinde olmak üzere her bir hastaya iki ayrı plan yapılmıştır. Hedef doku ve kritik organlar klinikteki bir radyasyon onkoloğu tarafından ICRU kriterlerine uygun olarak çizilmiştir. Hedef doku PTV ve kritik organlar olarak da rektum, mesane, penis kökü, sağ femur ve sol femurun aldığı dozlar ayrı ayrı ve her iki planın 10 hasta ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.

Planlama yapılırken 3BKRT için planlanan hedef hacimlere çok yapraklı kolimatörlerle 5mm marj verilmiştir. 5 alanlı 3BKRT tekniğinde her hasta için sabit gantri açıları seçilerek koşulların aynı olması sağlanmıştır.

Hastalar için prostat derin yerleşime sahip bir organ olduğundan 3BKRT tekniğinde 18 MV foton enerjisi kullanılmıştır. YART tekniğinde ise artan foton enerjileri ile oluşma olasılığı artan nötron oluşumunu daha aza indirmek için 6 MV foton enerjisi tercih edilmiştir. Bunun en önemli nedeni ise YART tekniğinde hedefe daha çok alancıkla tedavi verildiği için yüksek süreler gereksinmesidir. Bununla birlikte 3BKRT planlarında alan ağırlıkları da her hasta için aynı alınmıştır. Hastalara deneysel olarak iki teknik içinde günde 2 Gy'den 38 fraksiyon olmak üzere toplamda 76 Gy doz verilmiştir. Her planda RTOG'nin doz limitleri sağlanmaya çalışılmıştır.

Yapılan planlamalar sonucunda 10 hastanın planlanan hedef hacimleri, kritik organlardan rektum,mesane, penis kökü, sağ ve sol femurların aldıkları dozlara karşılık gelen hacimler tablolar şeklinde hazırlanmıştır. Bunun yanında her iki plan içinde tanımlı bütün organların doz hacim grafikleri çizilerek karşılaştırılmıştır.

### 3.1. Siemens Primus Lineer Hızlandırıcı

Bu tez çalışmasında kullanılan Siemens Primus lineer hızlandırıcı cihazı, 6 MV ve 18 MV foton enerjilerine, 6, 8, 10, 12 ve 18 MeV enerjili elektron seviyelerine sahip çok yapraklı kolimatörü olan lineer hızlandırıcıdır( Şekil.3.1.). Siemens Primus cihazının gantrisi izomerkez etrafında 360 derece dönebilmektedir. Kolimatör ise 0-180 derece ve 0-270 derece arasında izomerkez etrafında dönebilmektedir. Ayrıca masa rotasyonu 90 ve 270 derece arasında izomerkezde dönebilme yeteneğine sahiptir. Hastanın cildinin ışın kaynağına uzaklığını gösteren SSD ışıklı göstergesi ve radyasyon alanının merkezini gösteren ışıklı çapraz kılı vardır. Radyasyon alan açıklığı, SSD 100cm de  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  ile  $40 \times 40 \text{ cm}^2$  aralığındadır. Ayrıca izomerkezdeki kalınlığı 1 cm olan 82 yaprağa sahiptir.



Şekil 3.1. Siemens Primus lineer hızlandırıcı

### 3.2. Siemens Emotion Simülatör Cihazı

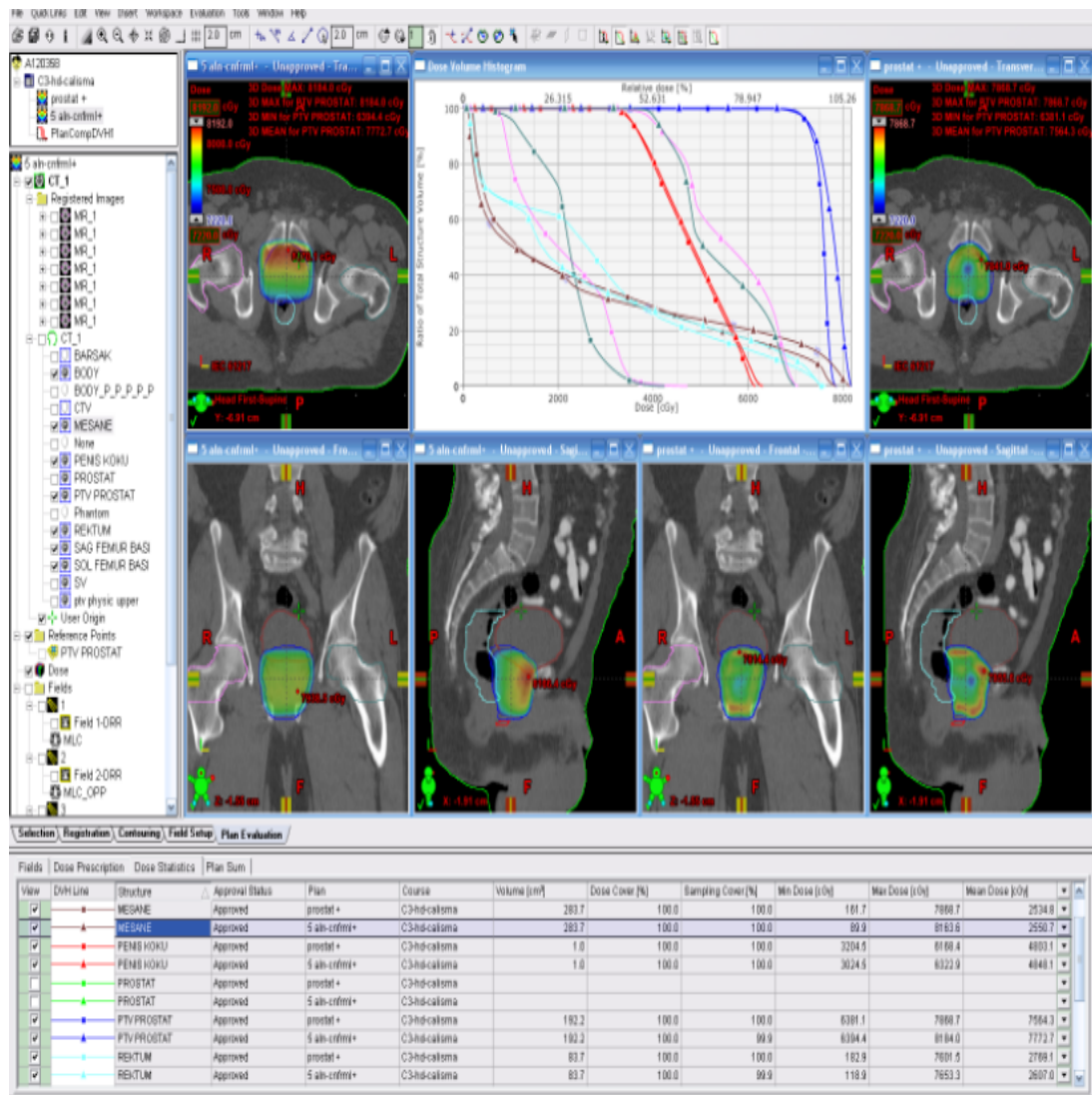
Hastanın tedavi koşullarında simülasyonun yapıldığı, hastanın referans noktalarını belirlemek için kullanılan üç adet hareketli lazer sistemine sahip, kV mertebesinde X ışını üreten ve hasta tomografi görüntülerinin elde edildiği cihazdır (Şekil 3.2.). Temelde hasta etrafında dönen bir x ışını tüpü ve bunun karşısına yerleştirilmiş dedektör sisteminden oluşur. Simülatörde hasta sabitlemesi ve aksesuarların tercihi çok önemlidir. Burada 10 prostat hastasının tomografi görüntüsü 3 mm kesit aralıklarıyla rektum boş mesanesi dolu olacak şekilde tomografik kesitlerini çekilerek DICOM aracılığıyla tedavi planlama sistemine aktarıldı.



Şekil 3.2. Siemens Emotion Simülatör Cihazı

### 3.3. Eclipse Tedavi Planlama Sistemi

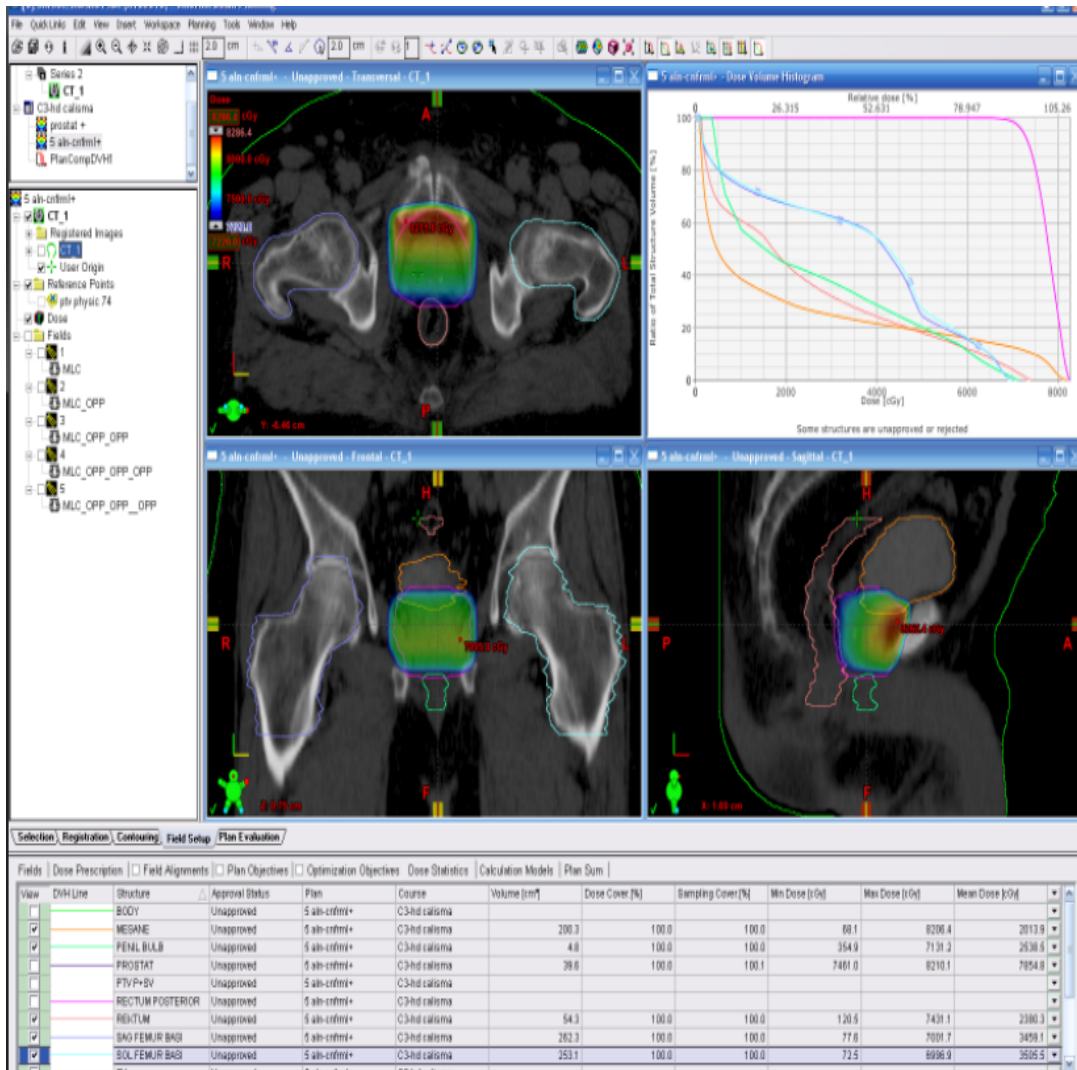
Eclipse planlama sistemi hasta görüntülerini kullanarak hastanın organlarının tanımlandığı iki ve üç boyutta planlama yapan ve ayrıca YART planı yapabileceği olan bir tedavi planlama sistemidir. Bu planlamaya veriler ilgili cihazın ölçümleri sonucunda aktarılır ve aktarılan veriler kullanılarak planların hesaplamaları yapılır. Hasta planlaması sonucu tanımlanan organların hacimlerinin ne kadar doz aldığı doz-hacim grafikleri şeklinde verir. Eclipse tedavi planlama sistemi foton enerjileri için “pencil beam” doz hesaplama algoritmasını kullanır.



Şekil 3.3. Eclips tedavi planlama sistemi üç boyutlu doz dağılımı

### 3.4.3BKRT 5 Alan Tekniği

10 prostat hastasının hedef hacmi ve kritik organlarının çizilmesi sonrası her hastanın planlama koşulları aynı olacak şekilde tedavi planlaması yapılmıştır. Her hasta için hedef hacmi en iyi saracak şekilde ayrıca kritik organları en iyi koruyacak şekilde en uygun açılar ve ağırlıklar kullanıldı. Bu planlama tekniğinde  $0^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $265^\circ$ ,  $290^\circ$  gantri açılarından 18 MV foton enerjisi verecek şekilde ayrıca her alanın ağırlığı eşit olacak biçimde hesaplamalar yapıldı. Her hasta PTV' sinin %95' i dozun %95' ni alacak şekilde normalize edildi.



Şekil 3.4. 5 alanlı 3BKRT



### 3.5. YART Tekniği

Prostat kanseri tedavisinde kullanılan 3BKRT’de BT ile hedef hacim rahatlıkla belirlenebildiği için daha sınırlı bir marjine daha yüksek radyoterapi dozlarına çıkmak mümkün olabilmektedir. Bu tekniğin daha gelişmişi olan YART ile her bir ışının yoğunluğu ayarlanarak daha homojen bir doz dağılımı elde edilebilmektedir. Bu sayede çevrede bulunan kritik organların minimum tümörün ise maksimum doz alması sağlanabilmektedir. Bütün hastalar için eşit optimizasyonlar kullanılmıştır. YART tekniğinde 6 MV foton enerjisi tercih edilmiştir.

Çizelge 3.1. YART planlaması için doz sınırlamaları

MESANE		Volume %	Dose (cGy)	Priority
	Upper	35	3000	50
	Upper	20	4500	50
	Upper	13	5500	55
	Upper	5	6500	60
	Upper	1	7500	65
REKTUM		Volume %	Dose (cGy)	Priority
	Upper	30	3000	50
	Upper	20	4000	50
	Upper	13	5250	55
	Upper	5	6500	60
	Upper	1	7500	65
SAĞ FEMUR		Volume %	Dose (cGy)	Priority
	Upper	40	2000	50
	Upper	25	3000	50
	Upper	10	4000	50
SOL FEMUR		Volume %	Dose (cGy)	Priority
	Upper	40	2000	50
	Upper	25	3000	50
	Upper	10	4000	50
PENIL BULB		Volume %	Dose (cGy)	Priority
	Upper	0	5200	50
PHYSIC LOWER_76		Volume %	Dose (cGy)	Priority
	Upper	0	7800	120
	Upper	50	7700	50
	Lower	50	7700	55
	Lower	100	7600	120
PHYSIC UPPER_76		Volume %	Dose (cGy)	Priority
	Upper	0	7600	120

#### 4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu tez çalışmasında 10 postoperatif prostat kanseri vakası için 3BKRT ve YART planlamaları planlanan hedef hacim ve kritik organlar için ayrı ayrı yapılarak karşılaştırılmıştır. Uygulanan her iki teknikte hedef organ ve kritik organ dozlarını karşılaştırabilmek için tedavi planlama sisteminde doz – hacim grafiği ( DVH ) çizdirilmiştir ve çizelge değerleri oluşturulmuştur. Bu bölümde öncelikle her iki tekniği karşılaştırmak için çizdirilen DVH' lardan oluşturulan şekiller ve sonra planlanan hedef hacim ve kritik organların almış oldukları dozlara karşılık gelen hacimleri çizelgede verilecektir.

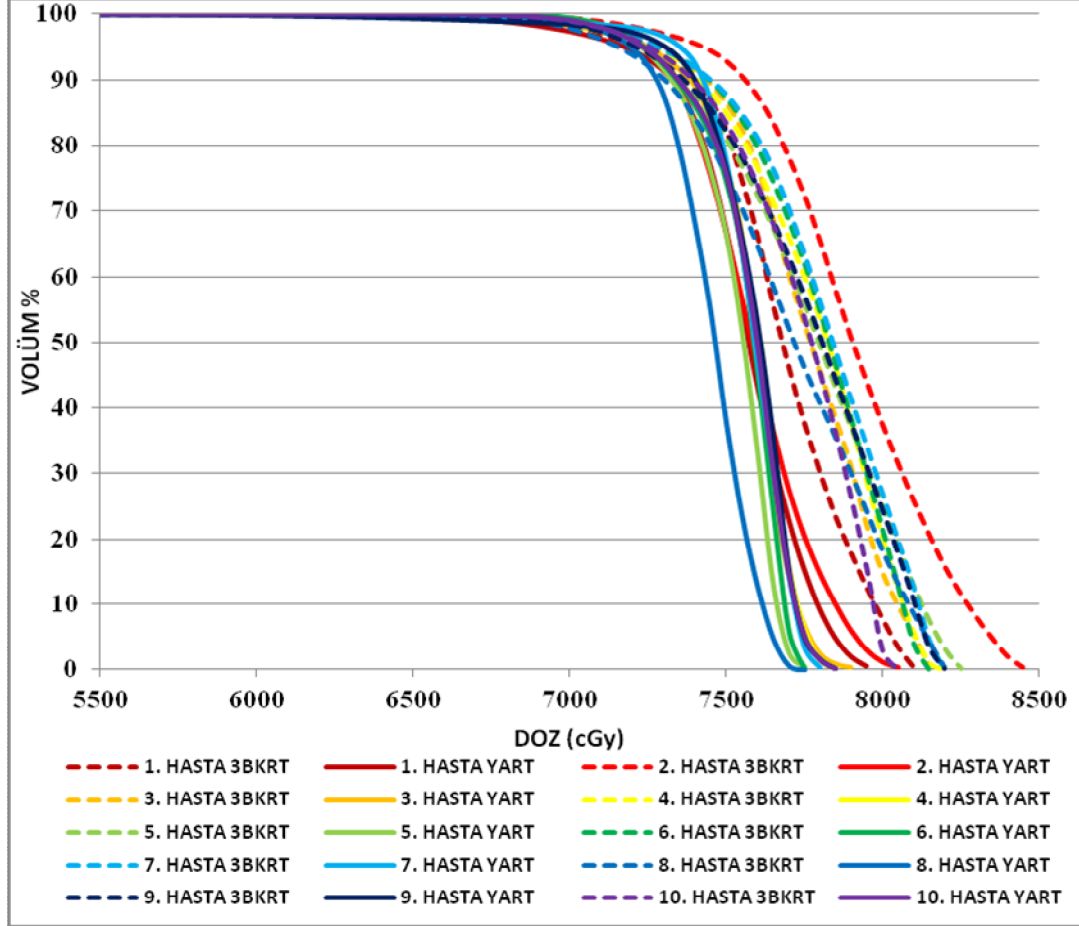
##### 4.1. PTV İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması

Radyoterapide temel amaç ışınlanacak bölge çevresindeki riskli doku ve organları mümkün olduğunca tedavi alanı sınırları dışında tutarak hedef hacmin yüksek doz alabilmesini sağlamaktır. Radyasyonun klinik uygulamaları doğru planlama yapmayı ve hassas dozimetrik ölçümleri gerektirir.

Çalışmada postoperatif prostat kanseri 10 hasta için elde edilen 5 alanlı 3BKRT ile YART tekniği için grafikler elde edildi. Planlanan hedef hacmin aldığı doz değerlerine karşılık gelen hacimlerin 10 hasta için 3BKRT ve YART tekniği için minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri alınarak çizelgeler oluşturuldu (Çizelge 4.1.). Ayrıca 10 hastanın PTV' sinin doz hacim grafikleri şeklinde de oluşturularak 3BKRT ve YART teknikleri aynı şekil üzerinde karşılaştırıldı (Şekil 4.1.).

3BKRT tekniğinde PTV, ÇYK' ler tarafından 0.5 cm ile sardırıldı . bu planlama tekniğinde 0° , 75° , 100° , 265° , 290° gantri açılarından 18 MV foton enerjisi verecek şekilde ayrıca her alanın ağırlığı eşit olacak biçimde hesaplamalar yapıldı. YART planlamasında ise 10 hasta için standart doz sınırlamaları kullanıldı (Çizelge 3.1.) ve 6 MV foton enerjisi tercih edilmiştir.. Deneysel olarak her iki teknik içinde kritik

organlar en iyi şekilde korunarak PTV volümünün %95' i dozun %95' ini alacak şekilde günde 200 cGy den 38 fraksiyon olmak üzere toplam 76 Gy planlandı.



Şekil 4.1. PTV için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması

RTOG, 3BKRT ve YART teknikleri için hacime bağlı doz tanımlama tekniğini kullanır. Bu teknik tanımlanan dozun PTV' yi en iyi şekilde sardığının garantisini vermek için tasarlanmıştır. Öte yandan RTOG'a göre doz tanımlaması hem PTV içindeki hem de PTV etrafındaki kritik organların doz değişimlerine uygun olması için daha geniş bir ölçekte incelenmesi gerekir (maksimum, minimum ve ortalama dozlar). PTV içindeki maksimum ve minimum doz RTOG doz tanımlama protokolünün önemli bir parçasını oluşturur. PTV içindeki her bir hesaplama hacminde tanımlanan dozun %110 unu geçemeyeceğini öngörmektedir. Her iki plan için DVH' lere baktığımızda PTV' nin gerekli dozu aldığını görmekteyiz. 3BKRT tekniğinde maksimum YART tekniğine göre daha fazladır.



Çizelge 4.1. (Devam) 3BKRT ve YART için PTV' nin aldığı doza karşılık gelen hacim

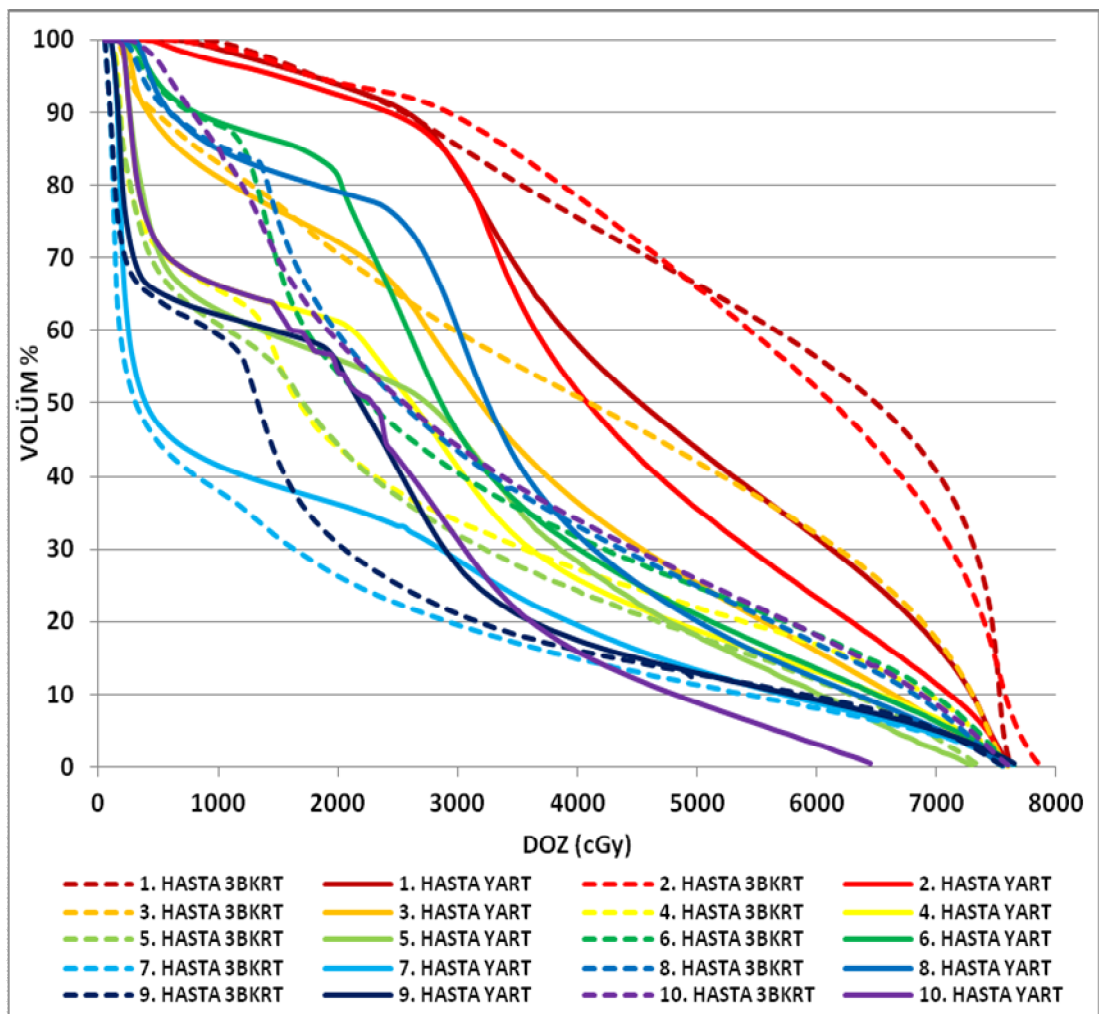
Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
2800	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
2850	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
2900	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
2950	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3000	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3050	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3100	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3150	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3200	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3250	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3300	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3350	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3400	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3450	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3500	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3550	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3600	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3650	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3700	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3750	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3800	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3850	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3900	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
3950	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4000	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4050	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4100	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4150	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4200	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4250	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4300	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4350	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4400	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4450	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4500	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4550	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4600	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4650	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4700	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4750	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4800	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4850	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4900	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
4950	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
5000	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
5050	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
5100	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	99,9999	0,00022
5150	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	99,9998	0,00073
5200	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	99,9995	0,00145
5250	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,99	100,00	99,9992	0,00247
5300	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,99	100,00	99,9988	0,00376
5350	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,98	100,00	99,9983	0,00531
5400	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,98	100,00	99,9977	0,00715
5450	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,97	100,00	99,9970	0,00928
5500	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,96	100,00	99,9961	0,01165
5550	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,95	100,00	99,9949	0,01429

Çizelge 4.1. (Devam) 3BKRT ve YART için PTV' nin aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
5600	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,94	100,00	99,9935	0,01725
5650	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,93	100,00	99,9918	0,02055
5700	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,92	100,00	99,9898	0,02426
5750	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,91	100,00	99,9874	0,02872
5800	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,89	100,00	99,9846	0,03387
5850	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,87	100,00	99,9813	0,03978
5900	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,85	100,00	99,9774	0,04636
5950	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,83	100,00	99,9729	0,05380
6000	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,80	100,00	99,9676	0,06209
6050	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,77	100,00	99,9614	0,07127
6100	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,74	100,00	99,9581	0,08018
6150	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,70	100,00	99,9455	0,09293
6200	100,00	100,00	100,0000	0,00000	99,66	100,00	99,9353	0,10546
6250	100,00	100,00	100,0000	0,00009	99,62	100,00	99,9233	0,11920
6300	100,00	100,00	99,9997	0,00095	99,57	100,00	99,9096	0,13440
6350	99,99	100,00	99,9991	0,00290	99,52	100,00	99,8939	0,15121
6400	99,98	100,00	99,9974	0,00626	99,47	100,00	99,8758	0,16977
6450	99,97	100,00	99,9942	0,01170	99,41	100,00	99,8544	0,19015
6500	99,95	100,00	99,9864	0,01973	99,34	100,00	99,8292	0,21244
6550	99,90	100,00	99,9680	0,03344	99,27	100,00	99,8000	0,23876
6600	99,83	100,00	99,9362	0,05496	99,19	100,00	99,7631	0,26617
6650	99,74	100,00	99,8884	0,08290	99,11	100,00	99,7189	0,29696
6700	99,63	99,99	99,8195	0,11800	99,03	100,00	99,6617	0,33045
6750	99,48	99,97	99,7226	0,15677	98,95	100,00	99,5892	0,37019
6800	99,30	99,92	99,5927	0,19743	98,82	99,98	99,4961	0,41362
6850	99,07	99,84	99,4248	0,24492	98,55	99,95	99,3662	0,45436
6900	98,75	99,74	99,2110	0,30814	98,22	99,88	99,2043	0,50438
6950	98,34	99,60	98,9379	0,38620	97,84	99,70	98,9808	0,54429
7000	97,88	99,42	98,5882	0,47299	97,40	99,44	98,6900	0,58241
7050	97,12	99,20	98,1330	0,59193	96,88	99,05	98,2892	0,60419
7100	96,23	98,92	97,5701	0,72849	96,27	98,49	97,7648	0,64556
7150	95,16	98,56	96,8598	0,88658	95,51	98,22	97,0605	0,74591
7200	93,86	98,14	95,9985	1,10332	94,54	97,95	96,0911	0,99476
7250	92,25	97,64	94,9368	1,39864	92,18	97,42	94,6883	1,47291
7300	90,23	97,07	93,6378	1,80507	87,60	96,62	92,6293	2,39062
7350	87,67	96,40	92,0825	2,33815	79,37	95,13	89,4744	4,17806
7400	84,37	95,58	90,1140	3,01601	68,03	92,53	84,9330	6,70094
7450	80,29	94,51	87,6429	3,81439	54,62	86,96	78,4978	9,22668
7500	75,70	92,96	84,4791	4,66925	37,70	77,67	69,5728	12,08340
7550	70,68	90,68	80,3527	5,65683	23,67	66,72	57,8277	13,03416
7600	64,99	87,66	75,4170	6,77811	12,70	53,30	42,9864	11,93280
7650	55,86	83,65	69,4645	8,10840	4,76	36,46	26,9106	10,29283
7700	46,36	78,44	62,9945	9,08505	0,63	27,50	13,5431	8,51295
7750	37,84	72,65	56,2949	9,63060	0,00	20,36	6,2849	6,73573
7800	30,30	65,75	49,3980	9,65640	0,00	14,56	3,1012	4,88117
7850	23,52	58,21	42,2029	9,36951	0,00	9,79	1,5743	3,25199
7900	17,91	50,91	34,9503	9,05302	0,00	5,78	0,8027	1,85515
7950	12,53	44,16	27,4520	9,26378	0,00	2,83	0,3324	0,88958
8000	2,94	37,71	20,1045	9,91910	0,00	1,03	0,1044	0,32355
8050	0,00	31,73	14,0897	8,94138	0,00	0,22	0,0221	0,06998
8100	0,00	26,08	8,6784	7,62943	0,00	0,02	0,0023	0,00740
8150	0,00	20,80	4,2207	6,33711	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8200	0,00	15,88	1,9287	4,98998	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8250	0,00	11,72	1,1855	3,70268	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8300	0,00	8,12	0,8120	2,56771	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8350	0,00	4,93	0,4930	1,55910	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8400	0,00	2,12	0,2116	0,66898	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8450	0,00	0,37	0,0366	0,11587	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8500	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000

#### 4.2. Rektum İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması

Çalışmada 10 postoperatif prostat hastası için rektum boş olacak şekilde tedavi planlamaları yapıldı. 5 alanlı 3BKRT ve YART tekniği için DVH' ler elde edildi (şekil 4.2.). Ayrıca her hasta için kritik organ olan rektum için 3BKRT ve YART tekniği için belirli doz değerlerine karşılık gelen hacimlerin tabloları oluşturuldu (izelge 4.2.).



şekil 4.2. Rektum için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması

Rektum dozlarına baktığımızda ise düşük doz bölgelerinde 5 alanlı 3BKRT planı daha iyi iken YART planının yüksek doz bölgelerinde daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 4.2. 3BKRT ve YART için rektumun aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MINİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MINİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
50	99,98	100,00	99,9980	0,00632	99,98	100,00	99,9980	0,00632
100	87,29	100,00	97,5910	5,08332	99,98	100,00	99,9980	0,00632
150	64,60	100,00	93,1900	12,41381	91,21	100,00	98,3640	3,45611
200	56,92	100,00	89,7330	15,07673	68,99	100,00	94,6220	11,09406
250	52,94	100,00	87,6060	16,50053	59,53	100,00	90,4170	13,70398
300	50,24	100,00	85,9280	17,33597	54,69	100,00	86,7460	15,29124
350	48,34	100,00	84,6060	17,87065	51,70	100,00	84,3710	16,29895
400	46,86	100,00	83,5520	18,26650	49,65	100,00	82,5610	16,82111
450	45,59	100,00	82,6740	18,58380	48,15	100,00	81,1360	17,15266
500	44,50	100,00	81,9070	18,82474	47,03	100,00	80,0210	17,38708
550	43,61	100,00	81,2040	18,99092	46,14	100,00	79,1510	17,56497
600	42,80	100,00	80,5650	19,12270	45,36	99,99	78,4220	17,68668
650	42,08	100,00	79,9550	19,23465	44,69	99,93	77,8540	17,81018
700	41,40	100,00	79,3920	19,31358	44,10	99,84	77,3220	17,89350
750	40,77	100,00	78,8550	19,39292	43,59	99,72	76,8400	17,95556
800	40,17	99,98	78,3420	19,46838	43,12	99,55	76,3980	18,00346
850	39,59	99,95	77,8490	19,54594	42,68	99,36	75,9900	18,04607
900	39,04	99,90	77,3700	19,62610	42,27	99,14	75,6080	18,07717
950	38,51	99,84	76,8950	19,70890	41,88	98,95	75,2530	18,11265
1000	37,98	99,70	76,4180	19,79089	41,52	98,68	74,9120	18,13197
1050	37,43	99,50	75,8820	19,85282	41,17	98,45	74,5870	18,15752
1100	36,87	99,26	75,4160	19,95439	40,84	98,21	74,2740	18,17783
1150	36,29	99,00	74,8310	20,02801	40,53	97,98	73,9740	18,19939
1200	35,66	98,73	74,1530	20,12426	40,23	97,75	73,6810	18,21976
1250	34,97	98,46	73,2850	20,31174	39,94	97,51	73,3940	18,23484
1300	34,26	98,19	72,2760	20,54993	39,67	97,28	73,1080	18,24732
1350	33,57	97,92	71,1350	20,79579	39,40	97,04	72,8340	18,25082
1400	32,88	97,64	69,7360	20,97576	39,14	96,81	72,5620	18,25788
1450	32,16	97,34	68,2640	21,17422	38,89	96,57	72,2920	18,26008
1500	31,50	97,03	66,8610	21,40571	38,64	96,34	71,9230	18,31913
1550	30,89	96,71	65,5590	21,66315	38,39	96,10	71,5540	18,37694
1600	30,33	96,37	64,3860	21,89856	38,15	95,86	71,1840	18,43796
1650	29,81	96,03	63,3040	22,12258	37,91	95,62	70,9110	18,43033
1700	29,28	95,68	62,3080	22,32389	37,67	95,38	70,6310	18,41682
1750	28,74	95,33	61,3700	22,51413	37,43	95,13	70,2480	18,46670
1800	28,19	95,01	60,4940	22,70340	37,19	94,88	69,8530	18,51721
1850	27,66	94,71	59,6830	22,87777	36,94	94,63	69,5500	18,49617
1900	27,16	94,43	58,9420	23,03733	36,70	94,37	69,2240	18,48290
1950	26,67	94,23	58,2530	23,18454	36,46	94,04	68,8390	18,47479
2000	26,23	94,05	57,5720	23,33675	36,21	93,82	68,1810	18,63462
2050	25,81	93,87	56,9310	23,46939	35,96	93,53	67,5280	18,60604
2100	25,37	93,70	56,2960	23,60712	35,70	93,24	66,7770	18,71862
2150	24,98	93,54	55,6860	23,71894	35,42	92,95	66,1220	18,78721
2200	24,57	93,39	55,0880	23,83387	35,14	92,66	65,4690	18,86184
2250	24,20	93,23	54,5050	23,92845	34,84	92,35	64,8170	18,93854
2300	23,84	93,08	53,9450	24,01890	34,53	92,05	64,0860	19,09001
2350	23,45	92,92	53,3960	24,10370	34,21	91,74	63,3280	19,24563
2400	23,13	92,76	52,8530	24,17929	33,88	91,42	62,2440	19,67890
2450	22,82	92,59	52,3120	24,24471	33,55	91,05	61,4290	19,82611
2500	22,49	92,41	51,7950	24,30070	33,21	90,63	60,5830	19,96441
2550	22,14	92,22	51,2780	24,35571	33,15	90,17	59,7340	20,05375
2600	21,85	92,00	50,7610	24,39585	32,47	89,67	58,7940	20,21815
2650	21,56	91,76	50,2600	24,41156	32,05	89,10	57,8120	20,33009
2700	21,25	91,49	49,7620	24,42104	31,61	88,46	56,7750	20,41925
2750	20,93	91,19	49,2610	24,43337	31,14	87,69	55,6910	20,46699



Çizelge 4.2. (Devam) 3BKRT ve YART için rektumun aldığı doza karşılık gelen hacim

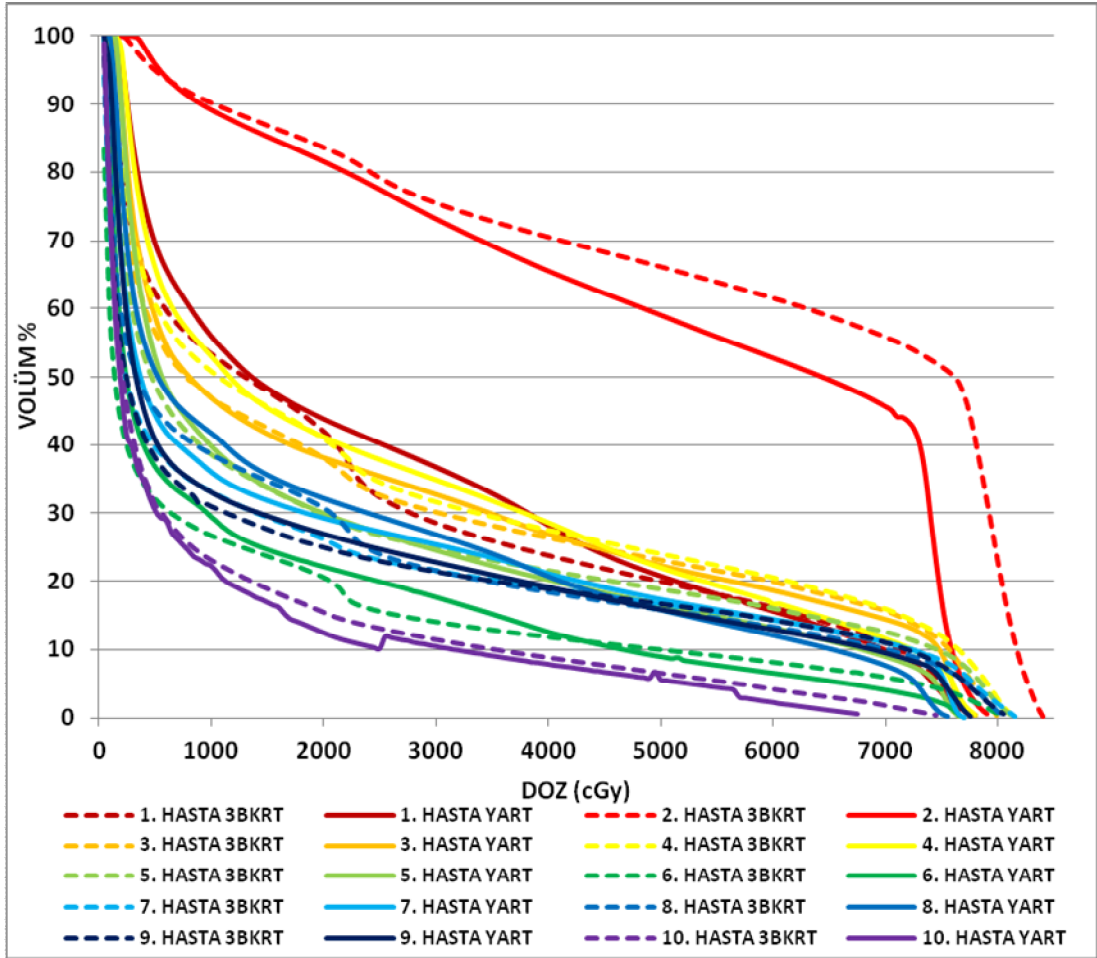
Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
2800	20,66	90,87	48,7840	24,41746	30,65	86,76	54,5770	20,46768
2850	20,38	90,51	48,3070	24,39036	30,13	85,70	53,4330	20,43107
2900	20,09	90,12	47,8280	24,36435	29,61	84,57	52,2660	20,35275
2950	19,80	89,70	47,3550	24,32142	28,62	83,54	51,1080	20,21739
3000	19,52	89,27	46,8860	24,28563	27,59	82,39	49,9280	20,04891
3050	19,26	88,85	46,4360	24,24388	26,61	81,17	48,7420	19,86240
3100	19,02	88,35	45,9830	24,17709	25,78	79,81	47,5610	19,63537
3150	18,75	87,81	45,5290	24,09872	25,03	78,20	46,3960	19,34168
3200	18,48	87,40	45,0960	24,05293	24,28	76,71	45,1910	18,95479
3250	18,23	86,89	44,6550	23,98517	23,67	75,23	44,0210	18,52672
3300	17,99	86,26	44,2030	23,89412	23,05	73,78	42,8910	18,11618
3350	17,75	85,84	43,7870	23,83646	22,45	72,39	41,8090	17,71764
3400	17,52	85,36	43,3230	23,77405	21,95	71,04	40,7700	17,33553
3450	17,27	84,76	42,9340	23,67970	21,42	69,73	39,7760	16,99493
3500	17,04	84,15	42,5120	23,58641	20,92	68,46	38,8380	16,64643
3550	16,81	83,67	42,1200	23,50556	20,51	67,23	37,9200	16,33671
3600	16,59	83,11	41,7240	23,40943	20,14	66,04	37,0950	16,01182
3650	16,37	82,49	41,3210	23,29991	19,52	64,68	36,2490	15,67732
3700	16,14	81,88	40,9060	23,20811	18,96	63,81	35,5180	15,43830
3750	15,90	81,35	40,5090	23,12739	18,39	62,75	34,7770	15,17121
3800	15,70	80,75	40,1310	23,01357	17,83	61,72	34,0880	14,91242
3850	15,52	80,16	39,7540	22,89939	17,29	60,75	33,3990	14,66958
3900	15,32	79,56	39,3770	22,78822	16,80	59,80	32,7590	14,43521
3950	15,10	79,01	38,9970	22,69345	16,32	58,89	32,1290	14,21149
4000	14,85	78,41	38,6120	22,59896	15,86	58,01	31,5110	13,99415
4050	14,68	77,80	38,2310	22,49254	15,44	57,14	30,9140	13,78527
4100	14,52	77,19	37,8730	22,36944	15,02	56,30	30,3350	13,58943
4150	14,35	76,59	37,5110	22,24912	14,59	55,51	29,7760	13,39698
4200	14,17	76,00	37,1460	22,13456	14,20	54,70	29,2260	13,19980
4250	13,98	75,38	36,7730	22,02048	13,79	53,95	28,6830	13,02937
4300	13,70	74,74	36,3990	21,91124	13,44	53,18	28,1520	12,84634
4350	13,55	74,11	36,0300	21,78947	13,08	52,45	27,6430	12,66952
4400	13,40	73,54	35,6760	21,67837	12,72	51,72	27,1510	12,50058
4450	13,25	72,92	35,3370	21,54117	12,37	51,00	26,6640	12,33765
4500	13,08	72,28	34,9800	21,40858	12,02	50,30	26,1650	12,17879
4550	12,89	71,62	34,6190	21,28134	11,68	49,61	25,6840	12,01468
4600	12,66	71,05	34,2520	21,17729	11,32	48,93	25,2180	11,86567
4650	12,46	70,45	33,8850	21,06839	10,99	48,26	24,7630	11,71676
4700	12,33	69,80	33,5250	20,93956	10,67	47,60	24,3160	11,56806
4750	12,19	69,11	33,1730	20,79481	10,36	46,93	23,8610	11,41212
4800	12,03	68,47	32,8340	20,65088	10,06	46,29	23,4320	11,26597
4850	11,86	67,88	32,4940	20,52771	9,76	45,64	23,0090	11,11163
4900	11,66	67,23	32,1360	20,39751	9,42	44,99	22,5830	10,97376
4950	11,44	66,76	31,7140	20,32400	9,13	44,36	22,1650	10,82550
5000	11,29	66,31	31,3920	20,13031	8,84	43,73	21,7560	10,68465
5050	11,16	65,84	31,0360	20,00515	8,54	43,10	21,3390	10,54982
5100	11,02	65,38	30,6950	19,87255	8,23	42,47	20,9350	10,41410
5150	10,86	64,91	30,3570	19,72637	7,97	41,85	20,5450	10,26875
5200	10,68	64,43	30,0030	19,57387	7,66	41,23	20,1390	10,12859
5250	10,48	63,96	29,6380	19,42919	7,38	40,61	19,7470	9,98938
5300	10,29	63,49	29,2710	19,31016	7,09	40,00	19,3620	9,86040
5350	10,17	63,01	28,9130	19,17178	6,80	39,39	18,9670	9,73435
5400	10,03	62,53	28,5440	19,02516	6,52	38,78	18,5810	9,59906
5450	9,88	62,03	28,1770	18,86539	6,25	38,18	18,1990	9,46255
5500	9,72	61,54	27,8310	18,72585	5,96	37,58	17,8220	9,33613

Çizelge 4.2. (Devam) 3BKRT ve YART için rektumun aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
5550	9,54	61,04	27,4730	18,58525	5,68	36,97	17,4500	9,20494
5600	9,33	60,54	27,0930	18,44125	5,38	36,37	17,0760	9,07859
5650	9,20	60,03	26,7160	18,27287	5,09	35,78	16,6900	8,95441
5700	9,07	59,52	26,3450	18,13350	4,82	35,17	16,3100	8,82189
5750	8,93	58,99	25,9740	17,99041	4,58	34,56	15,9500	8,68817
5800	8,77	58,47	25,5930	17,83724	4,28	33,96	15,5880	8,56945
5850	8,60	57,93	25,2040	17,67256	3,97	33,35	15,2190	8,44132
5900	8,39	57,39	24,8110	17,51665	3,65	32,72	14,8400	8,30444
5950	8,20	56,83	24,4220	17,36672	3,39	32,12	14,4660	8,17972
6000	8,07	56,26	24,0300	17,20160	3,14	31,51	14,0990	8,05590
6050	7,92	55,69	23,6250	17,01901	2,89	30,87	13,7390	7,92229
6100	7,75	55,11	23,2320	16,85250	2,58	30,22	13,3700	7,78876
6150	7,54	54,51	22,8260	16,69267	2,23	29,60	12,9890	7,66413
6200	7,37	53,89	22,4000	16,51405	1,92	28,96	12,6210	7,53659
6250	7,23	53,27	21,9700	16,31547	1,66	28,31	12,2510	7,40650
6300	7,08	52,62	21,5480	16,14331	1,40	27,65	11,8640	7,28041
6350	6,91	51,97	21,1300	15,95744	1,12	26,98	11,4910	7,14273
6400	6,69	51,30	20,6810	15,76388	0,79	26,32	11,0940	7,01694
6450	6,53	50,60	20,1830	15,54549	0,44	25,60	10,6910	6,89879
6500	6,41	49,88	19,7540	15,33745	0,16	24,91	10,3010	6,76818
6550	6,26	49,15	19,2650	15,14539	0,00	24,20	9,9290	6,59939
6600	6,07	48,38	18,7490	14,91640	0,00	23,47	9,5640	6,40109
6650	5,83	47,58	18,2460	14,69742	0,00	22,72	9,1850	6,22169
6700	5,63	46,73	17,7240	14,48264	0,00	21,93	8,8190	6,02028
6750	5,45	45,85	17,1780	14,22912	0,00	21,15	8,4580	5,80093
6800	5,22	44,93	16,6110	13,97171	0,00	20,33	8,0700	5,58538
6850	5,01	43,97	16,0230	13,73640	0,00	19,49	7,6700	5,38799
6900	4,85	42,94	15,4200	13,43760	0,00	18,63	7,2850	5,17052
6950	4,57	41,86	14,7740	13,12000	0,00	17,72	6,8760	4,92712
7000	3,98	40,70	14,0850	12,81364	0,00	16,77	6,4670	4,68012
7050	3,47	39,43	13,3890	12,44646	0,00	15,80	6,0420	4,44137
7100	2,90	38,06	12,6430	12,07886	0,00	14,73	5,6150	4,16159
7150	2,45	36,58	11,8550	11,66792	0,00	13,69	5,1880	3,90184
7200	1,94	34,92	11,0080	11,22378	0,00	12,52	4,7210	3,61235
7250	1,39	33,07	10,0820	10,71654	0,00	11,27	4,2470	3,31790
7300	0,78	30,96	9,0710	10,14114	0,00	9,87	3,7300	2,96009
7350	0,30	28,48	7,9970	9,45371	0,00	8,31	3,1930	2,55205
7400	0,05	25,45	6,8270	8,59434	0,00	6,47	2,6080	2,06192
7450	0,00	21,56	5,5220	7,48241	0,00	4,75	2,0010	1,58137
7500	0,00	14,98	3,9390	5,70902	0,00	3,17	1,3530	1,11075
7550	0,00	11,23	2,2150	3,61125	0,00	1,75	0,7270	0,66692
7600	0,00	8,41	1,1520	2,58360	0,00	0,86	0,3580	0,36699
7650	0,00	6,21	0,6720	1,94791	0,00	0,39	0,1280	0,15245
7700	0,00	4,38	0,4410	1,38406	0,00	0,04	0,0140	0,01713
7750	0,00	2,90	0,2900	0,91706	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7800	0,00	1,50	0,1500	0,47434	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7850	0,00	0,48	0,0480	0,15179	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7900	0,00	0,13	0,0130	0,04111	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7950	0,00	0,01	0,0010	0,00316	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8000	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8050	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8100	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8150	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8200	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8250	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8300	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8350	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8400	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8450	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8500	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000

### 4.3. Mesane İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması

Çalışmada 10 hastanın mesaneleri dolu olacak şekilde her iki teknik içinde tedavi planlamaları yapıldı. Her hastanın mesanesinin aldığı doza karşılık gelen yüzde hacim verileri alınarak DVH ve tablolar oluşturuldu.



Şekil 4.3. Mesane için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması

3BKRT ve YART planlamalarımızın DVH ve standart sapma grafiği incelendiğinde mesanesi dolu olan hastaların mesane dozunda önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. Düşük dozlarda 3BKRT ve YART teknikleri arasında belirgin bir fark yoktur. Yüksek doz bölgelerine çıkıldıkça YART tekniğinin mesane koruması 3BKRT tekniğine göre daha üstün olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. 3BKRT ve YART için mesanenin aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
50	83,38	100,00	97,3080	5,26529	98,85	100,00	99,8840	0,36332
100	59,38	100,00	85,5350	14,02159	75,44	100,00	94,8010	8,58071
150	48,98	100,00	74,6300	16,76311	58,47	100,00	87,7130	15,31922
200	43,38	100,00	67,3510	17,64537	48,79	100,00	79,7870	18,46143
250	39,96	99,49	62,5930	18,14522	41,35	100,00	72,2890	19,44770
300	37,54	98,45	59,1270	18,44097	39,55	100,00	66,9120	19,16252
350	35,73	97,40	56,4240	18,63827	36,46	99,72	62,7710	19,31395
400	34,29	96,47	54,2750	18,78366	34,66	98,58	59,5890	19,21196
450	33,13	95,64	52,5260	18,88383	32,44	97,22	56,9310	19,16727
500	31,27	94,90	51,0140	19,02373	30,45	96,00	54,7490	19,14194
550	30,34	94,26	49,8380	19,04625	29,33	94,93	53,0390	19,02847
600	29,16	93,68	48,7650	19,09763	28,96	94,02	51,6960	18,86976
650	28,14	93,15	47,8230	19,12877	27,14	93,23	50,4220	18,93458
700	27,20	92,64	46,9940	19,16158	26,20	92,52	49,4180	18,89227
750	26,32	92,17	46,2550	19,20436	25,32	91,86	48,5380	18,85473
800	25,54	91,73	45,5440	19,23473	24,46	91,26	47,7090	18,83145
850	24,84	91,30	44,9450	19,26486	23,55	90,70	46,9110	18,83045
900	24,20	90,91	44,2940	19,32917	23,14	90,19	46,1920	18,77848
950	23,63	90,53	43,8010	19,39520	22,57	89,71	45,4750	18,76959
1000	23,10	90,16	43,2820	19,29322	22,23	89,25	44,7850	18,74430
1050	22,63	89,80	42,7970	19,28404	21,35	88,81	44,0780	18,79240
1100	22,16	89,45	42,3350	19,27811	20,35	88,38	43,3640	18,86161
1150	21,71	89,11	41,8950	19,27434	19,71	87,96	42,7210	18,87268
1200	21,27	88,77	41,4690	19,27060	19,27	87,55	42,1360	18,85137
1250	20,84	88,44	41,0590	19,26928	18,84	87,15	41,5910	18,82517
1300	20,43	88,11	40,6580	19,26557	18,43	86,76	41,0850	18,79736
1350	20,02	87,78	40,2610	19,26083	18,04	86,37	40,6120	18,76560
1400	19,62	87,46	39,8700	19,25598	17,55	85,99	40,1550	18,75112
1450	19,23	87,13	39,4830	19,24629	17,24	85,62	39,7340	18,71619
1500	18,86	86,80	39,1020	19,23178	16,85	85,24	39,3230	18,68994
1550	18,49	86,48	38,7260	19,22080	16,45	84,88	38,9280	18,66996
1600	18,14	86,16	38,3540	19,20573	16,13	84,52	38,5550	18,64016
1650	17,79	85,84	37,9860	19,18981	15,23	84,16	38,1340	18,68688
1700	17,46	85,53	37,6220	19,17319	14,46	83,80	37,7380	18,71875
1750	17,12	85,21	37,2490	19,15492	14,12	83,44	37,3930	18,69057
1800	16,80	84,89	36,8640	19,13351	13,80	83,07	37,0580	18,65707
1850	16,46	84,56	36,4650	19,11151	13,46	82,71	36,7330	18,62643
1900	16,12	84,23	36,0570	19,08976	13,11	82,34	36,4070	18,60055
1950	15,77	83,88	35,6430	19,06413	12,74	81,97	36,0900	18,57438
2000	15,43	83,54	35,2250	19,04144	12,43	81,59	35,7840	18,53605
2050	15,08	83,19	34,7730	19,02180	12,08	81,21	35,4790	18,50351
2100	14,76	82,84	34,2600	19,00822	11,76	80,82	35,1800	18,46476
2150	14,50	82,46	33,7200	18,99156	11,50	80,43	34,8930	18,41709
2200	14,26	82,05	33,0850	19,00297	11,26	80,03	34,6080	18,36316
2250	14,04	81,62	32,4600	18,96313	11,04	79,63	34,3300	18,30599
2300	13,83	81,15	31,9020	18,88300	10,83	79,22	34,0550	18,24447
2350	13,63	80,65	31,4580	18,79526	10,63	78,80	33,7800	18,17936
2400	13,44	80,12	31,0780	18,69630	10,44	78,38	33,5090	18,11196
2450	13,25	79,59	30,7350	18,59568	10,25	77,94	33,2400	18,03965
2500	13,07	79,09	30,4210	18,50114	10,07	77,51	32,9740	17,96694
2550	12,89	78,63	30,1330	18,41683	11,85	77,06	32,9030	17,62079
2600	12,72	78,20	29,8610	18,34000	11,72	76,61	32,6410	17,53668
2650	12,55	77,79	29,6060	18,26609	11,55	76,17	32,3770	17,46047
2700	12,38	77,40	29,3590	18,19866	11,36	75,74	32,1130	17,38897
2750	12,22	77,03	29,1220	18,13464	11,26	75,30	31,8560	17,30494

Çizelge 4.3. (Devam) 3BKRT ve YART için mesanenin aldığı doza karşılık gelen hacim

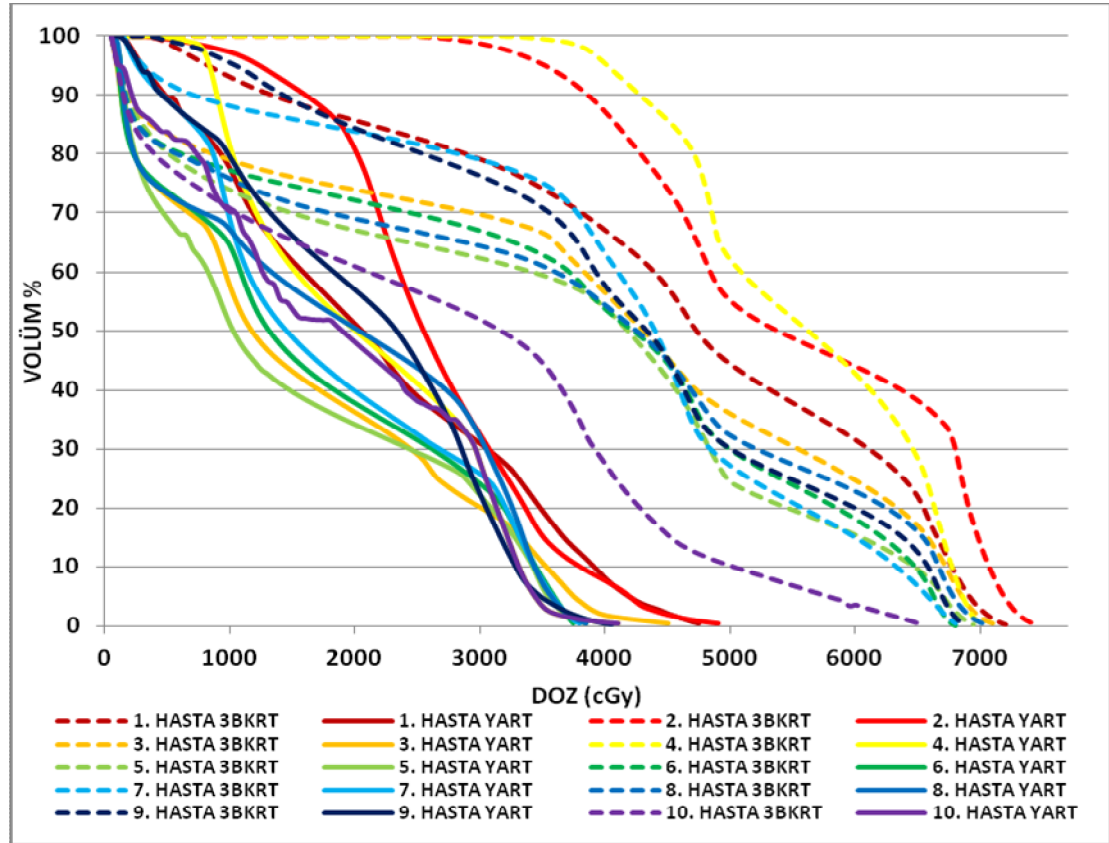
Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
2800	12,06	76,68	28,8960	18,07746	11,01	74,88	31,5820	17,24880
2850	11,90	76,34	28,6800	18,01760	10,86	74,45	31,3300	17,16703
2900	11,74	76,02	28,4670	17,96671	10,76	74,03	31,0730	17,08814
2950	11,59	75,71	28,2610	17,91636	10,56	73,61	30,8100	17,02223
3000	11,44	75,41	28,0590	17,87036	10,44	73,20	30,5500	16,94902
3050	11,29	75,12	27,8630	17,82554	10,26	72,79	30,2870	16,88319
3100	11,14	74,83	27,6680	17,78037	10,14	72,39	30,0280	16,81314
3150	11,00	74,54	27,4800	17,73360	9,97	71,99	29,7640	16,74789
3200	10,86	74,28	27,2970	17,69571	9,87	71,60	29,5080	16,67806
3250	10,72	74,02	27,1170	17,65703	9,72	71,21	29,2420	16,61315
3300	10,58	73,76	26,9380	17,61835	9,58	70,82	28,9760	16,54774
3350	10,44	73,50	26,7620	17,57921	9,44	70,43	28,7120	16,48175
3400	10,31	73,25	26,5880	17,54271	9,35	70,04	28,4480	16,40925
3450	10,17	73,01	26,4180	17,50838	9,17	69,66	28,1730	16,35234
3500	10,04	72,76	26,2500	17,47105	9,04	69,27	27,9030	16,28570
3550	9,91	72,52	26,0830	17,43622	8,91	68,88	27,6280	16,21863
3600	9,78	72,28	25,9190	17,40029	8,78	68,50	27,3510	16,15534
3650	9,66	72,05	25,7580	17,36701	8,65	68,11	27,0720	16,08971
3700	9,53	71,81	25,5990	17,33037	8,54	67,73	26,7930	16,02447
3750	9,41	71,58	25,4390	17,29634	8,41	67,35	26,5090	15,96323
3800	9,29	71,36	25,2840	17,26562	8,29	66,97	26,2250	15,90126
3850	9,17	71,13	25,1270	17,23108	8,11	66,60	25,9360	15,84933
3900	9,05	70,90	24,9720	17,19665	8,05	66,24	25,6570	15,78602
3950	8,93	70,68	24,8230	17,16358	7,93	65,88	25,3770	15,72836
4000	8,81	70,46	24,6700	17,13183	7,81	65,52	25,0970	15,67169
4050	8,69	70,24	24,5190	17,10010	7,65	65,17	24,8230	15,61882
4100	8,58	70,01	24,3700	17,06394	7,56	64,83	24,5590	15,56008
4150	8,46	69,79	24,2210	17,03119	7,46	64,49	24,3000	15,50168
4200	8,35	69,58	24,0760	17,00081	7,36	64,16	24,0490	15,44480
4250	8,23	69,36	23,9270	16,96835	7,23	63,82	23,7960	15,38939
4300	8,12	69,14	23,7800	16,93496	7,12	63,50	23,5510	15,33578
4350	8,01	68,92	23,6350	16,90119	7,01	63,17	23,3070	15,27963
4400	7,89	68,70	23,4910	16,86765	6,84	62,83	23,0570	15,22903
4450	7,80	68,49	23,3490	16,83486	6,79	62,52	22,8350	15,17178
4500	7,67	68,27	23,2010	16,80360	6,65	62,20	22,5930	15,12170
4550	7,55	68,05	23,0570	16,77081	6,53	61,89	22,3610	15,07232
4600	7,44	67,83	22,9130	16,73649	6,43	61,57	22,1340	15,01756
4650	7,33	67,62	22,7700	16,70652	6,33	61,25	21,9090	14,96236
4700	7,22	67,40	22,6260	16,67227	6,21	60,93	21,6880	14,90962
4750	7,11	67,18	22,4830	16,63859	6,11	60,62	21,4690	14,85740
4800	6,99	66,96	22,3400	16,60570	5,95	60,30	21,2470	14,80888
4850	6,88	66,74	22,1960	16,57217	5,88	59,99	21,0390	14,75280
4900	6,77	66,51	22,0540	16,53454	5,75	59,67	20,8260	14,70051
4950	6,66	66,29	21,9110	16,50093	6,66	59,35	20,7210	14,53276
5000	6,55	66,07	21,7680	16,46728	5,55	59,03	20,4180	14,58752
5050	6,44	65,84	21,6260	16,43021	5,45	58,71	20,2170	14,53089
5100	6,33	65,61	21,4830	16,39358	5,33	58,39	20,0180	14,47631
5150	6,22	65,39	21,3410	16,35990	5,22	58,07	19,8530	14,39423
5200	6,11	65,16	21,2000	16,32285	5,11	57,74	19,6270	14,36083
5250	6,00	64,93	21,0560	16,28552	4,99	57,42	19,4340	14,30474
5300	5,89	64,71	20,9170	16,25074	4,88	57,10	19,2430	14,24869
5350	5,78	64,48	20,7700	16,21587	4,78	56,78	19,0550	14,19043
5400	5,67	64,25	20,6270	16,17937	4,67	56,46	18,8690	14,13441
5450	5,52	64,02	20,4810	16,14681	4,52	56,15	18,6770	14,08413
5500	5,44	63,78	20,3380	16,10489	4,44	55,84	18,4930	14,02703

Çizelge 4.3. (Devam) 3BKRT ve YART için mesanenin aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz(cGy)	3BKRT				YART			
	MINİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MINİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
5550	5,32	63,55	20,1940	16,06946	4,32	55,53	18,3090	13,97326
5600	5,21	63,32	20,0490	16,03386	4,24	55,22	18,1270	13,91648
5650	5,09	63,09	19,9030	15,99862	4,05	54,92	17,9360	13,87408
5700	4,97	62,85	19,7550	15,96123	2,96	54,61	17,6800	13,93156
5750	4,84	62,62	19,6050	15,92791	2,84	54,31	17,4720	13,88187
5800	4,72	62,38	19,4550	15,89168	2,71	54,00	17,2870	13,82973
5850	4,59	62,14	19,3010	15,85648	2,59	53,70	17,1040	13,78069
5900	4,46	61,91	19,1460	15,82516	2,44	53,39	16,9150	13,73126
5950	4,33	61,67	18,9860	15,79118	2,33	53,09	16,7300	13,68074
6000	4,21	61,43	18,8230	15,75659	2,22	52,78	16,5160	13,62611
6050	4,08	61,18	18,6560	15,71974	2,03	52,47	16,3510	13,58231
6100	3,96	60,94	18,4890	15,68521	1,92	52,16	16,1610	13,52895
6150	3,84	60,69	18,3180	15,64834	1,84	51,85	15,9760	13,47190
6200	3,72	60,44	18,1480	15,61110	1,71	51,53	15,7810	13,41928
6250	3,60	60,19	17,9740	15,57488	1,60	51,21	15,5900	13,36341
6300	3,49	59,93	17,7990	15,53490	1,49	50,89	15,3950	13,30823
6350	3,37	59,65	17,6200	15,49110	1,37	50,57	15,1960	13,25487
6400	3,26	59,36	17,4420	15,44222	1,26	50,24	14,9970	13,19845
6450	3,15	59,08	17,2600	15,39797	1,14	49,91	14,7930	13,14410
6500	3,04	58,80	17,0820	15,35285	1,03	49,57	14,5860	13,08536
6550	2,93	58,51	16,8990	15,30574	0,93	49,22	14,3750	13,02398
6600	2,82	58,22	16,7160	15,25823	0,82	48,87	14,1630	12,96387
6650	2,70	57,92	16,5270	15,21038	0,70	48,51	13,9470	12,90323
6700	2,59	57,63	16,3390	15,16462	0,60	48,15	13,7300	12,84065
6750	2,48	57,33	16,1560	15,11090	0,48	47,77	13,5050	12,77556
6800	2,36	57,02	15,9520	15,06736	0,36	47,38	13,2740	12,70955
6850	2,23	56,72	15,7500	15,02367	0,23	46,97	13,0340	12,64012
6900	2,09	56,40	15,5390	14,97664	0,10	46,55	12,7910	12,56796
6950	1,94	56,09	15,3170	14,93676	0,01	46,10	12,5400	12,48542
7000	1,77	55,76	15,0830	14,89465	0,00	45,63	12,2920	12,38804
7050	1,61	55,43	14,8320	14,85493	0,00	45,13	12,0320	12,28475
7100	1,45	55,09	14,5650	14,81469	0,00	44,13	11,7130	12,03381
7150	1,29	54,73	14,2770	14,77201	0,00	44,03	11,4680	12,05701
7200	1,13	54,33	13,9720	14,71985	0,00	43,42	11,1510	11,93466
7250	0,97	53,88	13,6500	14,65717	0,00	42,33	10,7450	11,68049
7300	0,82	53,43	13,3120	14,59918	0,00	40,14	10,1730	11,11810
7350	0,67	52,96	12,9600	14,54003	0,00	35,84	9,3330	9,95630
7400	0,51	52,48	12,5790	14,48737	0,00	29,19	8,1910	8,14931
7450	0,34	51,98	12,1510	14,44283	0,00	22,58	6,8930	6,40698
7500	0,15	51,45	11,6810	14,40412	0,00	16,74	5,5370	4,91815
7550	0,03	50,86	11,1630	14,35588	0,00	12,28	4,1720	3,75543
7600	0,00	50,18	10,5750	14,29859	0,00	9,06	2,7970	2,78290
7650	0,00	49,17	9,9020	14,15362	0,00	6,66	1,7050	2,07101
7700	0,00	47,26	9,1220	13,73047	0,00	4,79	0,9920	1,48869
7750	0,00	44,41	8,2830	12,97687	0,00	3,28	0,5650	1,02079
7800	0,00	40,51	7,3400	11,88777	0,00	2,09	0,2950	0,65242
7850	0,00	36,33	6,3430	10,71989	0,00	1,18	0,1450	0,37194
7900	0,00	31,96	5,3020	9,50081	0,00	0,48	0,0600	0,15232
7950	0,00	27,50	4,2520	8,26106	0,00	0,14	0,0180	0,04467
8000	0,00	22,75	3,1820	6,93539	0,00	0,02	0,0020	0,00632
8050	0,00	18,37	2,3350	5,66446	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8100	0,00	14,46	1,6460	4,51207	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8150	0,00	11,12	1,1500	3,50400	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8200	0,00	8,09	0,8090	2,55828	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8250	0,00	5,68	0,5680	1,79617	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8300	0,00	3,60	0,3600	1,13842	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8350	0,00	1,59	0,1590	0,50280	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8400	0,00	0,14	0,0140	0,04427	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8450	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8500	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000

#### 4.4. Sağ Femur İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması

Çalışmada 10 hasta için 3BKRT ve YART tekniklerinde sağ femur diğer kritik organlara sıkıntı oluşturmayacak şekilde korunmaya çalışılmıştır. Her iki teknik için DVH ve tablolar oluşturulmuştur.



Şekil 4.4. Sağ Femur için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması

3BKRT de ışının hedefe gelirken femurlar üzerinden geçme olasılığı YART planına göre daha yüksektir. Farklı gantri açıları seçildiğinde ise diğer kritik organlar için sıkıntı oluşmakta ve hedefe daha iyi doz vermek zorlaşmaktadır. Sağ femur için bütün YART planlarında 5000 cGy geçen doz yokken, 3BKRT planlarında 7000 cGy' i geçen dozlar gözlenmiştir. Bu veriler sonucunda YART tekniğinin 3BKRT tekniğinden açıkça üstün olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. (Devam) 3BKRT ve YART için sağ femurun aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
50	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
100	94,55	100,00	98,5940	1,79594	94,36	100,00	98,2000	2,30990
150	89,56	100,00	95,4460	4,73448	86,29	100,00	94,4540	6,02263
200	86,17	100,00	93,5740	6,35015	81,49	100,00	91,3690	8,16629
250	83,98	100,00	92,4560	7,28521	79,00	100,00	89,2160	9,29258
300	82,36	100,00	91,6700	7,93200	76,08	100,00	87,7140	9,96494
350	81,04	100,00	90,9850	8,47231	73,74	99,99	86,7000	10,49888
400	79,87	100,00	90,3980	8,88420	71,91	99,95	85,6140	10,77184
450	78,84	100,00	89,8540	9,21550	70,38	99,86	84,7120	11,05293
500	77,94	100,00	89,3450	9,49047	69,00	99,75	83,9650	11,30131
550	77,12	100,00	88,8770	9,72412	67,71	99,60	83,2570	11,59314
600	76,34	100,00	88,4370	9,93469	66,47	99,41	82,4550	11,74529
650	75,58	100,00	88,0200	10,13150	66,24	99,19	81,8700	11,79433
700	74,86	100,00	87,6260	10,31763	63,97	98,92	80,9670	12,14792
750	74,15	100,00	87,2370	10,49569	62,61	98,57	80,1310	12,34779
800	73,46	100,00	86,9430	10,56536	60,98	98,34	79,1160	12,43408
850	72,73	100,00	86,4530	10,81445	58,76	98,09	77,5390	12,46530
900	72,08	100,00	86,0750	10,96363	56,25	97,84	75,6590	12,50960
950	71,41	100,00	85,7000	11,11752	53,51	97,56	73,5590	12,74289
1000	70,75	100,00	85,3290	11,27068	51,01	97,27	71,4560	13,12332
1050	70,12	100,00	84,9700	11,41540	48,95	96,92	69,4620	13,53364
1100	69,50	100,00	84,6170	11,54958	47,27	96,49	67,3470	13,90339
1150	68,91	100,00	84,2770	11,67065	45,88	95,98	65,5700	14,20091
1200	68,34	100,00	83,9400	11,77903	44,65	95,43	63,9140	14,44804
1250	67,81	100,00	83,6130	11,87756	43,42	94,82	62,3410	14,66067
1300	67,29	100,00	83,3000	11,97660	42,69	94,17	61,0560	14,75476
1350	66,79	100,00	83,0080	12,08461	41,85	93,53	59,9640	14,82805
1400	66,31	100,00	82,7170	12,18407	41,06	92,86	58,7500	14,91025
1450	65,84	100,00	82,4340	12,28376	40,32	92,20	57,8070	14,93475
1500	65,38	100,00	82,1620	12,38364	39,64	91,52	56,8110	14,96027
1550	64,92	100,00	81,8900	12,48360	38,99	90,83	55,8560	14,97075
1600	64,46	100,00	81,6300	12,58496	38,37	90,12	55,0470	14,94220
1650	64,00	100,00	81,3730	12,69088	37,78	89,37	54,2520	14,89835
1700	63,56	100,00	81,1250	12,79057	37,21	88,58	53,4850	14,83950
1750	63,11	100,00	80,8780	12,89212	36,66	87,74	52,7370	14,76615
1800	62,67	100,00	80,6390	12,99392	36,12	86,82	51,9950	14,67290
1850	62,23	100,00	80,4040	13,09349	35,60	85,80	51,1630	14,54976
1900	61,80	100,00	80,1690	13,19157	35,08	84,59	50,3150	14,37353
1950	61,36	100,00	79,9370	13,29164	34,58	82,79	49,4220	14,03630
2000	60,93	100,00	79,7090	13,39075	34,08	80,67	48,5020	13,61562
2050	60,50	100,00	79,4810	13,48977	33,59	78,34	47,5740	13,13418
2100	60,07	100,00	79,2550	13,58991	33,11	75,66	46,6050	12,56623
2150	59,64	100,00	79,0280	13,69038	32,63	72,44	45,5760	11,85959
2200	59,22	100,00	78,8060	13,78895	32,15	69,22	44,5280	11,15867
2250	58,79	100,00	78,5820	13,88992	31,68	66,05	43,4640	10,47263
2300	58,36	100,00	78,3600	13,99089	31,22	62,98	42,3900	9,81246
2350	57,92	100,00	78,1320	14,09327	30,75	60,07	41,3250	9,19259
2400	57,48	100,00	77,9060	14,19700	30,29	57,31	40,1760	8,60843
2450	57,05	100,00	77,6780	14,29320	29,82	54,65	39,1300	8,06151
2500	56,60	100,00	77,4550	14,40259	29,02	52,13	38,0820	7,55036
2550	56,16	100,00	77,2100	14,48978	27,98	49,78	37,0760	7,11856
2600	55,71	100,00	76,9700	14,58513	26,54	47,52	36,0220	6,77502
2650	55,26	100,00	76,7270	14,68074	25,19	45,37	35,0300	6,48556
2700	54,81	100,00	76,4800	14,77181	24,29	43,30	34,0110	6,13587
2750	54,35	100,00	76,2270	14,86425	23,50	41,31	32,9500	5,77595



Çizelge 4.4. (Devam) 3BKRT ve YART için sağ femurun aldığı doza karşılık gelen hacim

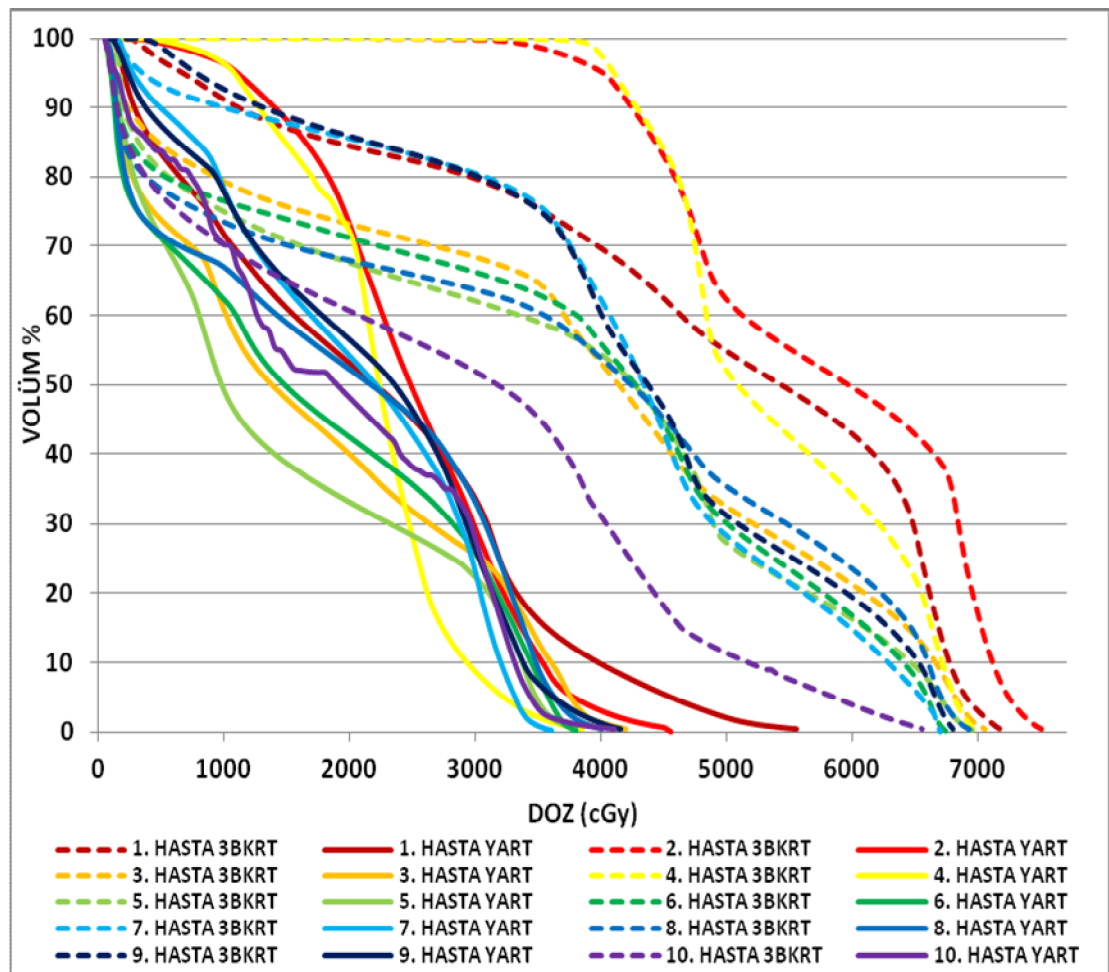
Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
2800	53,88	100,00	75,9680	14,95885	22,77	39,38	31,9600	5,48574
2850	53,40	100,00	75,7050	15,05188	22,06	37,53	30,7970	5,17271
2900	52,90	100,00	75,4340	15,14628	21,39	35,85	29,5170	4,91206
2950	52,39	100,00	75,1520	15,24275	20,74	34,03	28,1270	4,64420
3000	51,86	100,00	74,8610	15,34201	20,11	32,31	26,5080	4,33677
3050	51,30	100,00	74,5580	15,43964	19,48	30,62	24,8620	4,18146
3100	50,73	100,00	74,2440	15,54122	17,75	29,28	23,2280	4,18268
3150	50,14	99,98	73,9090	15,63885	15,52	28,42	21,4910	4,32574
3200	49,51	99,95	73,5550	15,73774	13,36	27,52	19,6550	4,57357
3250	48,87	99,92	73,1870	15,83839	11,32	26,52	17,7260	4,87308
3300	48,17	99,87	72,7960	15,94184	9,31	25,20	15,6930	5,13617
3350	47,42	99,80	72,3800	16,05162	7,66	23,76	13,7200	5,27827
3400	46,58	99,72	71,9390	16,17031	6,07	22,32	11,8740	5,28040
3450	45,61	99,63	71,4530	16,31268	4,55	20,86	10,1550	5,22980
3500	44,51	99,52	70,9210	16,47203	3,26	19,46	8,6030	5,20178
3550	43,23	99,39	70,3290	16,66373	2,50	18,10	7,3450	5,08715
3600	41,78	99,26	69,6480	16,89599	2,10	16,77	6,2880	4,92172
3650	40,15	99,13	68,8860	17,17280	1,79	15,43	5,3300	4,74965
3700	38,40	98,94	68,0500	17,46368	1,54	14,24	4,4810	4,60701
3750	36,51	98,65	67,1250	17,76289	0,48	13,20	3,7450	4,50639
3800	34,43	98,29	66,1100	18,09304	0,22	12,23	3,2380	4,30537
3850	32,06	97,80	64,9800	18,46644	0,08	11,24	2,8180	4,05649
3900	30,38	97,11	63,8610	18,67384	0,01	10,17	2,4620	3,77457
3950	28,89	96,28	62,7360	18,79855	0,00	9,08	2,1740	3,46412
4000	27,41	95,36	61,6140	18,89841	0,00	8,02	1,9300	3,14768
4050	25,89	94,40	60,5060	18,98598	0,00	7,07	1,7140	2,84757
4100	24,44	93,46	59,4040	19,05535	0,00	6,38	1,5260	2,56639
4150	23,08	92,55	58,3110	19,10615	0,00	5,70	1,3420	2,27811
4200	21,81	91,61	57,2170	19,13129	0,00	4,84	1,1540	1,96629
4250	20,62	90,65	56,1150	19,13971	0,00	4,19	0,9770	1,66578
4300	19,49	89,66	54,9890	19,13577	0,00	3,68	0,8340	1,42735
4350	18,41	88,74	53,8370	19,14189	0,00	3,28	0,7310	1,26888
4400	17,36	87,79	52,6320	19,14510	0,00	2,94	0,6410	1,12815
4450	16,34	86,80	51,3500	19,14326	0,00	2,55	0,5510	0,98088
4500	15,36	85,82	49,9850	19,14713	0,00	2,10	0,4590	0,82799
4550	14,46	84,75	48,5180	19,13071	0,00	1,72	0,3810	0,69826
4600	13,73	83,55	46,9460	19,07034	0,00	1,41	0,3020	0,57012
4650	13,15	82,16	45,2720	18,95406	0,00	1,21	0,2330	0,46111
4700	12,61	80,50	43,5290	18,76625	0,00	1,02	0,1680	0,36420
4750	12,13	78,09	41,8070	18,35448	0,00	0,86	0,1270	0,28798
4800	11,69	74,66	40,1490	17,64724	0,00	0,71	0,0950	0,22887
4850	11,27	70,53	38,5820	16,75464	0,00	0,58	0,0710	0,18345
4900	10,88	65,87	37,1120	15,80339	0,00	0,47	0,0550	0,14797
4950	10,50	63,68	36,0280	15,43093	0,00	0,37	0,0410	0,11628
5000	10,13	62,15	35,1580	15,19123	0,00	0,28	0,0300	0,08807
5050	9,78	60,89	34,4330	14,97717	0,00	0,21	0,0210	0,06641
5100	9,43	59,73	33,7610	14,78944	0,00	0,14	0,0140	0,04427
5150	9,09	58,61	33,1280	14,61265	0,00	0,10	0,0100	0,03162
5200	8,75	57,60	32,5300	14,46066	0,00	0,06	0,0060	0,01897
5250	8,42	56,64	31,9550	14,32043	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5300	8,09	55,69	31,3990	14,18719	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5350	7,76	54,77	30,8490	14,06224	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5400	7,44	53,89	30,3150	13,94326	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5450	7,11	53,00	29,7820	13,82654	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5500	6,79	52,11	29,2580	13,71111	0,00	0,00	0,0000	0,00000

Çizelge 4.4. (Devam) 3BKRT ve YART için sağ femurun aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
5550	6,47	51,24	28,7340	13,60140	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5600	6,15	50,35	28,2080	13,49023	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5650	5,83	49,47	27,6850	13,38240	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5700	5,51	48,57	27,1570	13,27596	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5750	5,18	47,65	26,6170	13,16865	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5800	4,86	46,76	26,0760	13,06567	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5850	4,53	45,84	25,5280	12,96367	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5900	4,22	44,94	24,9610	12,85029	0,00	0,00	0,0000	0,00000
5950	3,40	44,47	24,3350	12,82744	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6000	3,58	43,99	23,7930	12,62279	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6050	3,26	43,51	23,1830	12,50147	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6100	2,96	43,01	22,5550	12,37442	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6150	2,65	42,50	21,9000	12,24833	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6200	2,35	41,98	21,2180	12,11381	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6250	2,05	41,43	20,4920	11,96452	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6300	1,75	40,86	19,7260	11,81954	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6350	1,44	40,26	18,9130	11,66364	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6400	1,13	39,62	18,0380	11,49278	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6450	0,80	38,94	17,0720	11,30717	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6500	0,46	38,20	15,9860	11,10262	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6550	0,14	37,41	14,7290	10,87057	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6600	0,00	36,55	13,1720	10,55270	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6650	0,00	35,58	11,3970	10,29007	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6700	0,00	34,45	9,6200	10,05557	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6750	0,00	33,08	7,9070	9,77987	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6800	0,00	30,08	6,2960	9,00946	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6850	0,00	25,29	4,7810	7,64297	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6900	0,00	20,73	3,5570	6,30955	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6950	0,00	17,04	2,6130	5,22789	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7000	0,00	13,89	1,9140	4,30275	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7050	0,00	11,03	1,4050	3,43581	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7100	0,00	8,58	1,0240	2,67990	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7150	0,00	6,44	0,7240	2,01686	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7200	0,00	4,67	0,4890	1,46995	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7250	0,00	3,19	0,3190	1,00877	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7300	0,00	2,06	0,2060	0,65143	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7350	0,00	1,19	0,1190	0,37631	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7400	0,00	0,57	0,0570	0,18025	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7450	0,00	0,20	0,0200	0,06325	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7500	0,00	0,01	0,0010	0,00316	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7550	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7600	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7650	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7700	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7750	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7800	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7850	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7900	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7950	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8000	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8050	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8100	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8150	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8200	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8250	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8300	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8350	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8400	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8450	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8500	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000

#### 4.5. Sol Femur İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması

Çalışmada 10 postoperatif prostat hastası tedavi planlamaları yapıldı. 5 alanlı 3BKRT ve YART tekniği için DVH' ler elde edildi (Şekil 4.5.). Ayrıca her hasta için kritik organ olan sol femur için 3BKRT ve YART tekniği için belirli doz değerlerine karşılık gelen hacimlerin tabloları oluşturuldu (Çizelge 4.5.).



Şekil 4.5. Sol Femur için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması

YART tekniğinde sol femur bir hasta hariç 4700 cGy geçerken diğer dokuz hastada 4700 cGy' in altında kalmıştır. 3BKRT ise 7000 cGy'in altında doz bulunmamaktadır. DVH'den de görüldüğü gibi YART tekniğinin 3BKRT göre üstünlüğü açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.5. 3BKRT ve YART için sol femurun aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
50	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
100	94,36	100,00	98,1910	2,17647	94,09	100,00	98,0470	2,41623
150	88,03	100,00	95,7980	5,03255	84,35	100,00	94,1750	6,11413
200	84,64	100,00	93,6300	6,55285	79,47	100,00	91,0160	7,89727
250	82,77	100,00	92,5260	7,47934	76,85	100,00	88,6470	8,89959
300	81,48	100,00	91,6190	8,15479	75,25	100,00	87,0190	9,58485
350	80,38	100,00	90,8290	8,67643	73,99	99,99	85,8080	10,06676
400	79,33	100,00	90,1540	9,05968	72,99	99,93	84,7550	10,45259
450	78,19	100,00	89,5340	9,36858	72,02	99,82	83,8150	10,78366
500	77,21	100,00	88,9730	9,62043	71,12	99,66	83,0490	11,08644
550	76,33	100,00	88,4620	9,82213	69,54	99,48	82,2180	11,36939
600	75,51	100,00	87,9850	10,00350	67,95	99,28	81,5010	11,64423
650	74,72	100,00	87,5360	10,17724	66,31	99,05	80,6840	11,90786
700	73,97	100,00	87,1070	10,34283	64,56	98,80	79,9530	12,19454
750	73,27	100,00	86,6950	10,49979	62,54	98,52	79,0830	12,51233
800	72,60	100,00	86,2970	10,64984	59,91	98,22	78,1290	12,93609
850	71,97	100,00	85,9110	10,79310	57,00	97,87	77,0120	13,45396
900	71,34	100,00	85,5320	10,93593	54,02	97,44	75,6070	14,07104
950	70,72	100,00	85,1610	11,08117	51,26	96,91	74,2270	14,59722
1000	70,12	100,00	84,8050	11,22597	48,97	96,33	72,8690	15,00616
1050	69,53	100,00	84,4570	11,36969	47,15	95,75	71,6350	15,28914
1100	68,95	100,00	84,1240	11,51195	45,67	95,01	70,1510	15,49701
1150	68,38	100,00	83,8070	11,65028	44,42	94,22	68,8130	15,61136
1200	67,84	100,00	83,5030	11,78743	43,35	93,40	67,4720	15,70091
1250	67,31	100,00	83,2100	11,92184	42,39	92,57	66,1370	15,78679
1300	66,79	100,00	82,9270	12,05270	41,52	91,72	64,9870	15,80122
1350	66,29	100,00	82,6530	12,18238	40,71	90,86	64,0090	15,74489
1400	65,81	100,00	82,3870	12,31064	39,96	89,98	62,8820	15,75361
1450	65,34	100,00	82,1280	12,43709	39,25	89,06	62,0010	15,64154
1500	64,88	100,00	81,8770	12,56063	38,58	88,09	61,0790	15,56244
1550	64,43	100,00	81,6320	12,67969	37,95	87,08	60,1220	15,44934
1600	63,99	100,00	81,3930	12,79803	37,39	86,00	59,3260	15,25624
1650	63,55	100,00	81,1590	12,91336	36,75	84,86	58,5240	15,05625
1700	63,11	100,00	80,9270	13,02893	36,19	83,64	57,7430	14,82409
1750	62,68	100,00	80,7010	13,14190	35,64	82,30	56,9270	14,51627
1800	62,25	100,00	80,4770	13,25623	35,11	80,83	56,1670	14,27798
1850	61,82	100,00	80,2580	13,36784	34,59	79,21	55,2920	14,04104
1900	61,40	100,00	80,0390	13,47927	34,08	77,36	54,3380	13,64673
1950	60,97	100,00	79,8230	13,59180	33,58	75,23	53,3750	13,24012
2000	60,55	100,00	79,6090	13,70210	33,09	72,88	52,3810	12,77636
2050	60,13	100,00	79,3990	13,81241	32,61	70,39	51,2470	12,07430
2100	59,71	100,00	79,1880	13,92322	32,13	67,84	49,9080	11,09282
2150	59,30	100,00	78,9770	14,03714	31,65	65,36	48,4640	10,07907
2200	58,88	100,00	78,7730	14,14251	31,18	62,88	47,0580	9,27097
2250	58,46	100,00	78,5670	14,25303	30,70	60,44	45,6730	8,64953
2300	58,04	100,00	78,3600	14,36300	30,23	58,06	44,3140	8,20608
2350	57,63	100,00	78,1520	14,46954	29,76	55,72	42,9790	7,92475
2400	57,20	100,00	77,9450	14,58093	29,28	53,44	41,5640	7,78485
2450	56,78	100,00	77,7370	14,69010	28,81	51,25	40,2730	7,72344
2500	56,35	100,00	77,5260	14,79862	27,96	49,13	38,9960	7,75118
2550	55,92	100,00	77,3140	14,90735	24,43	47,07	37,7510	7,88204
2600	55,49	100,00	77,0990	15,01608	20,97	45,08	36,4810	8,09749
2650	55,06	100,00	76,8820	15,12341	18,29	43,12	35,3150	8,21769
2700	54,62	100,00	76,6610	15,23336	16,29	41,69	34,1010	8,18692
2750	54,17	100,00	76,4350	15,34268	14,60	40,44	32,8310	8,07348

Çizelge 4.5. (Devam) 3BKRT ve YART için sol femurun aldığı doza karşılık gelen hacim

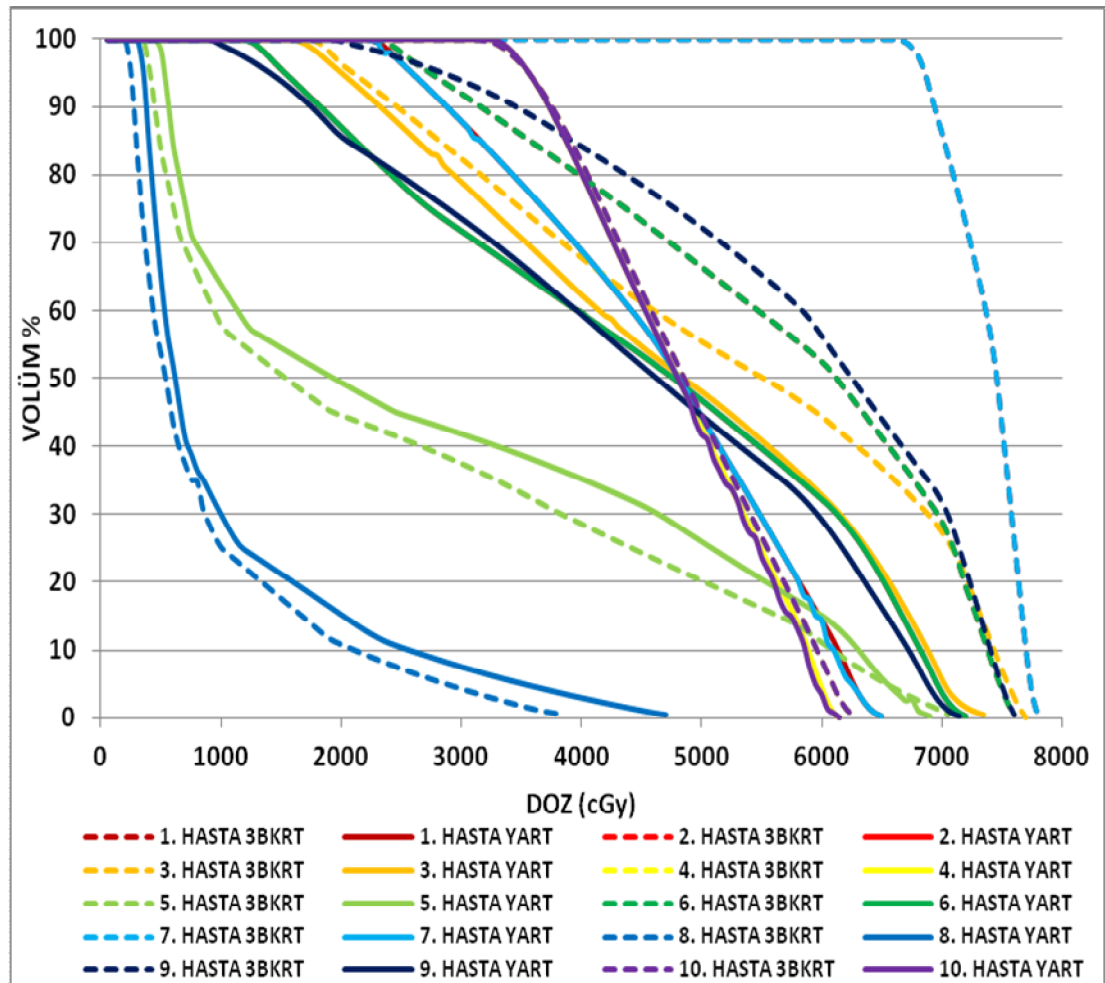
Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
2800	53,72	100,00	76,2050	15,45190	13,14	39,07	31,6070	7,93717
2850	53,26	100,00	75,9710	15,56284	11,87	37,65	30,2450	7,72594
2900	52,79	100,00	75,7330	15,67490	10,72	36,34	28,8180	7,49563
2950	52,30	100,00	75,4860	15,79146	9,65	35,02	27,2490	7,25659
3000	51,79	100,00	75,2280	15,91109	8,67	33,53	25,4350	6,98537
3050	51,25	100,00	74,9600	16,03503	7,76	31,78	23,5310	6,78704
3100	50,71	100,00	74,6810	16,15818	6,92	29,65	21,5850	6,58494
3150	50,15	100,00	74,3890	16,28380	6,12	27,03	19,5870	6,34842
3200	49,58	100,00	74,0860	16,40830	5,38	24,38	17,5860	6,09535
3250	48,98	99,99	73,7640	16,53593	4,70	22,31	15,6570	5,90452
3300	48,35	99,97	73,4250	16,66469	4,07	20,72	13,7900	5,75111
3350	47,66	99,96	73,0620	16,80267	3,41	19,35	11,9530	5,65979
3400	46,88	99,94	72,6630	16,95216	2,03	18,14	10,2460	5,48047
3450	46,00	99,91	72,2240	17,11790	1,34	17,09	8,7480	5,20607
3500	45,07	99,88	71,7420	17,29589	0,87	16,15	7,4250	4,93487
3550	44,05	99,86	71,2000	17,49885	0,52	15,30	6,3090	4,68063
3600	42,91	99,82	70,5740	17,72712	0,28	14,52	5,3580	4,43117
3650	41,63	99,79	69,8600	17,99475	0,14	13,80	4,5340	4,21604
3700	40,28	99,75	69,0800	18,28162	0,06	13,15	3,8140	3,99747
3750	38,91	99,71	68,2440	18,57951	0,01	12,53	3,2230	3,78304
3800	37,35	99,63	67,3660	18,90916	0,00	11,94	2,7570	3,60822
3850	35,50	99,48	66,4140	19,29098	0,00	11,37	2,3890	3,44579
3900	33,49	99,14	65,3550	19,68600	0,00	10,84	2,0880	3,29948
3950	32,19	98,48	64,3120	19,90273	0,00	10,31	1,8580	3,15268
4000	30,95	97,47	63,2440	20,04293	0,00	9,81	1,6600	3,01149
4050	29,64	96,22	62,1470	20,11802	0,00	9,33	1,4770	2,87894
4100	28,27	94,88	61,0210	20,13765	0,00	8,86	1,3210	2,74430
4150	26,92	93,48	59,8830	20,12042	0,00	8,41	1,1890	2,61334
4200	25,59	92,05	58,7190	20,09288	0,00	7,96	1,0700	2,48101
4250	24,31	90,72	57,5490	20,07958	0,00	7,52	0,9660	2,35039
4300	23,03	89,40	56,3450	20,07580	0,00	7,10	0,8760	2,22401
4350	21,74	88,05	55,1020	20,07514	0,00	6,67	0,7970	2,09277
4400	20,46	86,71	53,8370	20,07588	0,00	6,26	0,7320	1,96433
4450	19,19	85,30	52,5220	20,06660	0,00	5,85	0,6720	1,83555
4500	17,95	83,79	51,1320	20,04100	0,00	5,46	0,6120	1,71366
4550	16,78	82,12	49,6970	19,96626	0,00	5,07	0,5130	1,60122
4600	15,64	80,15	48,1510	19,83010	0,00	4,69	0,4710	1,48242
4650	14,65	77,70	46,5200	19,56220	0,00	4,33	0,4340	1,36892
4700	14,07	74,95	44,7620	18,99717	0,00	3,98	0,3980	1,25859
4750	13,54	72,28	42,9270	18,11825	0,00	3,63	0,3630	1,14791
4800	13,02	69,40	41,1690	17,12111	0,00	3,31	0,3310	1,04671
4850	12,55	66,73	39,5010	16,20172	0,00	2,99	0,2990	0,94552
4900	12,09	64,73	38,1770	15,70929	0,00	2,67	0,2670	0,84433
4950	11,66	63,29	37,2240	15,48635	0,00	2,37	0,2370	0,74946
5000	11,24	62,16	36,4360	15,30271	0,00	2,09	0,2090	0,66092
5050	10,83	61,20	35,7130	15,15999	0,00	1,83	0,1830	0,57870
5100	10,44	60,34	35,0390	15,04011	0,00	1,61	0,1610	0,50913
5150	10,05	59,57	34,3940	14,94321	0,00	1,42	0,1420	0,44904
5200	9,68	58,85	33,7700	14,85278	0,00	1,26	0,1260	0,39845
5250	9,30	58,18	33,1660	14,77637	0,00	1,12	0,1120	0,35418
5300	8,93	57,53	32,5710	14,70316	0,00	0,99	0,0990	0,31307
5350	8,86	56,91	32,0170	14,58301	0,00	0,88	0,0880	0,27828
5400	8,20	56,31	31,4110	14,57345	0,00	0,77	0,0770	0,24350
5450	7,83	55,73	30,8350	14,51483	0,00	0,67	0,0670	0,21187
5500	7,47	55,16	30,2620	14,45940	0,00	0,58	0,0580	0,18341

Çizelge 4.5. (Devam) 3BKRT ve YART için sol femurun aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz(cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
5550	7,11	54,60	29,6870	14,40434	0,00	0,50	0,0500	0,15811
5600	6,75	54,05	29,1120	14,35133	0,00	0,42	0,0420	0,13282
5650	6,38	53,49	28,5310	14,29809	0,00	0,35	0,0350	0,11068
5700	6,01	52,93	27,9390	14,24823	0,00	0,29	0,0290	0,09171
5750	5,64	52,38	27,3410	14,19896	0,00	0,23	0,0230	0,07273
5800	5,27	51,83	26,7370	14,14780	0,00	0,18	0,0180	0,05692
5850	4,90	51,27	26,1210	14,09650	0,00	0,14	0,0140	0,04427
5900	4,54	50,71	25,4950	14,04239	0,00	0,10	0,0100	0,03162
5950	4,17	50,14	24,8510	13,98808	0,00	0,07	0,0070	0,02214
6000	3,81	49,56	24,1950	13,92744	0,00	0,04	0,0040	0,01265
6050	3,44	48,98	23,5190	13,86464	0,00	0,02	0,0020	0,00632
6100	3,09	48,38	22,8160	13,79234	0,00	0,01	0,0010	0,00316
6150	2,75	47,77	22,0920	13,71273	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6200	2,42	47,14	21,3350	13,61893	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6250	2,10	46,49	20,5430	13,51302	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6300	1,79	45,82	19,7110	13,38779	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6350	1,48	45,12	18,8240	13,23817	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6400	1,19	44,39	17,8670	13,05189	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6450	0,91	43,62	16,8100	12,81197	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6500	0,63	42,73	15,5640	12,46116	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6550	0,35	41,91	14,0990	12,08579	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6600	0,09	40,94	12,3730	11,78360	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6650	0,00	39,90	10,5200	11,60906	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6700	0,00	38,72	8,6150	11,56441	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6750	0,00	37,16	7,1630	11,19596	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6800	0,00	33,99	5,7960	10,32166	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6850	0,00	28,81	4,4910	8,82017	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6900	0,00	23,99	3,4380	7,39978	0,00	0,00	0,0000	0,00000
6950	0,00	20,13	2,6400	6,26611	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7000	0,00	16,66	2,0420	5,21934	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7050	0,00	13,41	1,5890	4,20493	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7100	0,00	10,61	1,2050	3,32936	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7150	0,00	8,23	0,8870	2,58711	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7200	0,00	6,28	0,6400	1,98205	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7250	0,00	4,74	0,4740	1,49892	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7300	0,00	3,52	0,3520	1,11312	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7350	0,00	2,52	0,2520	0,79689	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7400	0,00	1,69	0,1690	0,53442	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7450	0,00	0,99	0,0990	0,31307	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7500	0,00	0,49	0,0490	0,15495	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7550	0,00	0,12	0,0120	0,03795	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7600	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7650	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7700	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7750	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7800	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7850	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7900	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7950	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8000	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8050	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8100	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8150	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8200	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8250	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8300	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8350	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8400	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8450	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8500	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000

#### 4.6. Penis Kökü İçin 3BKRT ve YART Tekniklerinin Karşılaştırılması

Çalışmada 10 hasta için 3BKRT ve YART tekniklerinde penis kökü diğer kritik organlara sıkıntı oluşturmayacak şekilde korunmaya çalışılmıştır. Her iki teknik için DVH ve tablolar oluşturulmuştur.



Şekil 4.5. PenisKökü için 3BKRT ve YART tekniklerinin DVH' lerin karşılaştırılması

3BKRT tekniği sadece bir hastada düşük dozlar için penis kökü koruması YART tekniğine göre daha iyidir. Yüksek dozlara çıkıldıkça YART tekniğinin 3BKRT tekniğine göre penis korumasının daha iyi olduğu açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.6. 3BKRT ve YART için penis kökünün aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MINİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MINİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
50	100,00	100,00	100,0000	0,00000	100,00	100,00	100,0000	0,00000
100	94,55	100,00	99,4550	1,72344	100,00	100,00	100,0000	0,00000
150	89,56	100,00	98,9560	3,30142	100,00	100,00	100,0000	0,00000
200	86,17	100,00	98,6170	4,37343	100,00	100,00	100,0000	0,00000
250	83,98	100,00	97,8610	5,16101	100,00	100,00	100,0000	0,00000
300	82,36	100,00	96,5580	7,25920	100,00	100,00	100,0000	0,00000
350	72,48	100,00	95,3520	10,00440	95,30	100,00	99,5300	1,48627
400	64,68	100,00	94,0160	12,08263	83,91	100,00	98,3910	5,08810
450	57,83	100,00	92,6050	14,11059	73,53	100,00	97,3530	8,37055
500	53,36	100,00	91,4740	15,66752	64,30	100,00	96,2550	11,24130
550	48,63	100,00	90,5030	17,28763	56,68	100,00	94,8360	13,65925
600	43,40	100,00	89,5000	19,06982	51,64	100,00	93,6050	15,53769
650	39,81	100,00	88,6670	20,43864	46,07	100,00	92,5980	17,52508
700	37,38	100,00	88,1340	21,34394	41,06	100,00	91,6610	19,36875
750	35,05	100,00	87,6380	22,20032	38,81	100,00	91,0050	20,44574
800	34,81	100,00	87,3560	22,50971	36,37	100,00	90,5860	21,32657
850	30,66	100,00	86,6780	23,84492	35,01	100,00	90,3070	21,86911
900	28,58	100,00	86,2140	24,63871	33,24	100,00	89,9870	22,52863
950	26,65	100,00	85,7670	25,39287	31,55	100,00	89,6450	23,14902
1000	25,14	100,00	85,3650	26,03836	29,90	100,00	89,2910	23,74898
1050	24,34	100,00	85,1230	26,40040	28,29	100,00	88,9480	24,34452
1100	23,58	100,00	84,9130	26,72014	26,76	100,00	88,6100	24,91996
1150	22,83	100,00	84,7080	27,03467	25,47	100,00	88,2960	25,42623
1200	22,07	100,00	84,5040	27,35084	24,69	100,00	88,0150	25,78822
1250	21,32	100,00	84,3060	27,66098	24,10	100,00	87,7300	26,03429
1300	20,57	100,00	84,1090	27,97074	23,52	100,00	87,4430	26,18143
1350	19,82	100,00	83,9140	28,27945	22,93	100,00	87,1170	26,31456
1400	19,08	100,00	83,7230	28,58329	22,33	100,00	86,7610	26,44181
1450	18,32	100,00	83,5310	28,89170	21,74	100,00	86,4030	26,57043
1500	17,57	100,00	83,3420	29,19585	21,14	100,00	86,0480	26,70877
1550	16,83	100,00	83,1540	29,49769	20,59	100,00	85,6990	26,83766
1600	16,08	100,00	82,9670	29,79967	19,95	100,00	85,3340	26,99181
1650	15,34	100,00	82,7810	30,09931	19,35	100,00	84,9500	27,12873
1700	14,58	100,00	82,5960	30,40141	18,75	100,00	84,5520	27,25790
1750	13,83	100,00	82,4050	30,69611	18,15	100,00	84,1310	27,38225
1800	13,07	100,00	82,1850	30,97639	17,54	100,00	83,7030	27,50882
1850	12,33	100,00	81,9410	31,23253	16,93	100,00	83,2590	27,63217
1900	11,67	100,00	81,6870	31,46020	16,33	100,00	82,8080	27,75387
1950	11,20	100,00	81,4570	31,60022	15,72	100,00	82,3580	27,88434
2000	10,81	100,00	81,2270	31,70296	15,11	100,00	81,9280	28,02207
2050	10,44	100,00	81,0180	31,81196	14,51	100,00	81,5090	28,16479
2100	10,06	100,00	80,8160	31,92998	13,92	100,00	81,0950	28,30787
2150	9,69	100,00	80,6140	32,04628	13,35	100,00	80,6860	28,44823
2200	9,33	100,00	80,4110	32,16096	12,79	100,00	80,2750	28,59145
2250	8,97	100,00	80,2090	32,27884	12,28	100,00	79,8450	28,70407
2300	8,62	100,00	79,9960	32,38974	11,79	100,00	79,3770	28,78217
2350	8,28	100,00	79,7390	32,47009	11,34	100,00	78,8690	28,82114
2400	7,94	100,00	79,4410	32,52425	10,97	100,00	78,3260	28,80760
2450	7,63	100,00	79,1220	32,55525	10,64	100,00	77,7610	28,76031
2500	7,28	100,00	78,7740	32,58826	10,33	100,00	77,2210	28,70456
2550	6,96	100,00	78,4240	32,60976	10,04	100,00	76,6930	28,64590
2600	6,64	100,00	78,0760	32,63897	9,74	100,00	76,1670	28,59407
2650	6,33	100,00	77,7450	32,67970	9,45	100,00	75,6430	28,54213
2700	6,03	100,00	77,4090	32,71662	9,16	100,00	75,1270	28,49472
2750	5,73	100,00	77,0740	32,75735	8,88	100,00	74,6200	28,44836



Çizelge 4.6. (Devam) 3BKRT ve YART için penis kökünün aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz (cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
2800	5,43	100,00	76,7370	32,80248	8,60	100,00	74,1710	28,42246
2850	5,14	100,00	76,3950	32,84725	8,32	100,00	73,6090	28,36399
2900	4,86	100,00	76,0550	32,89282	8,05	100,00	73,1090	28,32635
2950	4,57	100,00	75,7130	32,94583	7,78	100,00	72,6060	28,29043
3000	4,29	100,00	75,3640	33,00029	7,52	100,00	72,1050	28,25697
3050	4,02	100,00	75,0090	33,05244	7,26	100,00	71,6010	28,22628
3100	3,75	100,00	74,6520	33,10910	7,00	100,00	71,0970	28,19973
3150	3,49	100,00	74,2830	33,16077	6,74	100,00	70,5880	28,17447
3200	3,24	100,00	73,9030	33,20922	6,49	100,00	70,0760	28,15220
3250	2,98	100,00	73,5120	33,25821	6,24	99,95	69,5540	28,12130
3300	2,73	100,00	73,1010	33,29906	6,00	99,75	68,9990	28,05522
3350	2,48	100,00	72,6600	33,32715	5,76	99,30	68,3910	27,92991
3400	2,24	100,00	72,1920	33,35009	5,52	98,56	67,7300	27,73552
3450	2,00	100,00	71,7010	33,37854	5,29	97,61	67,0230	27,48754
3500	1,76	100,00	71,1850	33,41380	5,06	96,53	66,2840	27,20580
3550	1,52	100,00	70,6370	33,45828	4,83	95,32	65,5240	26,89192
3600	1,30	100,00	70,0630	33,51195	4,61	93,98	64,7310	26,54439
3650	1,10	100,00	69,4580	33,57529	4,39	92,54	63,9160	26,17416
3700	0,91	100,00	68,8350	33,64856	4,17	90,97	63,0740	25,77295
3750	0,75	100,00	68,1880	33,73330	3,96	89,33	62,2180	25,35414
3800	0,61	100,00	67,5250	33,83366	3,75	87,60	61,3410	24,91734
3850	0,43	100,00	66,8180	33,98311	3,54	85,82	60,4500	24,46966
3900	0,37	100,00	66,1850	34,03439	3,33	84,00	59,5510	24,01669
3950	0,27	100,00	65,5630	34,07747	3,13	82,14	58,6430	23,55515
4000	0,19	100,00	64,9370	34,12229	2,93	80,26	57,7690	23,09749
4050	0,13	100,00	64,3010	34,17367	2,73	78,31	56,8000	22,62305
4100	0,08	100,00	63,6710	34,22378	2,53	76,34	55,8690	22,15536
4150	0,04	100,00	63,0470	34,26777	2,34	74,39	54,9380	21,69376
4200	0,02	100,00	62,4300	34,30585	2,14	72,46	54,0090	21,24425
4250	0,00	100,00	61,8230	34,34452	1,95	70,55	53,1120	20,81064
4300	0,00	100,00	61,2260	34,38179	1,77	68,66	52,1610	20,36812
4350	0,00	100,00	60,6350	34,42051	1,58	66,77	51,2360	19,94122
4400	0,00	100,00	60,0410	34,46346	1,40	64,89	50,3100	19,52258
4450	0,00	100,00	59,4490	34,50870	1,22	63,01	49,3860	19,11068
4500	0,00	100,00	58,8680	34,56060	1,04	61,15	48,4550	18,70944
4550	0,00	100,00	58,2890	34,60493	0,88	59,30	47,5130	18,30896
4600	0,00	100,00	57,7350	34,63686	0,71	57,45	46,5600	17,91751
4650	0,00	100,00	57,1940	34,65511	0,56	55,59	45,5820	17,52176
4700	0,00	100,00	56,6560	34,67686	0,43	53,73	44,6120	17,13549
4750	0,00	100,00	56,1260	34,69684	0,31	51,90	43,6280	16,75281
4800	0,00	100,00	55,6000	34,72124	0,22	50,60	42,6360	16,37210
4850	0,00	100,00	55,0750	34,74868	0,14	49,94	41,6420	15,99981
4900	0,00	100,00	54,5540	34,78053	0,08	49,29	40,6460	15,63361
4950	0,00	100,00	54,0330	34,81933	0,04	48,65	39,5530	15,24400
5000	0,00	100,00	53,5170	34,86309	0,01	48,02	38,5590	14,90609
5050	0,00	100,00	53,0000	34,91283	0,00	47,37	37,6670	14,60058
5100	0,00	100,00	52,4850	34,96991	0,00	46,70	36,5710	14,26390
5150	0,00	100,00	51,9700	35,03560	0,00	46,01	35,5770	13,96666
5200	0,00	100,00	51,4570	35,10695	0,00	45,33	34,5800	13,68860
5250	0,00	100,00	50,9460	35,18498	0,00	44,62	33,6840	13,42933
5300	0,00	100,00	50,4370	35,26881	0,00	43,91	32,6910	13,18900
5350	0,00	100,00	49,9250	35,35976	0,00	43,17	31,5920	12,98739
5400	0,00	100,00	49,4180	35,45650	0,00	42,42	30,5910	12,79433
5450	0,00	100,00	48,9040	35,56108	0,00	41,66	29,6940	12,59457
5500	0,00	100,00	48,3930	35,67281	0,00	40,91	28,5970	12,48362

Çizelge 4.6. (Devam) 3BKRT ve YART için penis kökünün aldığı doza karşılık gelen hacim

Doz(cGy)	3BKRT				YART			
	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	ORTALAMA	STD. SAPMA
5550	0,00	100,00	47,8780	35,79293	0,00	40,15	27,5920	12,36665
5600	0,00	100,00	47,3630	35,92067	0,00	39,38	26,5790	12,27619
5650	0,00	100,00	46,8410	36,05386	0,00	38,60	25,4650	12,28328
5700	0,00	100,00	46,3230	36,18933	0,00	37,81	24,4510	12,25256
5750	0,00	100,00	45,7900	36,33553	0,00	37,01	23,5290	12,15414
5800	0,00	100,00	45,2530	36,48969	0,00	36,20	22,5070	12,16886
5850	0,00	100,00	44,6950	36,65974	0,00	35,37	21,4090	12,25641
5900	0,00	100,00	44,1010	36,84545	0,00	34,54	20,1350	12,55030
5950	0,00	100,00	43,4220	37,09214	0,00	33,69	18,9410	12,79688
6000	0,00	100,00	42,8370	37,22209	0,00	32,83	17,8500	12,93692
6050	0,00	100,00	42,1750	37,41631	0,00	31,95	16,6970	13,15640
6100	0,00	100,00	41,4710	37,61431	0,00	31,05	15,7100	13,10802
6150	0,00	100,00	40,7740	37,80251	0,00	30,10	14,7350	12,95504
6200	0,00	100,00	40,1280	37,94559	0,00	29,09	13,8110	12,64683
6250	0,00	100,00	39,5290	38,03707	0,00	28,01	12,8380	12,34449
6300	0,00	100,00	38,9780	38,08075	0,00	26,89	11,9020	12,00632
6350	0,00	100,00	38,4640	38,09088	0,00	25,71	10,9990	11,61391
6400	0,00	100,00	37,9610	38,10167	0,00	24,49	10,1460	11,15114
6450	0,00	100,00	37,4390	38,11970	0,00	23,20	9,3420	10,60444
6500	0,00	100,00	36,9240	38,14562	0,00	21,85	8,5770	9,97869
6550	0,00	100,00	36,4080	38,17445	0,00	20,45	7,8480	9,28065
6600	0,00	100,00	35,9110	38,19096	0,00	18,99	7,1450	8,53565
6650	0,00	99,89	35,4010	38,15704	0,00	17,49	6,4460	7,77912
6700	0,00	99,48	34,8350	38,01794	0,00	15,95	5,7470	7,01941
6750	0,00	98,69	34,1780	37,73729	0,00	14,37	5,1420	6,21022
6800	0,00	97,45	33,4340	37,28962	0,00	12,75	4,3300	5,48491
6850	0,00	95,26	32,5020	36,48093	0,00	11,11	3,6170	4,69249
6900	0,00	92,09	31,3680	35,29700	0,00	9,46	2,9040	3,86781
6950	0,00	89,03	30,2250	34,15363	0,00	7,73	2,1920	3,00859
7000	0,00	85,89	28,9730	32,98217	0,00	5,79	1,5450	2,18071
7050	0,00	82,65	27,5700	31,78198	0,00	4,17	1,0300	1,50849
7100	0,00	79,33	26,0190	30,54394	0,00	3,04	0,6600	1,03614
7150	0,00	75,92	24,3440	29,25621	0,00	2,20	0,3990	0,70850
7200	0,00	72,34	22,5280	27,92933	0,00	1,57	0,2310	0,49192
7250	0,00	68,66	20,8040	26,57207	0,00	1,11	0,1350	0,34619
7300	0,00	64,91	19,0030	25,22307	0,00	0,74	0,0800	0,23224
7350	0,00	60,96	17,1710	23,82334	0,00	0,47	0,0470	0,14863
7400	0,00	56,37	15,2210	22,19376	0,00	0,25	0,0250	0,07906
7450	0,00	50,30	13,0000	19,97875	0,00	0,09	0,0090	0,02846
7500	0,00	42,38	10,4660	17,00436	0,00	0,02	0,0020	0,00632
7550	0,00	34,09	7,9670	13,86075	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7600	0,00	25,75	5,6090	10,65748	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7650	0,00	17,33	3,6090	7,24533	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7700	0,00	9,36	1,8770	3,94392	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7750	0,00	3,23	0,6460	1,36189	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7800	0,00	0,22	0,0440	0,09276	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7850	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7900	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
7950	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8000	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8050	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8100	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8150	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8200	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8250	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8300	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8350	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8400	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8450	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000
8500	0,00	0,00	0,0000	0,00000	0,00	0,00	0,0000	0,00000

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Prostat kanseri tedavisinde kullanılan 3BKRT de BT ile hedef hacim rahatlıkla belirlenebildiği için daha sınırlı bir marjinle daha yüksek radyoterapi dozlarına çıkmak mümkün olabilmektedir. Bu tekniğin daha gelişmiş olan YART ile her bir ışının yoğunluğu ayarlanarak daha homojen bir doz dağılımı elde edilebilmektedir. Bu sayede çevrede bulunan kritik organların minimum tümörün ise maksimum doz alması sağlanabilmektedir. Bu çalışmada günümüzde en çok kullanılan tedavi tekniklerinden 3BKRT ve YART teknikleri on farklı hasta için karşılaştırılmıştır.

3BKRT ve YART tekniği kullanılarak yapılan planlamaların kritik organ doz sınırları RTOG referans alınarak değerlendirilmiştir. Deneysel olarak çalışmamda 5 alanlı 3BKRT ve YART tekniğinde planlanan tümör hacminin %95' inin hedefe verilmek istenen 76 Gy' in % 95' ini alması istenirken 3BKRT tekniğinde YART tekniğine göre maksimum sıcak noktaların daha fazla olduğu gözlenmiş ayrıca bütün kritik organ korumalarında YART tekniğine göre zayıf kalmaktadır. En önemli kritik organlardan rektum ve mesane için özellikle yüksek doz alan bölgelerde YART tekniği daha iyi sonuçlar vermektedir. Kritik organlardan biri olan penis kökü için YART tekniğinin 3BKRT tekniğine göre çok daha iyidir. Diğer bir kritik organ olan sağ ve sol femur için 3BKRT tekniğinde bütün hastalar için 70 Gy alan dozlar görülürken , YART tekniğinde 50 Gy'i geçen dozlar görülmemektedir. Bu doz değerlerinden de anlaşılacağı gibi YART tekniğinin 3BKRT tekniğine göre femur korumasının daha iyi olduğu açıkça görülmektedir.

YART tekniği planının hazırlanması için daha çok zaman ve emek gerektirmekle kalmayıp, tedavinin doz değerlerinin kontrolleri için yapılan kalite kontrol ölçümleri ise fizikçinin ve tedavi cihazının geniş zamanını almaktadır. 3BKRT de ise hastanın tedavi planlaması, tedaviye giriş süreci ve tedavi süresi daha kısa olmakta, yeterli tümör dozu verilebilmesine karşın sağlam doku dozları da YART'a oranla daha fazla olmaktadır.

## 5.2. Öneriler

Hızla gelişen teknoloji ile birlikte radyoterapide kullanılan teknikler de zamanla değişmektedir. kV mertebelerinden başlayarak MV mertebesinde ışınlar kullanılmaya başlanmış ve ışın tedavisi veren birçok tedavi cihazı hastanelerde kullanılmaya başlanmıştır. Tedavi cihazları değişirken hastaya verilen tedavi teknikleri ve doz hesaplama algoritmaları da değişime uğramıştır. Her tedavi tekniğinin kendine has avantaj ve dezavantajları vardır. YART tekniği planının hazırlanması ve kontrollerinin yapılması 3BKRT tekniğine göre daha uzun zaman almaktadır fakat YART tekniği 3BKRT tekniğine göre kritik organları (rektum, mesane, penis kökü, sağ ve sol femur başları) daha iyi koruyarak daha yüksek dozlar vermemizi sağlamaktadır. Bu deneysel çalışma sonucunda postoperatif prostat kanserlerinde YART tekniği uygulanması tavsiye edilmektedir. Özellikle YART planlarında yüksek dozlara çıkıldığı düşünülürse mesanenin dolu rektumun boş olması tavsiye edilebilir. YART planlamalarında ışına yoğunluk kazandıran ÇYK hareketlerinin doğru şekilde çalıştığını anlayabilmek için mutlaka kalite kontrol testlerinin rutin bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Yapılan bu çalışma sonucunda, yüksek dozlara çıkılırken sağlam dokuların ve kritik organların korunmasında YART tekniğinin 3BKRT tekniğine göre daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Adil, D., "Lineer Hızlandırıcılarda Elde Edilen X Işınlarıyla Kanseri Tedavisi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara, 5-6 (2005).
2. Horoz, R., "Prostat Kanseri Tanısında Prostat Masajı Sonrası PSA Dinamiğinin Diagnostik Değeri", *Uzmanlık Tezi, Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi*, İstanbul, 20-30(2006).
3. Tanagho, E.A., "Anatomy of the genitourinary tract. " Tanagho, T.A.,McAninch, J.E. (Ed.). *Smith's General Urology Nonvalk: Appleton& Lange*, 1-16 (1995).
4. Jemal , A., Siegel, R., Ward, E., et al. "Cancer statistics", *CA Cancer J Clin* 71-96 (2008).
5. Carter, B.S., Beaty, T.H., Bova, G.S., "Hereditary prostate cancer epidemiologic and clinical features," *J Urol.*, 150, 797-802 (1993).
6. Begun, F.P., "Epidemiology and natural history of prostate cancer". Lepor, H., Lawson, R.K. ,(Ed.). Prostate Disease Philadelphia:*WB Saunders Company*, 257-268 (1993).
7. Dalsuna, S., "Prostat Kanseri Tedavisinde Konvansiyonel ve Konformal Radyoterapi Tekniklerinin Karşılaştırılması". Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi*, Ankara,15-39 (2007).
8. Perez, C.A., Halperin, E.C., Brady, L.W., "Perez and Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology". *Fifth Edition. Philadelphia, USA: Lippincott Williams and Wilkins* (2008).
9. D'Amico, A.V., Whittington, R., Kaplan, I., "Equivalent biochemical failure-free survival after external beam radiation therapy or radical prostatectomy in patients with pretreatment prostate specific antigen of 4>20ng mL". *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 37, 1053-58 (1997).
10. Litwin, M. S., Hays, R.D., Fink, A., "Quality-of-life outcomes in men treated for localized prostate cancer". *JAMA*, 273, 129 (1995).
11. Leibel, S.A., Fuks, Z., Zelefsky, M.J., ve diğerleri. "Technological advances in external-beam radiation therapy for the treatment of localized prostate cancer". *Semin Oncol.*, 30, 596 (2003).
12. *ICRU report 50, ICRU report 62* (1999).

13. Khan, FM., "The Physics of Radiation Therapy", *3rd edition*; 42–43, 160–161, 179, 467–478, 507–517 (2003).
14. Ertürk, M. E., "Film Dozimetre ve İki Boyutlu İyon Odası Kullanılarak doz Haritalarının Tedavi Planlama Sisteminden Elde Edilen Doz Haritaları İle Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi*, Ankara, 10-30 (2008).
15. Sankar, A., Komanduri, M., Nehru, R., Kurup, G., Muralı, V., Enke, C. "Comparison of Kodak EDR2 and Gafchromic EBT film for intensity modulated radiation therapy dose distribution verification, *Medical Dosimetry*", 31(4): 273-282 (2006).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜL, Osman Vefa  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 12.04.1987 Kadınhanı  
Medeni hali : Bekar  
e-mail : [vefagul1987@gmail.com](mailto:vefagul1987@gmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Fizik Bölümü	2013
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Fizik Bölümü	2010
Lise	Mehmet Akif Ersoy Lisesi	2004

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2012	Meram Tıp Fakültesi Hastanesi	Sağlık Fizikçisi
2012-2013	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi	Sağlık Fizikçisi

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Futbol, bilgisayar teknolojileri, seyahat etmek.