

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

6 MeV, 8 MeV, 10 MeV, 12 MeV ELEKTRON DEMETLERİNDE FARKLI
SSD'LERDE (KAYNAK YÜZEY MESAFESİ) STANDART KON İÇİNE
YERLEŞTİRİLEN CUTOUTLARIN (ALAN ŞEKİLLENDİRİCİLERİN)
YÜZDE DERİN DOZ VE VERİME OLAN ETKİLERİ

102746
Bülent YAPICI

Hacettepe Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin
Radyasyon Tedavi Fiziği ve Planlaması Programı için Öngördüğü
BİLİM UZMANLIĞI TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

102746

ANKARA

2001

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

6 MeV, 8 MeV, 10 MeV, 12 MeV ELEKTRON DEMETLERİNDE FARKLI
SSD'LERDE (KAYNAK YÜZEY MESAFESİ) STANDART KON İÇİNE
YERLEŞTİRİLEN CUTOUTLARIN (ALAN ŞEKİLLENDİRİCİLERİN)
YÜZDE DERİN DOZ VE VERİME OLAN ETKİLERİ

Bülent YAPICI

Hacettepe Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin

Radyasyon Tedavi Fiziği ve Planlaması Programı için Öngördüğü

BİLİM UZMANLIĞI TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Murat GÜRKAYNAK

402 746

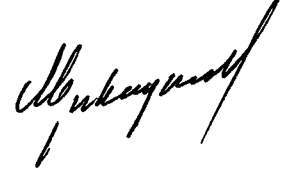
ANKARA

2001

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Radyasyon Tedavisi Fiziği ve planlaması programında Bilim Uzmanlığı tezi olarak kabul edilmiştir.

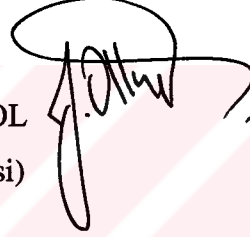
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat GÜRKAYNAK
(Hacettepe Üniversitesi)



Üye : Prof. Dr. İ.Lale ATAHAHAN
(Hacettepe Üniversitesi)



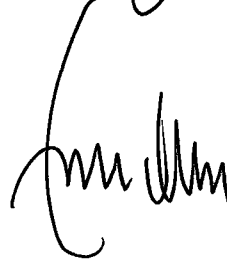
Üye : Prof. Dr. Fadıl AKYOL
(Hacettepe Üniversitesi)



Üye : Doç. Dr. Faruk ZORLU
(Hacettepe Üniversitesi)

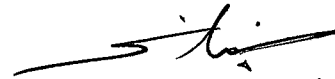


Üye : Doç. Dr. Enis ÖZYAR
(Hacettepe Üniversitesi)



ONAY :

Bu tez , Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Yönetim Kurulu'nun kararıyla kabul edilmiştir.



Prof. Dr. N. Sezgin İlgi

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, 6 MeV, 8MeV, 10 MeV, 12 MeV elektron enerjilerinde , farklı SSD'lerde (SSD 95,100,105,110 cm) 10x10 cm standart kon içine yerleştirilen cutoutların (Alan Şekillendirici), %DD (Yüzde Derin Doz) , verim ve gap (Boşluk) faktörlerine olan etkileri araştırılmıştır. Ayrıca 10x10, 10x6, 6x6 cm boyutlarındaki standart konlar ile aynı boyutlardaki cutoutların ve AxB ile BxA alan boyutlarındaki cutoutların farklı enerji ve SSD'lerde %DD karakteristikleri ile verim ve gap faktörlerinin farklılıkları karşılaştırılmıştır. %DD ve profil genişlikleri ölçümleri merkezi eksende, üç boyutlu Nucletron su fantomu ve 0.1cc Scanditronix iyon odası ile yapılmıştır. Verim ve gap faktörleri ölçümleri ise Markus tipi iyon odası ve RW-3 su eşdeğeri katı su fantomu kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler sonucunda, küçük alanlarda %DD karakteristik parametrelerinin yüzeye kaydığı ve alan boyutları 2Rp' den küçük cutoutlarda karakteristik parametrelerin mutlaka ölçülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. 8,10,12 MeV elektron enerjilerinde alan küçüldükçe yüzey dozlarının arttığı , buna karşın 6 MeV elektron enerjisinde azaldığı bulunmuştur. %85 profil genişlikleri SSD artışına bağlı olarak artmasına karşın 6 MeV elektron enerjisinde maksimum 3mm azalma gözlenmiştir. Bu nedenle düşük enerjilerde hasta yüzeyi uygunsa, tedavinin minimum SSD' de (SSD=95,100 cm) yapılması tercih edilmelidir. Verim faktörleri alan boyutu küçülmesiyle hızla düşmektedir. Ayrıca gap'in fonksiyonu olarak verim için , küçük alan boyutları ve enerjilerde ters kare kuralı geçerli olmamaktadır. Bundan dolayı verim için düzeltme faktörü olarak deneysel ölçüm verileri kullanılmalıdır. 10x10, 10x6, 6x6 cm boyutlarındaki standart konlar ile aynı boyutlardaki cutoutların verim faktörleri arasında özellikle düşük enerjilerde anlamlı farklılıklar bulunmuş olup , klinikte kullanılacak olan cutoutların doz hesaplamalarında mutlaka deneysel ölçüm sonuçları kullanılmalıdır. $OF(a,b)=[OF(a,a) \times OF(b,b)]^{1/2}$ formül geçerliliğine bakılmış olup, ölçülen değer ve bu formülle hesaplanan verim faktörleri arasındaki fark ± 0.1 içinde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Elektron demetleri,cutout,elektron dozimetrisi.

ABSTRACT

In this study, we searched for the effect of cerrobend beam-shaping cut-outs placed in 10x10 cm standard cone, utilized in electron beam therapy, on central axis-percentage depth dose (PDD), beam outputs and gap factors in various electron energies (6 MeV, 8 MeV, 10 MeV, 12 MeV) at different source skin distance (SSD) points (SSD; 95cm, 100 cm, 105 cm, 110 cm). We also compared differences of PDD, outputs and gap factors of standard cones of 10x10 cm, 10x6 cm, 6x6 cm with same size cerrobend cut-outs in various alignments of the cones.

PDD and beam profiles were measured at central axis by three dimensional Nucletron Water phantom and 0.1 cc Scanditronix ion chamber. Beam outputs and gap factors were measured by Marcus type ion chamber and water equivalent RW-3 solid water phantom. Measured PDD in small fields showed that movement of PDD parameters towards surface, which indicates that measurement of all characteristics parameters in personalized cut-outs that covers field size of less than 2 Rp should be done. At 8, 10, 12 MeV electron energies, as beam size decreases there was an increase in surface dose, however at 6 MeV there was decline in surface dose. Beam profiles at 85% PDD were wider as increase in SSD, in contrast the maximum change of beam profile was narrowing of 3 mm at 6 MeV electron energy. The minimum SSD should be considered at low energy levels, if patient surface is appropriate. Beam output factor declines rapidly as field size decreases. Furthermore, in small fields and low energy electron beams inverse square law is not appropriate for beam output factor as a function of air-gap. Thus, data of experimental measurements should be employed. Beam output factors of 10x10, 10x6, 6x6 cm standard cones and same size cerrobend cut-outs showed significant differences especially at low energies. So measured data should be used in dose calculations when cerrobend cut-outs are used in clinical practice. The formula $OF(a,b) = [OF(a,a) \times OF(b,b)]^{1/2}$ was also checked and there was only $\pm 1\%$ difference between measured and calculated beam outputs .

Keywords : Electron beams, cut-out, electron dosimetry

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında bana yol gösterip yardımcı olan danışmanım Doç.Dr. Murat Gürkaynak'a,

Başta Hacettepe Üniversitesi Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı başkanı Prof.Dr. İ.Lale Atahan olmak üzere ana bilim dalındaki tüm öğretim üyelerine,

Çalışmam sırasında bana gösterdiği anlayış ve yardımları için meslektaşlarım Hayati Aytaç, Salih Gürdallı ve Ali Doğan'a,

Tezimin ölçümleri sırasında bana yardımcı olan Nükleer Enerji Mühendisi Mustafa Vural'a,

Tezimin yazımı sırasında bana yardımcı olan Dr. Gökhan Özyiğit ve Dr. Sait Sarı'ya,

Tezim sırasında bana büyük destek veren ve sabırla karşılayan eşime,ayrıca doğacak olan ikizlerime,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | SAYFA |
|---|-------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ | iv |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vii |
| TABLolar DİZİNİ | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER | |
| 2.1 Elektron Lineer Hızlandırıcıları | 4 |
| 2.1.1 Hareketli Dalga Hızlandırıcıları | 4 |
| 2.1.2 Dalga Kılavuzu (Waweguide) | 5 |
| 2.1.3 Tedavi Kafası | 7 |
| 2.1.4 Philips SL-25 Lineer Hızlandırıcı | 8 |
| 2.2 Elektron Dozimetrisi | |
| 2.2.1 Elektronun Madde ile Etkileşmesi | 12 |
| 2.2.2 Elektron Demetlerinin Karakteristiği | 13 |
| 2.2.3 Demet Düzgünlüğü | 13 |
| 2.2.4 Demet Kolimasyonu | 13 |
| 2.2.5 Derin Doz | 13 |
| 2.2.6 Demet Enerjisi | 14 |
| 2.2.7 Merkezi Eksen Derin Doz ve İzodoz Eğrileri | 15 |
| 2.2.8 Kaynak Yüzey Uzaklığı (SSD) | 16 |
| 2.2.9 Alan Boyutu ve Şekli | 17 |
| 2.2.10 Klinik Tedavi Planlamasının Fiziksel ve Dozimetrik Yarı | |
| 2.2.10.1 Alan Boyutu ve Enerji Seçimi | 17 |
| 2.2.10.2 Verim Faktörü ve Gap Faktörü | 18 |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM | |
| 3.1 Araç ve Gereçler | 19 |
| 3.2 Yöntem | 19 |
| 3.2.1 Profil Düzgünlüğü ve Simetri Ölçümleri | 21 |
| 3.2.2 10x10 cm standart kon içine yerleştirilen cutoutların farklı enerji ve SSD'lerde %DD ve verim faktörü ölçümleri | 21 |
| 3.2.3 10x10 ,10x6, 6x6 cm ebatlarındaki aplikatör ve cutoutlar için farklı enerji lerde,farklı SSD'lerde %DD ve verim faktörü ölçümleri | 24 |
| 3.2.4 10x8,10x6,10x4 cm ebatlarındaki cutoutların kolimatör bağımlılığı için farklı enerjilerde,farklı SSD'lerde %DD ve verim faktörü ölçümleri | 25 |
| 3.2.5 Verim faktörü formülünün kontrolü | 25 |

SAYFA

4 BULGULAR

| | |
|--|----|
| 4.1 Demet düzgünlüğü ve simetri kontrolü | 26 |
| 4.2 10x10 cm boyutundaki standart kon ile aynı boyutlardaki cutoutların demet karakteristiklerindeki farklılıkları. | 27 |
| 4.2.1 %DD Karakteristikleri | 27 |
| 4.2.2 Yüzey dozları | 32 |
| 4.2.3 %85 profil genişlikleri | 36 |
| 4.2.4 %85 –50 profil genişlikleri | 39 |
| 4.2.5 Cihazın verim kalibrasyonu | 42 |
| 4.2.6 Verim ve gap faktörü hesaplamaları | 42 |
| 4.3 Standart kon ile aynı boyutlardaki cutoutların demet karakteristikleri arasındaki farklılıkları | 51 |
| 4.3.1 %DD karakteristikleri | 51 |
| 4.3.2 Yüzey dozları | 54 |
| 4.3.3 %85 ile %85-50 profil genişlikleri | 55 |
| 4.3.4 Verim ve gap faktörleri | 57 |
| 4.4 AxB ve BxA boyutlarındaki cutoutların kolimatör bağımlılıkları | 61 |
| 4.4.1 %DD Karakteristikleri | 61 |
| 4.4.2 Yüzey dozları | 64 |
| 4.4.3 Verim ve gap faktörleri | 65 |
| 4.5 Verim faktörlerinin ölçülen ve formalizmle bulunan değerlerinin karşılaştırılması | 67 |
| 5 TARTIŞMA VE SONUÇ | 70 |
| KAYNAKLAR | 75 |
| ÖZGEÇMİŞ | 79 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|------------|--|
| λ | Dalga boyu |
| ν | Frekans |
| A | kütle numarası |
| AAPM | American Association of Physicist in Medicine |
| AB Profil | Sağ-sol profil |
| c | Işık hızı (3.10^8) |
| C10x10 | Belirtilen alan boyutundaki cutout |
| cGy | Santi Gray (soğurulmuş doz birimi,J/kg) |
| cm | santimetre |
| D_{maks} | Maksimum doz derinliği |
| E | Enerji |
| eV | elektron Volt |
| gap | boşluk |
| GT | Gun-Target |
| Hz | Hertz |
| IAEA | International Atomic Energy Agency |
| ICRU | International Commission on Radiation Units and Measurements |
| K10x10 | Belirtilen alandaki standart kon |
| kV | kilo volt |
| MeV | Milyon elektron volt |
| mm | milimetre |
| MV | Milyon volt |
| PR | Profil |
| R_p | Pratik erişme mesafesi |
| R_{85} | %85 doz derinliği |
| R_{50} | Maksimum dozun yarıya düştüğü derinlik |
| SSD | Source skin distance |
| TAEK | Türkiye Atom Enerjisi Kurumu |
| %DD | Yüzde derin doz |
| Z | Atom numarası |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| ŞEKİLLER | SAYFA | |
|----------|--|----|
| Şekil 1 | Dalga kılavuzunda elektiriksel alan dağılımının şematik gösterimi | 6 |
| Şekil 2 | Philips SL-25 Linear Hızlandırıcısı | 8 |
| Şekil 3 | SL-25 Dalga kılavuzu | 9 |
| Şekil 4 | Tedavi kafası X-ışını konfigürasyonu | 10 |
| Şekil 5 | Tedavi kafası elektron demeti konfigürasyonu | 11 |
| Şekil 6 | Elektron demeti derin doz grafiği | 14 |
| Şekil 7 | Cutout şekilleri | 20 |
| Şekil 8 | Cutout takılı standart 10x10 cm elektron kon | 20 |
| Şekil 9 | Su fantomu ölçüm düzeneği | 22 |
| Şekil 10 | RW3 su eşdeğeri katı fantom ölçüm düzeneği | 23 |
| Şekil 11 | Standart elektron konları | 24 |
| Şekil 12 | 12 MeV elektron enerjisinin 20x20 cm lik standart konda GT profili | 26 |
| Şekil 13 | SSD 95 cm'de 12 MeV elektron enerjisi için 20x20 ve 10x10 cm standart elektron konları ve 10x10 cutoutun yüzde derin doz profili | 27 |
| Şekil 14 | 6,8,10,12 MeV elektron enerjilerinin standart %DD grafiği | 27 |
| Şekil 15 | 12 MeV Elektron enerjisi için 10x10,4x4,6x3 cm' lik cuoutların %DD karakteristikleri | 32 |
| Şekil 16 | 10 MeV elektron enerjisinde 4x4 cutout için SSD 95 cm, SSD 100 cm, SSD 105 cm ve SSD 110 cm ' yüzde derin doz profilleri | 32 |
| Şekil 17 | Yüzey dozunun enerji bağımlılığı | 33 |
| Şekil 18 | 12 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara ve SSD' lere göre yüzey dozları | 33 |
| Şekil 19 | SSD 95 cm' de 12 MeV elektron enerjisi için 10x10 alandan 4x4 alana kadar olan doz profilleri | 36 |
| Şekil 20 | 6 MeV elektron enerjisinde SSD 95 cm' de 10x10 cm standart kon ve aynı boyuttaki cutout için doz profilleri | 36 |
| Şekil 21 | 10 MeV elektron enerjisinin SSD 95,100,105,110 cm ' de AB profilleri | 37 |
| Şekil 22 | SSD 95 cm'de tüm enerjiler için verim faktörü | 47 |
| Şekil 23 | SSD 100 cm'de tüm enerjiler için verim faktörü | 47 |
| Şekil 24 | SSD 105 cm'de tüm enerjiler için verim faktörü | 48 |
| Şekil 25 | SSD 110 cm'de tüm enerjiler için verim faktörü | 48 |
| Şekil 26 | 12 MeV elektron enerjisi için verim faktörünün alan ve SSD bağımlılığı | 49 |
| Şekil 27 | 6 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara göre gap faktörleri | 50 |
| Şekil 28 | 8 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara göre gap faktörleri | 50 |

| ŞEKİLLER | | SAYFA |
|-----------------|---|--------------|
| Şekil 29 | 10 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara göre gap faktörleri | 51 |
| Şekil 30 | 12 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara göre gap faktörleri | 51 |
| Şekil 31 | 6 MeV elektron enerjisinde 10x10,6x6 standart kon ve cutoutlar için profiller | 57 |
| Şekil 32 | SSD 95 cm'de 12 MeV elektron enerjisi için 10x8,10x6,10x4, 8x10,6x10, 4x10 cutoutların yüzde derin doz profilleri | 61 |



TABLOLAR

| TABLO | | SAYFA |
|-----------------|---|-------|
| Tablo 1 | 6 MeV Elektron enerjisinin SSD ve alan bağımlılığı için %DD karakteristikleri. | 28 |
| Tablo 2 | 8 MeV Elektron enerjisinin SSD ve alan bağımlılığı için %DD karakteristikleri. | 29 |
| Tablo 3 | 10 MeV Elektron enerjisinin SSD ve alan bağımlılığı için %DD karakteristikleri. | 30 |
| Tablo 4 | 12 MeV Elektron enerjisinin SSD ve alan bağımlılığı için %DD karakteristikleri. | 31 |
| Tablo 5 | 6 MeV Elektron enerjisinin yüzey dozunun SSD ve alan bağımlılığı | 34 |
| Tablo 6 | 8 MeV Elektron enerjisinin yüzey dozunun SSD ve alan bağımlılığı | 34 |
| Tablo 7 | 10 MeV Elektron enerjisinin yüzey dozunun SSD ve alan bağımlılığı | 35 |
| Tablo 8 | 12 MeV Elektron enerjisinin yüzey dozunun SSD ve alan bağımlılığı | 35 |
| Tablo 9 | 6 MeV Elektron enerjisinin %85 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı | 37 |
| Tablo 10 | 8 MeV Elektron enerjisinin %85 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı | 38 |
| Tablo 11 | 10 MeV Elektron enerjisinin %85 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı | 38 |
| Tablo 12 | 12 MeV Elektron enerjisinin %85 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı | 39 |
| Tablo 13 | 6 MeV Elektron enerjisinin %85-%50 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı | 40 |
| Tablo 14 | 8 MeV Elektron enerjisinin %85-%50 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı | 40 |
| Tablo 15 | 10 MeV Elektron enerjisinin %85-%50 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı | 41 |
| Tablo 16 | 6 MeV Elektron enerjisinin %85-%50 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı | 41 |
| Tablo 17 | Farklı enerjiler için D_{maks} 'da absorbe doz değerleri | 42 |
| Tablo 18 | 6 MeV Elektron enerjisinin verim faktörünün SSD ve alan bağımlılığı | 43 |
| Tablo 19 | 8 MeV Elektron enerjisinin verim faktörünün SSD ve alan bağımlılığı | 44 |
| Tablo 20 | 10 MeV Elektron enerjisinin verim faktörünün SSD ve alan bağımlılığı | 45 |
| Tablo 21 | 12 MeV Elektron enerjisinin verim faktörünün SSD ve alan bağımlılığı | 46 |
| Tablo 22 | Farklı Elektron enerjileri ve SSD'ler için gap faktörünün yüzde değişim oranları | 49 |
| Tablo 23 | 6 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların %DD karakteristiklerinin SSD bağımlılığı | 52 |

| TABLO | SAYFA |
|---|--------------|
| Tablo 24 8 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların %DD karakteristiklerinin SSD bağımlılığı | 52 |
| Tablo 25 10 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların %DD karakteristiklerinin SSD bağımlılığı | 53 |
| Tablo 26 12 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların %DD karakteristiklerinin SSD bağımlılığı | 53 |
| Tablo 27 6 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların yüzey dozlarının SSD ile değişimleri | 54 |
| Tablo 28 8 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların yüzey dozlarının SSD ile değişimleri | 54 |
| Tablo 29 10 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların yüzey dozlarının SSD ile değişimleri | 55 |
| Tablo 30 12 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların yüzey dozlarının SSD ile değişimleri | 55 |
| Tablo 31 6 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişliklerinin SSD ile değişimleri yüzey dozlarının SSD ile değişimleri | 56 |
| Tablo 32 8 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişliklerinin SSD ile değişimleri yüzey dozlarının SSD ile değişimleri | 56 |
| Tablo 33 10 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişliklerinin SSD ile değişimleri yüzey dozlarının SSD ile değişimleri | 56 |
| Tablo 34 12 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişliklerinin SSD ile değişimleri yüzey dozlarının SSD ile değişimleri | 57 |
| Tablo 35 6 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların SSD ve alan bağımlılıkları | 58 |
| Tablo 36 8 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların SSD ve alan bağımlılıkları | 58 |
| Tablo 37 10 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların SSD ve alan bağımlılıkları | 58 |
| Tablo 38 12 MeV Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyuttaki cutoutların SSD ve alan bağımlılıkları | 59 |
| Tablo 39 6x6 cm standart elektron kon ve aynı boyuttaki cutoutun verim faktörlerinin farklı enerji ve SSD'lerde yüzde değişim farkları | 59 |
| Tablo 40 10x6 cm standart elektron kon ve aynı boyuttaki cutoutun verim faktörlerinin farklı enerji ve SSD'lerde yüzde değişim farkları | 59 |
| Tablo 41 6x6 cm standart elektron kon ve aynı boyuttaki cutoutun farklı enerjiler ve SSD'ler için gap faktörlerinin yüzde değişim oranları | 60 |

| TABLO | SAYFA |
|---|-------|
| Tablo 42 10x6 cm standart elektron kon ve aynı boyuttaki cutoutun farklı enerjiler ve SSD'ler için gap faktörlerinin yüzde değişim oranları | 60 |
| Tablo 43 6 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile %DD karakteristiklerinin değişimleri | 62 |
| Tablo 44 8 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile %DD karakteristiklerinin değişimleri | 62 |
| Tablo 45 10 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile %DD karakteristiklerinin değişimleri | 63 |
| Tablo 46 12 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile %DD karakteristiklerinin değişimleri | 63 |
| Tablo 47 6 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile yüzey dozlarının değişimleri | 64 |
| Tablo 48 8 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile yüzey dozlarının değişimleri | 64 |
| Tablo 49 10 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile yüzey dozlarının değişimleri | 65 |
| Tablo 50 12 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile yüzey dozlarının değişimleri | 65 |
| Tablo 51 6 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile verim faktörlerinin SSD ve alan değişimleri | 66 |
| Tablo 52 8 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile verim faktörlerinin SSD ve alan değişimleri | 66 |
| Tablo 53 10 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile verim faktörlerinin SSD ve alan değişimleri | 66 |
| Tablo 54 12 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile verim faktörlerinin SSD ve alan değişimleri | 67 |
| Tablo 55 6 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların verim faktörü değerlerinin formalizasyonla bulunmuş ve ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması | 67 |
| Tablo 56 8 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların verim faktörü değerlerinin formalizasyonla bulunmuş ve ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması | 68 |
| Tablo 57 10 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların verim faktörü değerlerinin formalizasyonla bulunmuş ve ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması | 68 |
| Tablo 58 12 MeV Elektron enerjisi için çeşitli boyutlardaki cutoutların verim faktörü değerlerinin formalizasyonla bulunmuş ve ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması | 69 |

1 GİRİŞ

Elektron demetlerinin bir hedef maddeye çarptırılması ile elde edilen x-ışınlarıyla tedavi edilen ilk hasta ile doğrudan elektron demetleri ile tedavi edilen ilk hasta arasında yaklaşık 40 yıl vardır (10). 1879 yılında vakum tüpü ile elde edilen katot ışınları adı verilen ışınların manyetik alan ile saptırılabildikleri gözlemlendi. Aynı katot ışınlarının 1897 yılında H.Lorentz ve J.J.Thomson tarafından elektron olarak adlandırılan küçük parçacıklardan oluştuğu öne sürüldü. Bu ışınlar 1895 yılında Röntgen tarafından keşfedilen ve Hittorf-Crookes tüpünün cam penceresine çarparak x-ışınları oluşumuna yol açan ışınlarla aynı ışınlardır. Bir yıldan daha az bir süre sonra Röntgen ve diğer araştırmacılar ilk metal x-ışını hedefini ürettiler.

1896 yılında (Röntgen'in keşfinden bir yıldan daha az bir süre sonra)Emil Grubbe tarafından x-ışınları ilk kez kanser tedavisinde kullanılmasına rağmen ancak 1934 yılında Brasch ve Lange (6) tarafından elektron demetleri elde edilip bu demetlerin deri epilasyonuna neden olduğu gözlemlendi.

Kerst ve arkadaşları 1940 yılında betatronu geliştirmesine rağmen II. Dünya savaşı gelişmeleri durdurdu (19). Savaştan sonra Allis Chalmers , Brown-Bovari ve Siemens betatronu üretti ve elektron demetlerinin medikal kullanımı başladı. İngilizler II dünya savaşında radar teknolojisinin gelişimini lineer hızlandırıcılara aktardılar. İzleyen yıllarda elektron demetleri yaygın olarak kanser tedavisinde kullanılmaya başlandı. Bugün yalnız Amerika Birleşik Devletleri'nde 1000 den fazla lineer hızlandırıcı kullanılmaktadır ve bunların büyük bir kısmı yüksek enerjili elektron üretebilme kapasitesine sahiptirler.

6-20 MeV enerji aralığındaki elektronlar klinikte en çok kullanılan elektron enerjileridir. Elektron ışını tedavisi biyolojik etkinliğinden çok fiziksel özellikleri nedeni ile önemli bir tedavi şeklidir. Laboratuvar çalışmaları elektronun biyolojik etkinliğinin mega voltaj foton ışınlarınınki ile hemen hemen aynı olduğunu göstermiştir. Elektron tedavisini üstün kılan fiziksel özellikleri şöyle sıralanabilir: Doz dağılımı , %80 derin doz derinliği ile yüzey arasında rölatif olarak uniformdur. %80 izodoz düzleminin ötesinde hızlı bir doz düşmesine sahip olması hedef hacme yakın kritik bölgelerin korunmasına olanak verir. Penetrasyon derinliği enerji değiştirilerek veya doku kompensatörleri kullanılarak kontrol edilebilir. Elektron

demetinin bu fiziksel özelliğinden dolayı, klinik uygulamalarda tek başına, foton demetleri ile kombine olarak veya foton demetleri ile ışınlama sonrası ek doz uygulaması (boyun lenf nodu, skar ışınlamaları gibi) şeklinde sıkça kullanılır.

Enerji ve alan boyutu, hedef hacmi çevreleyen ve tedavi dozunun verileceği izodoz eğrisi olacak şekilde belirlenir, bu izodoz eğrisi genel olarak % 80- 90 arasındadır. Hedef hacminin seçilen izodoz değeri tarafından tamamen çevrilmiş olduğundan emin olmak gerekir. Tedavi menzili R_t (Therapeutic range) uygun olarak seçilerek, derinde yer alan normal dokulara yüksek doz vermekten kaçınılması gerekir.

Klinik olarak elektron demetlerinin kolimasyonu önemli bir parametredir. Elektron demetinin klinik kullanıma uygun olarak genişletilmesi ve kolimasyon sistemlerinin doğuracağı etkilerin iyi anlaşılması gerekmektedir. Özgün tasarım özellikleri demet karakteristiğini çok güçlü bir şekilde etkiler. İnce yüksek atom numaralı saçıcı yapraklar veya manyetik tarama sistemleri elektron demetlerini etkin bir şekilde genişletirler ve alüminyum, pirinç, veya kurşundan yapılmış olan kolimatörler yüzey dozunu aşırı derecede arttırmadan optimal kolimasyonu sağlarlar.

Elektron demet tedavileri için kullanılan standart elektron konları ise belirli boyutlardadır ve üretici firma tarafından cihazla verilen bu standart kon boyutları her hasta tedavi alanına uymamaktadır. Bu sebepten, kurşun alaşımdan yapılan serobant alan şekillendiriciler klinikte sıkça kullanılmaktadır. Dökme Lipowitz karışım (cerro bend) bloklar veya kurşun cutoutlar (Alan Şekillendirici) kullanılabilir. "Task group" 25 (23) nolu raporda enerjiye göre tüm elektronları durdurmak için gerekli minimum kurşun kalınlıkları verilmiştir. Klinikte kullanılan standart elektron konları ve özel alan şekillendiricileri, hastaya uygulayacağımız tedavi dozunu artırıcı veya azaltıcı yönde olacağından, karakteristik parametrelerinin dikkatli ölçülmesi gerekmektedir.

Klinikte kullanılan demetlerin simetrik ve düzgün olması temel ilkedir. Kullanılan her bir standart kon ve özel alan şekillendiriciler için her enerji ve SSD(Kaynak Yüzey Mesafesi) de yüzde derin dozu (%DD), profil düzgünlüğü, verim ve gap (Boşluk) faktörleri, %85 profil genişliği belirlenmelidir. Özellikle küçük alanlarda alan boyutuna bağımlı olarak derin dozlardaki değişimler önemlidir (22). Kalibrasyonu etkileyecek parametrelerin alan boyutu ve blok ile değiştiği de unutulmamalıdır. Ayrıca elektron demetleri için kullanılan standart konlar ile aynı

boyutlardaki standart kon içine yerleştirilen cutoutların demet karakteristikleri ,verim faktörleri ve gap faktörleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Hedef volümü belirlerken her cutout için %85 profil genişlikleri, %85-%50 profil genişlikleri dikkate alınmalı, farklı enerjiler ve SSD'ler için bu genişlikler ölçümle belirlenmelidir. Bazı çalışmalarda %DD ve verim faktörlerinin cihazın kolimatör yapısına göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yani AxB alan boyutu ile BxA alan boyutunun derin doz karakteristikleri , verim faktörleri ve gap faktörlerinin farklılıklarından bahsedilmektedir (43).

Bu çalışmada amaç 6 MeV, 8 MeV, 10 MeV, 12 MeV elektron enerjilerinde, farklı SSD'lerde (95 cm, 100 cm, 105 cm, 110 cm) 10x10 cm standart kon içine yerleştirilen cutoutların %DD, verime ve gap faktörlerine olan etkilerini araştırmaktır.

Ayrıca, 10x10, 10x6, 6x6 cm boyutlarındaki standart konlar ile aynı boyutlardaki cutoutların ve AxB ile BxA alan boyutlarındaki cutoutların , farklı enerji ve SSD'lerde %DD' a, verime ve gap faktörlerine olan etkileri araştırılmıştır. Verim faktörlerinin ölçülerek bulunan değerleri ile , teorik hesaplama yöntemiyle bulunan değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1 ELEKTRON LİNEER HIZLANDIRICILARI

Elektron lineer hızlandırıcıları, dünyada kullanılan radyoterapi cihazları arasında büyük bir yer tutmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanımdaki megavoltaj tedavi ünitelerinin yarısından fazlasını ve yeni kurulan ünitelerin yaklaşık %90'ını lineer hızlandırıcılar oluşturmaktadır. Türkiye'de ise, 1996 sonu itibarıyla kullanılan tüm tedavi cihazlarının yaklaşık %20'sini ve mega voltaj tedavi ünitelerinin %30'unu lineer hızlandırıcılar oluşturmaktadır (TAEK veri tabanı, 1997).

Elektron lineer hızlandırıcı yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaları kullanarak elektronları doğrusal tüp boyunca yüksek enerjilere hızlandıran cihazdır. Çalışma prensibi basit olarak şu şekildedir: Modülatörde depolanan elektirik akımı, bir kontrol sistemi vasıtası ile belli aralıklarla (50 ila 200 Hz frekansında) titreşimin oluşturulacağı klistron veya magnetron adı verilen kısma ve aynı zamanda elektron tabancasına gönderilir. Titreşimlerle eş zamanlı olarak ısıtılma yolu ile metal telden serbestlenen elektronlar, daha yüksek kinetik enerjiye sahip olabilmeleri için elektromanyetik alan içinde hızlandırılırlar. Hızlandırılmış bu yüksek enerjili elektronlar genellikle yüzeysel tümör tedavilerinde kullanıldığı gibi, hedefe çarptırılmalarıyla elde edilen yüksek enerjili X-ışınları ile de derin tümör tedavilerinde kullanılır.

Halen kullanımda olan hızlandırıcıların, duran dalga (standig-wawe) ve hareketli dalga (travelling-wawe) hızlandırıcıları olmak üzere iki değişik tasarımı mevcuttur.

2.1.1 Hareketli Dalga Hızlandırıcıları

Hareketli dalga ve duran dalga hızlandırıcıları arasındaki fark hızlandırıcı dalga kılavuzunun tasarımından kaynaklanmaktadır. Hareketli dalga yapılı hızlandırıcılarda dalga kılavuzunun sonuna dalganın geri dönmesini engellemek için durdurma yükü konulmuştur. Duran dalga tipli hızlandırıcılarda ise iki taraftan maksimum refleksiyon sağlanarak giden ve geri dönen dalgaların kombinasyonu sonucu duran dalga oluşturulur.

Her iki tip hızlandırıcıda da aşağıdaki bileşenler mevcuttur: Enjektör (Elektron tabancası veya kaynağı), mikro dalga üretici ile beslenen birkaç bölümden oluşan dalga kılavuzu, mikrodalga üretici ile (düşük enerjilerde mikrodalga gücü genellikle magnetron kullanılarak , yüksek enerjili hızlandırıcılarda ise klistron kullanılarak elde edilir),Mikrodalga üreticine enerji sağlayan modülatörler, elektronu durdurup X-ışını üretebilmek için hedef lineer hızlandırıcılardaki başlıca ekipmanlardır. Ayrıca pek çok hızlandırıcı eşmerkezli tedavi yapabilen bir yapıya ve demet bükme sistemine sahiptir.

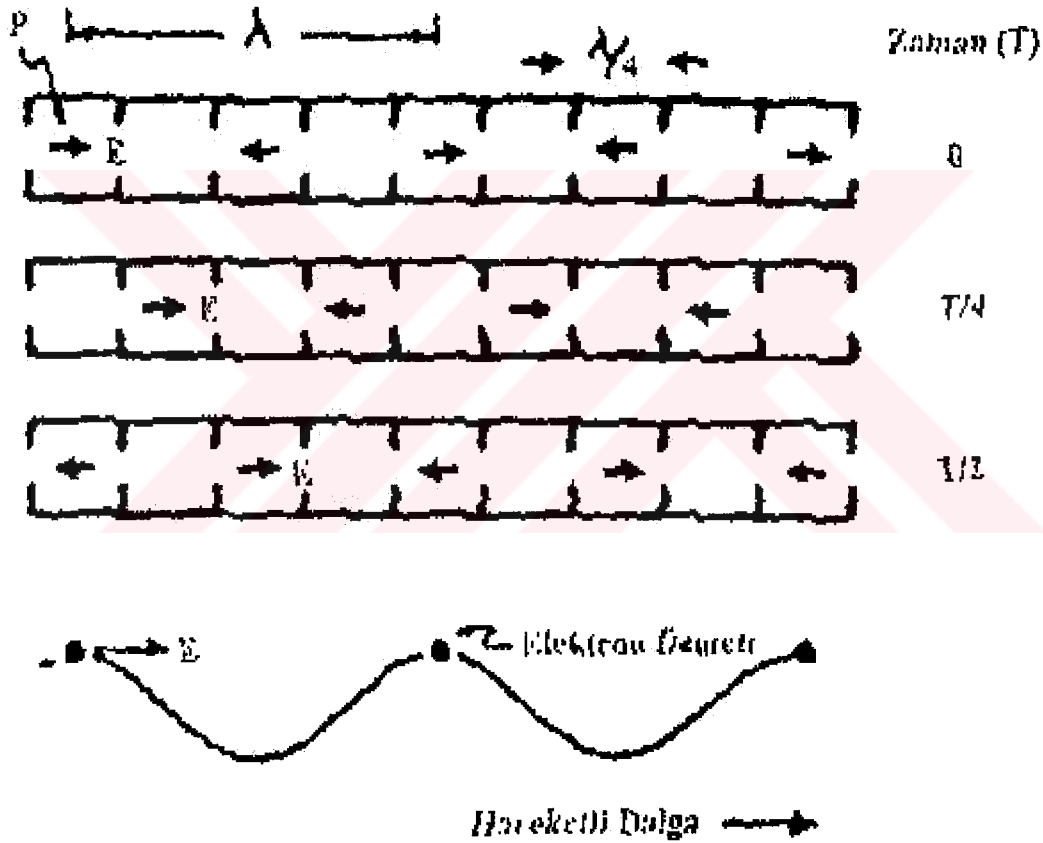
2.1.2 Dalga Kılavuzu

Elektronların hızlandırılmaları için yüksek frekanslı manyetik dalga odacıkları kullanılır.Bu şekilde eksi yüklü elektronların manyetik alandan etkilenerek hızlanması sonucu, yüklü kinetik enerji kazanmaları mümkün olur. Elektronları hızlandırmak amacıyla uygun elektiriksel alan oluşturmak için tasarlanmış mikrodalga odacıklarının doğrusal dizimi ile meydana gelen dalga kılavuzu, hızlandırıcının en önemli parçasıdır. Genellikle bakırdan yapılan ve yüksek vakum altında bulunan dalga kılavuzu, içerisinde yaklaşık 3000 MHz frekansta titreşim oluşan, silindir şeklinde, çapı yaklaşık 10 cm olan, $\frac{1}{4}$ dalga boyu(2.5 cm) aralıklarla yerleştirilmiş metalik disk veya diyaframdan oluşan bir seri silindirik odacıktan ibarettir (18). Dalga kılavuzunun ilk kısmı buncher olarak adlandırılmakta ve buradaki odacıklar düzgün olmayıp iç çapları ve açıklıkları elektron demetini uygun biçimde hızlandırmak amacıyla farklı tasarımlanmaktadır.Bu bölümden sonra elektron hızı hemen hemen sabit ve ışık hızına çok yakın olduğundan odacıkların arası eşittir.

Odacıkta oluşan yüksek frekanslı elektromanyetik dalga, silindirin ortasındaki kanala iletilir ve eksen boyunca enjekte edilen hareketli elektronlar elektirik alan boyunca odacıktan odacığa silindir eksenindeki kanal boyunca doğrusal olarak ilerleyerek gittikçe hızlanır.Silindirin çıkışında elektronların hızları her odacıkta kazandıkları hızların toplamına eşittir.Hızlandırma odalarına iletilen titreşimlerin hepsinin aynı frekansta olması otomatik frekans kontrol modülü sayesinde temin edilir.Elektron, hızlandırıcıya 50 keV gibi bir ilk enerji ile girer ve mikrodalgaların elektromanyetik alanı ile etkileşir.Elektronlar hızlandırılmak için

tıpkı su dalgasında sörf yapan biri gibi hızlandırıcının sinüzoidal elektrik alanında elektromanyetik dalganın tepe noktasına bindirilir.

Zamana bağlı olarak odacıklardaki elektrikselsel alan şekil 1'de gösterildiği gibidir. Hareketli dalga soldan sağa doğru ilerlerken $0, T/4, T/2$ zamanlarında dalga kılavuzundaki değişik pozisyonlarda elektrikselsel alan E ile gösterilmiştir, elektron demetinin hareketli dalga tepesinde taşınması şematik olarak verilmiştir (18). Yüksek enerjili hızlandırıcılarda dalga kılavuzu uzun olduğundan daha küçük boyutlu cihaz elde etmek için hızlandırma odacıklarından çıkan elektronlar 90° veya 270° gibi uygun bir açı ile saptırılarak ışının çıkacağı kafa kısmına yönlendirilir.



Şekil 1. Dalga kılavuzunda elektrikselsel alan dağılımının şematik gösterimi

2.1.3 Tedavi Kafası

Tedavi kafası kurşun,tungsten veya bunların alaşımından yapılmış olup, şu bölümlerden oluşur:

- X-ışını üretimi için elektron demetinin çarpıldığı hedef: Hedef olarak kullanılan ağır metal genellikle yüksek atom numarası ve erime sıcaklığına sahip olan tungstendir. Hızlandırılmış elektronların bu hedefe çarptırılması sonucu enerjilerinin bir kısmı X-ışınına dönüşürken geri kalan enerji hedef tarafından emilir ve ısı enerjisine dönüşür.Bu nedenle hedefte yüksek sıcaklıklara erişilir.
- Saçıcı filtre ve birinci kolimatör : Işın demetinin çapını tayin etmek amacıyla, demet ilk önce X-ışını hedefinin hemen altındaki birinci sabit kolimatörler ile kolime edilir. Elektron modunda, demeti dağıtarak tedavi alanı içerisinde düzgün bir elektron akısı oluşturmak amacıyla elektronlar saçıcı filtreye çarptırılır.Bu filtre genellikle kurşundan olup frenleme radyasyonu oluşturması için ince ve metaliktir.
- X-ışınlarını homojen hale getiren koni şeklindeki düzleştirici filtre: Kurşun, tungsten, Uranyum, çelik, alüminyum veya bunların kombinasyonundan yapılmıştır. Alanda demet yoğunluğunu düzgün hale getirmek için kullanılır.
- Verilen dozun ölçülmesi, ışın demetinin şiddetli ve doğrusal olup olmadığının kontrolü için iki ayrı iyon odası: Kolime edilmiş demet doz hızı , toplam doz ve alan simetrisini ölçmek için kullanılır.
- Işık lokalizör sistemi : Işık kaynağı ve ayna yardımıyla tedavi alanını göstermek için kullanılır.
- Tedavi alanı için hareketli çenelerden (jaws) yapılmış ikinci kolimatör: Kurşun veya tungstenden yapılmış olup, dikdörtgensel tedavi alanını belirler. Elektronlar için aplikatörler kullanılır.

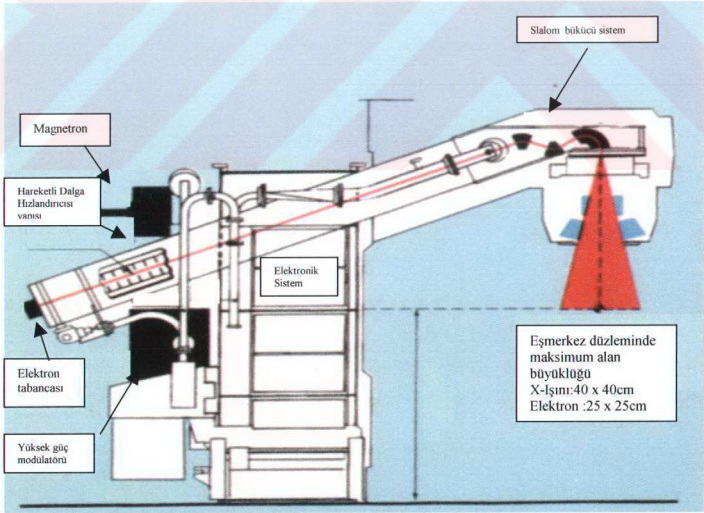
2.1.4 Philips SL-25 Lineer Hızlandırıcı:

Hacettepe Üniversitesi Onkoloji Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı'nda bulunan Philips SL-25 lineer hızlandırıcı eşmerkezli tedavi yapabilen, 6 ve 25 MV enerjili X-ışını ve 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20, ve 22 MeV enerjili dokuz ayrı elektron demeti üretebilen bir sistemdir. Hızlandırıcı yapısı şekil 2'de gösterilmiştir (39).

Elektronlar dalga kılavuzunda mikro dalga frekansı S bandında (yaklaşık 3000 MHz) hızlandırılır. Mikro dalga gücü, mikro dalga üreticine (magnetron) yüksek voltajlı (50 kV) atımlar verilerek üretilir.

Elektron tabancası ve dalga kılavuzu elektronların atomik çarpışmalara girmemesi için vakumlanmıştır. Dalga kılavuzunun vakumu 10^{-6} Torr'dur (39).

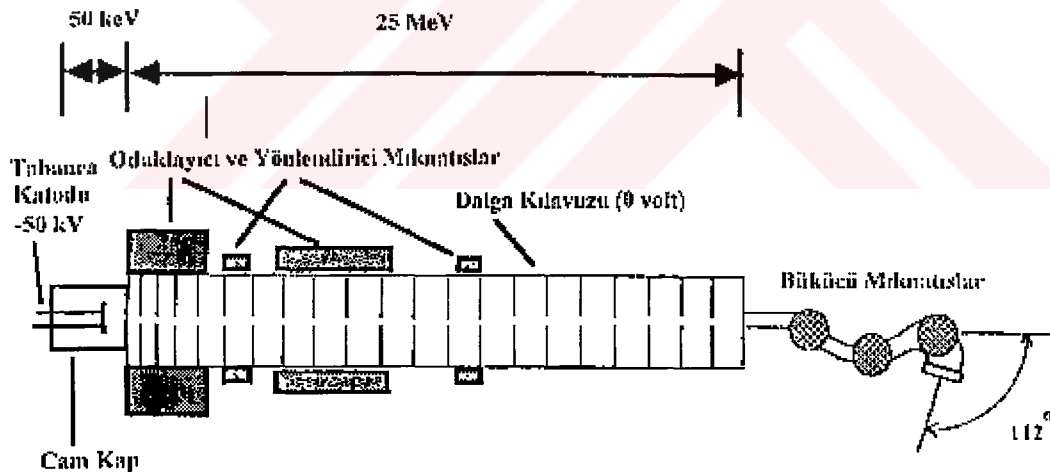
Demeti saptırmak için 3 adet mıknatıs kullanılır (slalom bending system). Birinci ve ikinci mıknatıslar demeti 45° , üçüncü mıknatıs ise 112° saptırarak hedefe düşmesini sağlar. Elektronlar 2 mm çapında bir demet oluşturacak şekilde odaklanırlar (39).



Şekil 2. Philips SL-25 Lineer Hızlandırıcısı

Şekil 3' de şematik olarak gösterilen dalga kılavuzu 2 metre uzunluğunda olup içerisinde 76 odacık bulunmaktadır (39). Dalga kılavuzunun ilk yarısında elektronların ince bir demet halinde seyredip dağılması için iki adet odaklayıcı mıknatıs bulunur. Ayrıca, demet parametrelerini (düzlük ve simetri) kontrol etmek ve açıdaki küçük hataları düzeltmek amacıyla yönlendirici mıknatıslar kullanılmıştır. Bu elektromıknatıslar dalga kılavuzu etrafına sarılmış bobinlerden oluşmaktadır.

Elektron tabancası basit olarak tungstenden yapılmıştır. Elektrik akımı ile ısıtıldığında elektron veren bir filamentten oluşur. Cam bir kap içerisinde bulunan filament vakumdadır. Elektron tabancasındaki filament ısıtıldığında çıkan elektronlar tabanca ve dalga kılavuzu arasına 50 kV potansiyel farkı uygulanarak anoda çekilirler. 50 kV'luk potansiyel farkı elektron demeti hızını yaklaşık 0.4 c'ye ulaştırır. Elektronlar anottaki boşluktan geçerek birinci odacığa gelirler. İlk 6 odacıkta (Buncher kısmı) elektronun hızı 0.95 c'ye ulaşır. Dalga kılavuzu boyunca hızlandırılan elektron 0.995 c hızıyla göreceli kütle kazanmıştır. Dalga kılavuzundan çıkar (39).



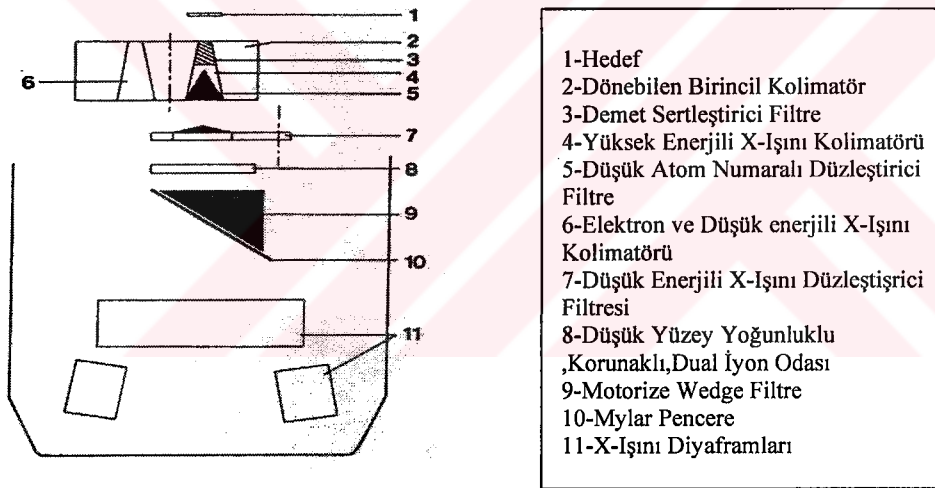
Şekil 3. SL-25 Dalga kılavuzu

Hedeften çıkan X-ışınlarının enerji dağılımı gözyaşı damlacığı şeklinde olup, tedavi alanında düz bir demet elde etmek için 50 mm çapında koni şeklinde çelik düzleştirici filtrelerden geçirilirler. Hedef tungstenden yapılmıştır ve su ile soğutulur

(39). Elektron tedavilerinde hedef kaldırılarak yerine nikel pencere otomatik olarak gelir.

Şekil 5' de foton ve şekil 4'te elektron tedavileri için tedavi kafası görünümü verilmiştir (39). Çizimler ölçekli değildir.

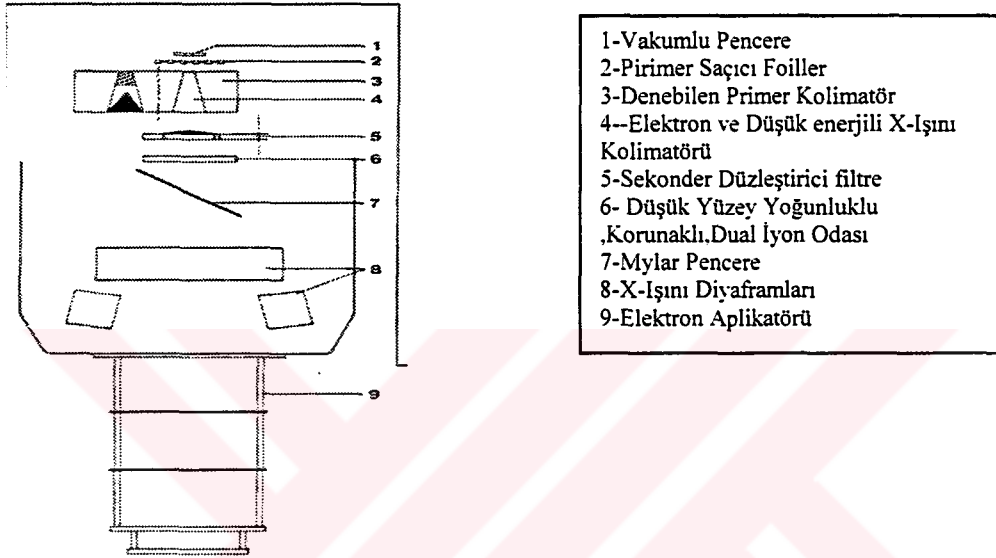
Birinci kolimatör tungstenden yapılmıştır.Hareketli olup,iki pozisyona sahiptir. Birinci pozisyonda herhangi bir filtre olmayıp düşük enerjili X-ışını ve elektronlar için kullanılır. İkinci pozisyonda düşük atom numaralı maddeden yapılmış düzleştirici filtre ve demet sertleştirici filtre bulunur. İkinci filtreler değişik kalınlıklarda (elektron enerjisine göre) alüminyumdan yapılmış saçıcı foillerden oluşur (39). Filtre taşıyıcı dönerek tedavi planlamasında seçilen enerjiye uygun X-ışını veya elektron filtresini getirir.



Şekil 4. Tedavi kafası X-ışını konfigürasyonu

Diyafram (ikinci kolimatör veya çene) birbirinden bağımsız hareket edebilen dört kolime edici , tungstenden yapılmış bloktan oluşmuştur.Elektron tedavilerinde tedavi kafasına, diyaframın alan boyutlarının otomatik olarak ayarlayan aplikatörler takılır. İyon odaları, aralarında hava boşluğu bulunan, birbirlerinden iki alüminyum plakayla ayrılmış üç ayrı birimden oluşmuştur.

Şekil 5. Tedavi kafası elektron demeti konfigürasyonu



2.2 ELEKTRON DOZİMETRİSİ

2.2 Elektron Demetlerinin Klinik Kullanımında Temel Fizik Kavramları

Elektronun madde ile etkileşmelerinin detayları ve elektron dozimetrisi literatürde (14,23,24) iyi bir şekilde anlatılmıştır. Burada amaç ölçümlerimizde aldığımız parametrelerin temel kavramlarından bahsetmek ve elektron demetlerinin klinik kullanımında spesifik bilgileri vurgulamaktır.

2.2.1 Elektronun madde ile etkileşmesi

Elektron geçtiği madde boyunca ilerlerken ortamda bulunan atomlar ile etkileşir. Bu etkileşmeler :1. Orbital elektronlar ile inelastik çarpışma; kinetik enerji kaybı meydana gelir , iyonizasyon veya uyarılma ile sonuçlanır.2. Çekirdek ile inelastik etkileşme; kinetik enerjinin bremsstrahlung olayı ile radyasyona dönüşmesi ile sonuçlanır (ışınım kaybı),3. Orbital elektronlar ve çekirdek ile elastik çarpışma; herhangi bir enerji kaybı olmazken elektronların yolları değişir. Bu etkileşmeler özellikle elastik çarpışma, demetin yayılmasına neden olur.

Santimetrekare (cm^2) ve gram (gr) başına enerji kaybı oranı [MeV/g/cm^2], kütle durdurma gücü (s/e) ortamın atom numarası (Z) ve elektron enerjisi (E) nin bir fonksiyonudur. 1 MeV de ışınım kayıpları her iki ortamda da artmaya başlar. 10 MeV de, suda etkileşen elektron demeti için inelastik çarpışma ile meydana gelen enerji kaybı hızı (MeV/g/cm^2), ışınım enerji kaybı hızının yaklaşık 10 katıdır. Aynı enerjide kurşunda ise yaklaşık olarak eşittir. Sadece 100 MeV de suda ışınım kayıpları, çarpışmaya bağlı kayıplara eşittir.

X- ışını tüpünün tasarımı düşünüldüğünde, foton üretiminin artması (ışınım kayıpları) ve tüpte ısı açığa çıkmasına neden olan çarpışmaya bağlı kayıpların en aza indirilmesi istenir. Bu nedenle yüksek Z' li hedef malzemeler seçilir. Bununla birlikte, elektronların klinik kullanımları düşünüldüğünde düşük Z' li yapıya sahip dokulardaki etkileşmeler sonucu meydana gelen iyonizasyon ve uyarılmalar biyolojik etkiye neden olur.

Elektronların saçılmaları göz önüne alındığında, S eşdeğer olan büyük kütle açılmalarda saçılma gücüdür. Kütle açılmalarda saçılma gücü yaklaşık olarak Z^2 / E^2 ile değişir. Bu yüksek Z' ler de büyük açılarda saçılma ile sonuçlanır.

2.2.2 Elektron Demetlerin Karakteristiği

Şekil 2' de klinikte kullanılan elektron demetlerini sağlayan tipik lineer hızlandırıcı cihazının kesiti görölmektedir. Hızlandırıcı tüpü terk eden elektronlar hızlandırma odacıklarından odaklaştıktan sonra 90^0 veya 270^0 gibi uygun açı veren bending magnetten kafa kısmına yönlendirilirler. Vakum penceresinden geçen elektronlar sırasıyla, birincil saçıcı yaprak, birincil kolimatör, ikincil saçıcı yaprak , geçirgenlik monitörleri, ayna, hava, foton demet kolimatörü ve son olarak elektron kolimatöründen geçer. Tüm bu etkileşmeler kullanılan elektron demetinin karakteristiğini belirler.

2.2.3 Demet düzgünlüğü

Elektron demeti esasta mono enerjiktir ve vakum penceresinden geçmeden önce kalem demet (pencil beam) şeklinde odaklanmıştır. Saçıcı foillerin amacı demeti klinikte kullanılabilir şekilde genişletmektir. Saçılma için malzeme seçimi ve bunun lokalizasyonu, demetin hem düzgünlüğünü hem de enerjisini etkiler. Klinikte kullanılabilir demet elde etmenin alternatif yolu; istenilen alan üzerine kalem demet taratmak için değiştirilen manyetik alanların kullanılmasıdır. Bu metod makineyi kompleks hale getirirse de, saçıcı foillerin neden olduğu bremsstrahlung'dan ve enerji zayıflatmasını azalttığı için avantajlıdır.

2.2.4 Demet kolimasyonu

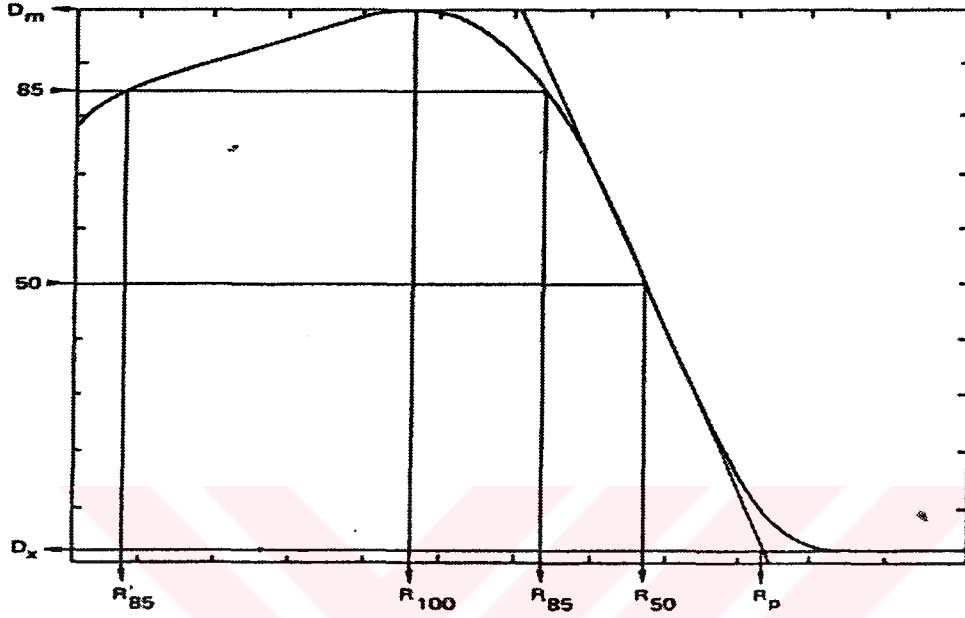
Elektron kolimasyonun amacı elektron demetinin boyutunu istenilen ölçüde sınırlamaktır. Kolimatör dizaynı konun tipine, diyaframa ve birçok demet sınırlayıcıya göre değişir. Elektron demetleri bu diyaframlardan ve plakalardan saçılırlar; bu nedenle kolimatör dizaynı ve ayarlanması demetin şeklini etkiler.

2.2.5 Derin doz

Elektron demetleri sıfır enerjiye (termal enerji) ulaşınca kadar ortam içerisinde ilerleyerek enerji kaybederler. Bunun anlamı, ortam ve enerjilerinin fonksiyonu olan özel menzillerinin ve maksimum derinlikte girciliklerinin olmasıdır.

Şekil 6'da doz maksimumun (D_{maks}) yüzdesi cinsinden derinliğe göre soğrulmuş doz dağılımını gösterir. Kesintisiz eğri derinliğe göre elektron ve fotondan soğrulan toplam dozu gösteriyor. Yüzeyden maksimum noktaya kadar bir artış, sonra yuvarlak plato, hızlı düşüş ve sonra toplam bremsstrahlung dozu (D_x) kuyruğu görölmür. Kesik

eğri derinliğe göre demetteki foton kontaminasyonundan kaynaklanan soğrulmuş dozu göstermektedir. şekil 6 da ilgilenilen aşağıdaki parametreler gösterilmiştir.



şekil 6. Elektron demeti derin doz grafiği

R_{85} : % 85 doz derinliği (Therapeutic range)

R_{50} : Maksimum dozun % 50'ye düştüğü derinlik

D_{maks} : Maksimum doz derinliği

R_p : Pratik erişme mesafesi, extrapole foton dozu ile % 50'lik doza teğetin kesim noktasının derinliği (Practical range)

$E_0 = 2.33 \times R_{50}$ (Ortalama enerji)

$E_z = E_0 \times (1 - z/R_p)$ (Herhangi bir z derinliğindeki elektron enerjisi)

2.2.6 Demet enerjisi

Elektron demeti; vakum penceresinden geçmeden önce monoenerjiktir. Demet enerjisi hızlandırılan enerjiye eşittir. Demet. saçıcı yaprak , monitör ve ayna gibi farklı malzemelerden geğtikten sonra enerjisi azalır ve spektrumu genişler. Demet fantom veya hastaya girdiğinde aniden düşer. Klinik amaçlar için, ilgilenilen demet enerjisi, hasta yüzeyinde veya fantom yüzeyindeki en olası enerjidir. $E_{p,0}$ verilen bir

elektron demeti için, lateral elektron dengesinin sağlandığında geniş demet için derin doz eğrisi ölçülerek R_p belirlenir. (en olası enerji) Yüzeydeki şu formül ile hesaplanır.

$$E_{p,0} = C_1 + C_2 (R_p) + C_3 (R_p)^2$$

$$C_1 = 0.22 \text{ MeV}$$

$$C_2 = 1.98 \text{ MeV/cm}$$

$$C_3 = 0.0025 \text{ MeV/cm}^2$$

Bu sabitlerin değerleri $1 \text{ MeV} \leq E_{p,0} \leq 50 \text{ MeV}$ aralığında tavsiye edilmektedir.

Ayrıca yüzeydeki ortalama elektron enerjisi ile de ilgilenilmektedir, \bar{E}_0 . Bu değer yarı değer kalınlığı R_{50} kullanılarak aşağıdaki formül hesaplanır.

$$\bar{E}_0 = C_4 \cdot R_{50} \quad C_4 = 2.33 \text{ MeVcm}^{-1} \quad 5 \text{ MeV} \leq E_0 \leq 35 \text{ MeV}$$

Task Group 25 (23) $C_4 = 2.4 \text{ MeVcm}^{-1}$ olarak tavsiye etmektedir.

%80 ve %90 lık doz seviyelerinin derinliklerini tahmin etmenin yolu $E_{p,0}$ 'ı kullanarak yapılır.

$$R_{90} (\text{cm}) \leq 1/4 E_{p,0} (\text{MeV})$$

$$R_{80} (\text{cm}) \leq 1/3 E_{p,0} (\text{MeV})$$

$$R_p (\text{cm}) \leq 1/2 E_{p,0}$$

2.2.7 Merkezi Eksen Derin doz ve İzodoz Eğrileri

Doz değerleri demet ekseninde meydana gelen maksimum dozun yüzdesi olarak ifade edilir. Derin doz eğrilerinin şekli ve doz dağılımları cihaza bağlı olmakla birlikte alan boyutuna ve enerjiye bağlı olup klinikte kullanım koşullarında ölçümlerinin yapılması gerekir.

Yüzeyden 0.5 mm derinlikteki yüzey dozu foton demet özelliğine ters olarak enerji arttıkça artmaktadır. Artan enerji ile birincil elektronlar saçılma açılarındaki azalma ile yüzey dozunda artış olur. Bunun anlamı yüzey dozunun , enerji arttıkça maksimum doz değerine yaklaşmasıdır. Yüzey dozu sadece demetin enerjisine bağlı olmayıp, alan boyutuna ve hızlandırıcının dizaynına da bağlıdır.

Spesifik makine için d_{max} .doz derinliği, d_{max} , demet enerjisi ve alan boyutu ile değişir. Enerji arttıkça, d_{max} artar, yaygın bir maksimuma ulaşır ve sonra enerji daha da arttıkça azalır. Alan boyutu arttıkça d_{max} derinliği azalır. Daha düşük enerjilerde derin

doz eğrisinin doz bölgesi daralır ve doz daha sonra aniden düşer. Enerji arttıkça d_{max} bölgesi genişler ve doz düşüşü daha yavaş olur (14).

Klinik olarak, doku dozu belli seviyedeki doz değeri ile tanımlanır, %80-90 gibi. Seçilen yüzde doz değeri tedavi edilen hacimde doz değişiminin kabul edilebilir (homojen) ve tedavi bölgesinin arkasındaki normal dokular için tolere edebilen düzeyde olması gerekir. Tedavi menzili R_t , tedavi dozunun meydana geldiği derinliktir.

X- Işını Kontaminasyonu;

Önceden belirtildiği üzere, X-ışınının oluşması, elektronların geçtikleri ortamda bulunan atomlarda etkileşmesi sonucu olur. Şekil 6 foton kontaminasyonundan kaynaklanan dozun elektronun menzili boyunca sabit olduğunu göstermektedir. X-ışını kontaminasyonunun majör kaynakları monitör iyon odaları ve saçıcı foillerdir. X-ışını kontaminasyonu artan demet enerjisi ve artan kütle ve demetteki soğurucu malzemelerin atom numaraları ile artmaktadır. Elektronların klinik kullanımlarında bu kontaminasyonun minimum seviyede tutulması gerekir. Elektronun enerjisine ve hızlandırıcının tasarımına bağlı olarak kontaminasyon değeri D_{max} ın %0.5 ile %5 oranında değişmektedir. Normal klinik çalışma koşullarında kontaminasyon ihmal edilebilecek seviyededir. Bununla birlikte bazı durumlarda tüm vücut ışınlanması izosentirik tekniklerde, bremsstrahlung artmakta ve kabul edilebilen düzeylerin üzerine çıkmaktadır.

2.2.8 Kaynak Yüzey Mesafesi (SSD)

Fotonlar için SSD kolayca belirlenir, çünkü kaynak bir noktadır ve ters kare kanunu kullanılarak klinikte kullanılan uzaklıklar için doz hızı tahmin edilebilir. Elektronlar için böyle bir kaynak söz konusu değildir; elektronlar pencil beam şeklinde hızlandırıcıdan çıkar ve saçıcı foiller, monitör iyon odaları, kolimatörler ve hava kolonundan geçerken saçılarak genişler. Bununla birlikte elektronlar bir noktadan birbirinden uzaklaşıyor gibi görünür. Bu nokta hayali kaynak ve hayali SSD olarak belirlenir. Ters kare kanununun uygulandığı klinik uygulamalarda doz hızı ve doz dağılımları farklı SSD ler için Task group 25 (23) de belirtilen metodlar kullanılarak düzeltilmelidir.

2.2.9 Alan Boyutu ve Şekli

Klinikte kullanılan demetlerin simetrik ve düzgün olması temeldir. Kullanılan her bir kon ve yerleştirilen özel alan şekillendiriciler için her enerji ve SSD de izodoz dağılımları belirlenmelidir. Önceden belirtildiği üzere, kolimatörlerin, saçıcıların özel tasarımları ve demet enerjilerinin hepsi izodoz dağılımının şeklini anlamlı şekilde etkiler. uniformity index $U_{90/50}$ ICRU (14) tarafından tanımlanmış olup, %90 lık izodoz alanının %50 lik izodoz alanına oranıdır. Bu izodozlar demet eksenine dik olan düzlemden alınır. Genel olarak, %90'lık izodoz seviyesi yüzeye yakın bölgelerde demetin geometrik alanı ile uyumlu iken daha derinlerde belirgin biçimde çekilmektedir. Hastanın tedavi planlaması sırasında alan boyutu ve izodoz seviyesi seçiminde buna dikkat edilmelidir.

Küçük alanlarda alan boyutu ile derin doz değişmektedir. 3 cm çapından daha büyük alanlarda 8 MeV de derin doz eğrisi belirgin bir şekilde değişmemektedir. 32 MeV de ise 10 cm den daha küçük alanlarda anlamlı değişiklikler görülmektedir. Ayrıca kalibrasyon alan boyutu ve blok ile değiştiği de unutulmamalıdır.

2.2.10 KLİNİK TEDAVİ PLANLAMASININ FİZİKSEL VE DOZİMETRİK YANI

2.2.10.1 Alan Boyutu ve Enerji Seçimi

Enerji ve alan boyutu, hedef hacmi saran ve tedavi dozunun verileceği izodoz eğrisi olacak şekilde belirlenir, bu izodoz eğrisi genel olarak % 90 dır. Hedefin lateral, distal ve proksimal yüzeylerinin seçilen izodoz değeri tarafından tamamen çevrilmiş olduğundan emin olmak gerekir. Tedavi menziline R_t altında kalan normal dokulara aşırı yüksek doz vermekten kaçınmalıdır.

Genelde özel alan şekillendiriciler gerekir. Dökülen Lipowitz karışım (cerrobend) bloklar veya kurşun cutoutlar kullanılabilir. Task group 25 (23) nolu raporda enerjiye göre tüm elektronları durdurmak için gerekli minimum kurşun kalınlıkları verilmiştir. İletilen radyasyon sadece bremsstrahlung radyasyonudur. Dudak gibi doku altı dokuları korumak için internal (iç) koruma gerekebilir. Bununla birlikte üstte bulunan dokulara yüksek Z'li korumadan kaynaklanan geri saçılan elektronlardan dolayı ilave doz alacaktır. 4 MeV de dozda kurşun blok için %70 e kadar artış olabilir. Bu etki elektron enerjisi azaldıkça artar ve literatürdeki (23,24)

verilerden bu dozlar belirlenebilir veya düşük Z'li malzeme kullanılarak elimine edilebilir. Alan kısıtlaması olan gaz gibi bölgelerde daha ince koruma kullanılmalıdır. Dozdaki artış hesaplanmalıdır.

2.2.10.2 Verim Faktörü ve gap faktörü

Verimin doza oranı alan boyutunun fonksiyonudur. Verim karakterizasyonu hızlandırıcının dizaynına , üreticinin düzeltme ve alan kolimasyonu seçimlerine bağlıdır. Elektron demet verim ölçümleri alan boyutunun bir fonksiyonudur. Bu ölçümler her standart elektron konu ve her elektron enerjisi için gereklidir. Verim faktörü ölçümleri doz hesaplamalarında önemli bir parametredir (7,13,21,42).

Hasta tedavileri için dozimetrik ölçümler SSD 95 cm ile yapılmaktadır. Bazı tedavi durumlarında, standart olmayan gap ile tedavi yapılması gereklidir. Bu durumda output gaptaki farktan dolayı düzeltilmelidir. Bu göstermektedir ki , basit ters kare düzeltilmesi (Virtual nokta kaynaktan olan) elektronlar için küçük alanlar ve düşük enerjiler için tam anlamıyla uygun değildir. Bundan dolayı, airgap düzeltme faktörü aslında Meyer ve arkadaşları tarafından bulunmuştur (17,20,29).

Bu faktör verilen enerji ve alan boyutunda ters kare kuralından olan sapma için düzeltmeyi göstermektedir. Verimdeki düzeltmeler küçük alan boyutları ve düşük enerjilerde, büyük airgap varlığında çok anlamlıdır. Bu çalışmada da her bir enerji ve cutout için hesaplanan absorbe doz değerleri SSD 95'teki bulunan o alandaki absorbe doz değerine bölünerek gap faktörleri bulundu.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 ARAÇ VE GEREÇLER

Bu çalışmada kullanılan araç ve gereçler

- 1-Philips SL25 lineer hızlandırıcı
- 2-PTW-Unidos dozimetri sistemi
- 3-Nucletron üç boyutlu su fantomu
- 4-RW-3 katı su fantomu
- 5-PTW Markus paralel plak iyon odası
- 6- 0.1cc Scanditronix iyon odası
- 7-10x10 cm Standart Elektron Kon
- 8-10x6 cm Standart Elektron Kon
- 9-6x6 cm Standart Elektron Kon
- 10-Çeşitli ebatlarda hazırlanan cutoutlar

3.2 YÖNTEM

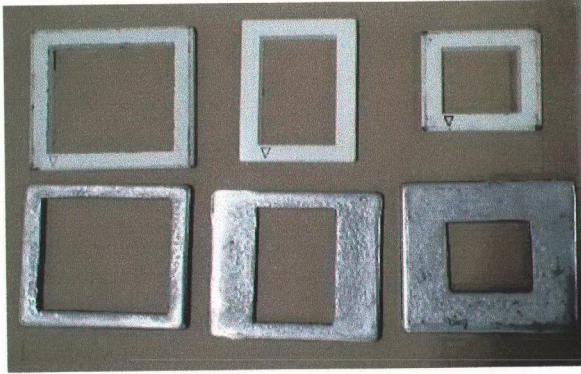
Bu çalışmada 6 MeV ,8 MeV , 10 MeV, 12 MeV elektron demetleri için 10x10 elektron konu kullanılarak farklı SSD'lerde (SSD 95,SSD 100,SSD 105,SSD 110) , farklı cut-outlarda % DD (Yüzde Derin Doz), profil ve verime olan etkisi incelendi. Her demet için ortalama enerji (E_0) ve pratik erişme mesafesi (R_p) AAPM protokolüne uygun olarak derinlik iyonizasyon eğrilerinden çıkarılmıştır (1,14) .

Ölçümler merkezi eksende , üç boyutlu Nucletron su fantomu ve 0.1cc Scanditronix iyon odası kullanılarak yapıldı. santral eksen derinlik iyonizasyon ölçümleri su fantomunda 0.1cc Scanditronix iyon odası ile yapılmıştır.

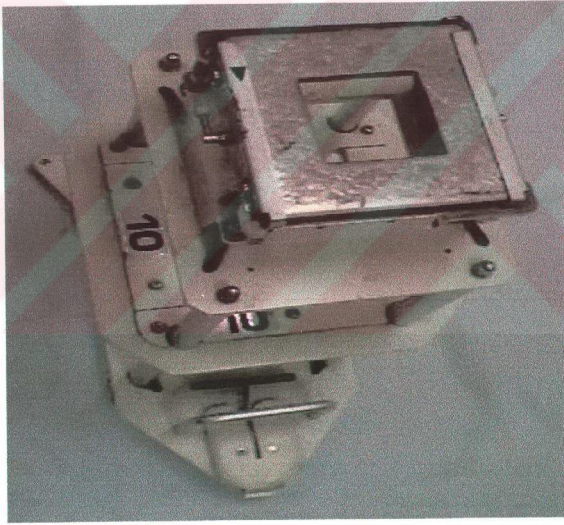
Bu çalışmada 10x10 cm standart elektron konu içine takılabilen aşağıda ebatları verilen, 19 adet serobant alaşımdan cutoutlar yapıldı. Kliniğimizde kullanılan serobant alaşımı %50 Bizmut,%27 Kurşun,%13 Kadmiyum, %10 Teneke(Kalay) den oluşmuştur (22) (Şekil 7-8).

Kullandığımız serobant alaşımdan yapılmış cutoutlar şunlardır:

10x10, 9x9, 8x8, 7x7, 6x6, 5x5, 4x4, 6x3, 7x4, 8x5, 9x6, 10x7, 10x8, 10x4, 10x6, 8x6, 4x10, 6x10, 8x10 cm boyutlarında olan cutoutlar dökülmüştür.



Şekil 7. Cut-out şekilleri.



Şekil 8. Cutout takılı standart 10X10 cm elektron kon.

Bu çalışmada yapılan işlemler sırasıyla şunlardır:

3.2.1 Profil Düzgünlüğü ve Simetri Ölçümleri

Her ölçüm öncesi ,ölçüm seti ilk kurulduğunda öncelikle standart koşullarda (SSD 95 cm) 20x20 cm' lik standart elektron konu kullanılarak profil düzgünlüğü ve simetrisine bakıldı.Bunların \pm %3 sınırları içerisinde olması kontrol edildi.Bunun sebebi ise cihaza bağlı profil ve simetri düzensizliklerinin ölçümlere yansımaları engellemektir.

$$\text{Demet düzgünlüğü(flatness)}=(\text{Min} - \text{Maks}/\text{Min} + \text{Maks}) \times 100$$

olarak formalize edilmiştir. Minimum ve maksimum değerler, değerlendirilen profilin %80 merkezi genişliğinde tesbit edilen değerlerdir.

$$\text{Min}=\text{Minimum doz değeri} \quad \text{Max}=\text{Maksimum doz değeri}$$

Simetri ise profili merkezinden dikey olarak ikiye böldüğümüzde her iki tarafın birbirine olan uyumunu belirtir.

Böylelikle gerek profil düzgünlüğünün gerekse simetrisinin her iki yönde uluslararası protokollere uygun olduğu görülmüştür (1,22). Bu kontrol ölçümlerinin devam ettiği süreç içerisinde sıklıkla yapıldı. Böylelikle cihazdan kaynaklanabilecek profil bozukluklarının daha sonra ölçüm parametrelerini etkilemesi engellendi.

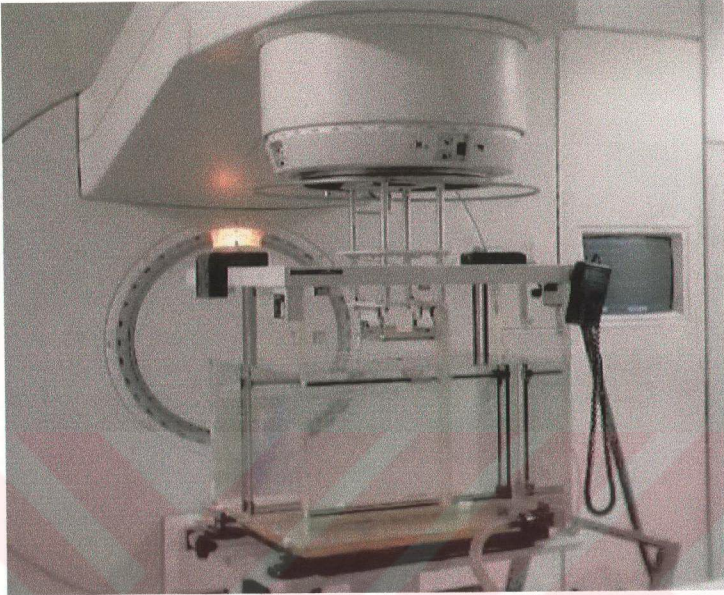
3.2.2 10x10 cm standart kon içine yerleştirilen cutoutların farklı enerji ve SSD'lerde %DD ve verim faktörü ölçümleri

3.2.2.1 6 MeV, 8 MeV , 10 MeV , 12 MeV elektron enerjileri için SSD 95 cm , SSD 100 cm, SSD 105 cm ve SSD 110 cm'de 10x10cm standart elektron konu içine konan yukarı paragrafta alan boyutları belirtilen farklı cut outlar için %DD'lar ölçüldü.Ölçümler Nucletron marka üç boyutlu su fantomunda 0.1cc Scanditronix iyon odası ile yapıldı (Şekil 9).

3.2.2.2 6 MeV,8 MeV,10 MeV,12 MeV enerjileri için SSD 95 cm, SSD 100 cm, SSD 105 cm, SSD 110 cm'de 10x10 standart elektron konunda her bir cutout için yüzey dozları ölçüldü. Bu ölçüm için yine Nucletron marka üç boyutlu su fantomu ve 0.1 cc iyon odası kullanılarak yapıldı.

3.2.2.3 Üç boyutlu su fantomu ve 0.1 cc iyon odası kullanılarak her enerjide , her cut-out için $R_{85} / 2$ derinliğinde profiller ölçüldü.Bu profiller kullanılarak % 85 profil genişliği hesaplandı.

3.2.2.4 Üç boyutlu su fantomu kullanılarak , $R_{85} / 2$ derinliğinde ölçülen AB profillerinden her enerji ve cutout için % 85- % 50 profil genişliği hesaplandı.Her SSD değerleri için bu hesap yapıldı.



Şekil 9. Su fantomu ölçüm düzeneği.

3.2.2.5 Cihaz kullanılan enerjilerin d_{maks} (Maksimum Doz Derinliği) derinliklerinde 10×10 cm standart elektron konu kullanılarak 1 MU (Monitor Umt), 1 cGy olacak şekilde kalibre edildi. Ölçümler markus tipi iyon odası ve RW-3 su eşdeğeri katı su fantomu kullanılarak yapıldı. Elde edilen okuma değerleri IAEA 277 protokolü kullanılarak absorbe doza çevrildi (4,15,40).

3.2.2.6 Phillips SL 75-25 lineer hızlandırıcılarda fokus elektron konu ucu mesafesi standart 95 cm'dir. SSD 100 cm de gap 5 cm , SSD 105 cm de gap 10 cm, SSD 110 cm de gap 15 cm'dir. Kesilen tüm cutoutlarda ,tüm enerjilerde farklı SSD'ler (SSD 95cm,SSD100cm,SSD105 cm,SSD 110cm) için verimler ölçüldü. Ölçüm düzeneği şekil 10'da verilmiştir.

Her cut-out için ve her bir enerji için elde edilmiş E_0 ve R_p değerleri kullanılarak IAEA 277 protokolüne göre Sw_{air} değeri tespit edildi (4,15,40).

Bunun sonucunda ,

$Dw = M_0 \times C_{tp} \times N_D \times S_{w,air} \times P_u \times RW3/Su$ absorbe doz formalizmi kullanarak D_{maks} 'da Absorbe doz değeri hesaplandı.

M_0 =Okuma değeri

C_{tp} =Basınç sıcaklık düzeltme faktörü

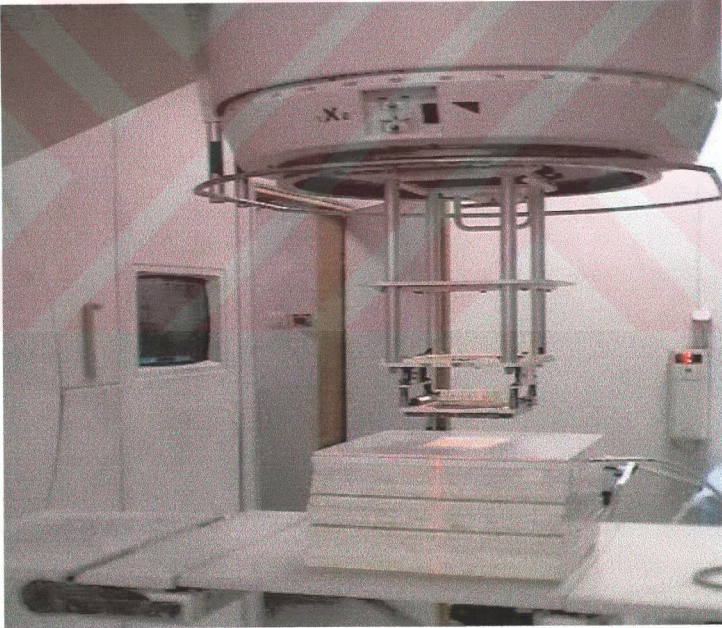
N_D =Absorbe doz kalibrasyon faktörü =0.998

$S_{w,air}$ =Durdurma gücü oranı(Stopping power)

P_u =Perturbasyon Faktörü(Markus tipi iyon odası için=1

$RW3/S_u$ =RW3 suya dönüşüm faktörü (41)

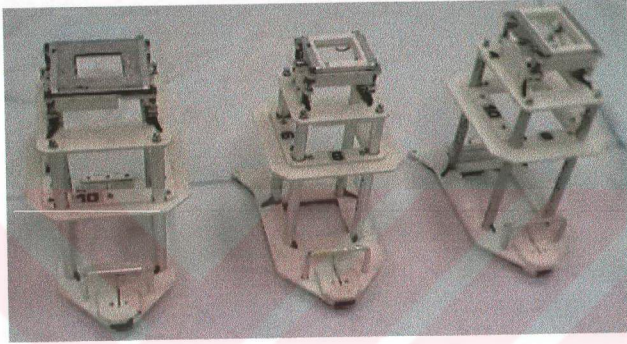
Her bir enerji ve cut-out için hesaplanan absorbe doz değerlerini, 10x10 cm alandaki absorbe doz değerine bölerek output faktörlerini bulduk.Elde edilen sonuçlarla verimin cut-out ve SSD bağımlılığı tespit edildi.Ayrıca gap faktörünün cutout boyutlarına bağımlılığı incelendi.



Şekil 10. RW3 su eşdeğeri katı fantom ölçüm düzeneği.

3.2.3 10x10 ,10x6, 6x6 cm ebatlarındaki aplikatör ve cutoutlar için farklı enerji lerde,farklı SSD'lerde %DD ve verim faktörü ölçümleri

3.2.3.1 6 MeV , 8 MeV , 10 MeV , 12 MeV elektron enerjileri için SSD 95 cm , SSD 100 cm, SSD 105 cm ve SSD 110 cm'de 10x10 , 10x6, 6x6 cm standart elektron konu için %DD' lar ölçüldü. Ayrıca 10x10cm standart elektron konu içine girebilen 10x10, 10x6, 6x6 cm cutoutlar içinde %DD' lar ,verilen enerji ve SSD'ler de ölçüldü.Ölçümler Nucletron marka üç boyutlu su fantomunda 0.1cc Scanditronix iyon odası ile yapıldı (Şekil 11).



Şekil 11. Standart elektron konları.

3.2.3.2 6 MeV , 8 MeV , 10 MeV , 12 MeV elektron enerjileri için SSD 95 cm , SSD 100 cm, SSD 105 cm ve SSD 110 cm'de her bir standart kon ve cutout için yüzey dozları ölçüldü. Yüzey dozları %DD eğrilerinden bulunmuştur.

3.2.3.3 Üç boyutlu su fantomu ve 0.1 cc iyon odası kullanılarak her enerjide , her cutout için $R_{85} / 2$ derinliğinde profiller ölçüldü. Bu 10x10, 10x6, 6x6 cm standart konlar ve aynı boyuttaki cutoutlar için AB profilleri ölçülüp %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişlikleri hesaplandı.

3.2.3.4 Bu standart konlar ve cutoutlar için IAEA 277 protokolüne göre verim (output) ölçüldü ve hesaplandı (4,15,40). Bu hesaplar sırasında 3.2.2.6 da ki absorbe doz formalizmi kullanarak D_{maks} 'da Absorbe doz değeri hesaplandı.Verimin cutout ve standart konların SSD bağımlılığı , ayrıca gap faktörünün cutout boyutlarına bağımlılığı incelendi.

3.2.4 10x8,10x6,10x4 cm ebatlarındaki cutoutların kolimatör bağımlılığı için farklı enerjilerde,farklı SSD'lerde %DD ve verim faktörü ölçümleri

3.2.4.1 6 MeV, 8 MeV , 10 MeV , 12 MeV elektron enerjileri için SSD 95 cm , SSD 100 cm, SSD 105 cm ve SSD 110 cm'de 10x8,10x6,10x4 ve 8x10,6x10,4x10 cm boyutlarındaki cutoutların kolimatör bağımlılıkları için %DD'ı ölçüldü..Ölçümler Nucletron marka üç boyutlu su fantomunda 0.1cc Scanditronix iyon odası ile yapıldı.

3.2.4.2 6 MeV, 8 MeV , 10 MeV , 12 MeV elektron enerjileri için SSD 95 cm , SSD 100 cm, SSD 105 cm ve SSD 110 cm'de her bir cutout için yüzey dozları ölçüldü.. Ölçümler Nucletron marka üç boyutlu su fantomunda 0.1cc Scanditronix iyon odası ile yapıldı.

3.2.4.3 Bu cut-outlar için IAEA 277 protokolüne göre verim ölçüldü ve hesaplandı (4,15,40). Bu hesaplar sırasında 3.2.2.6 da ki absorbe doz formalizmi kullanarak Dmaks'da Absorbe doz değeri hesaplandı.Verimin kolimatör farklılığının SSD bağımlılığı ve ayrıca gap faktörünün kolimatör bağımlılığı incelendi.

3.2.5 Verim faktörü formülünün kontrolü

10x8,10x7,10x6,10x4,8x6,8x5,9x6,7x4 cm boyutlarındaki cutoutlar ve kullandığımız bütün enerjiler için,

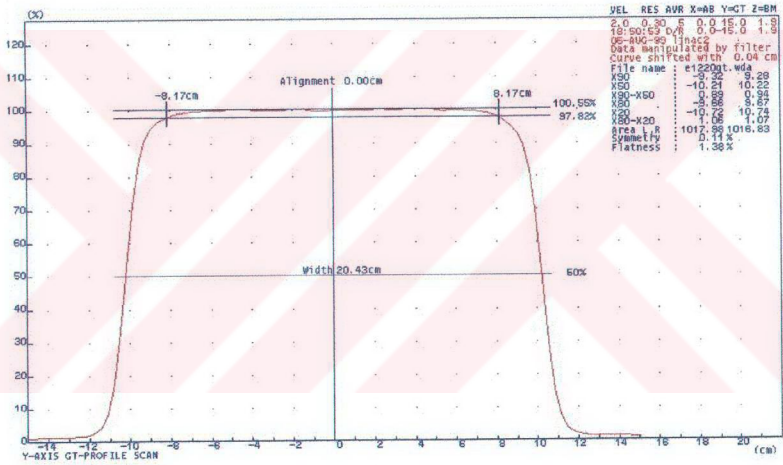
$$OF(a,b) = [OF(a,a) \times OF(b,b)]^{1/2} \quad (1,26,32,48).$$

Formalizmi kullanarak bulunan değerler SSD 100 cm de ölçüm yaparak bulunan değerlerle karşılaştırıldı.Ölçümler Markus tipi iyon odası ve RW-3 su eşdeğeri katı su fantomu kullanılarak yapıldı.Elde edilen okuma değerleri IAEA 277 protokolü kullanılarak absorbe doza çevrildi.Bu absorbe doz değerleri 10x10 cm alanda absorbe doz değerlerine bölünerek verim faktörleri bulundu.

4.BULGULAR

4.1 Demet düzgünlüğü ve simetri kontrolü

20x20 cm'lik standart konda ve standart koşullarda GT ve AB yönündeki demet düzgünlüğü ve simetrisi $d=85/2$ cm derinlikte incelendi (1,22). Şekil 12'deki grafik GT yönündeki profil eğrisini göstermektedir. AAMP protokolüne göre yapılan değerlendirmeler sonucunda AB yönünde profil düzgünlüğü sapmasının %0.83, simetrisinin %0.34 ve GT profil düzgünlüğü sapmasının %1.38, simetrisinin ise %0.11 olduğu tespit edildi. Standart koşullarda 20x20cm ve 10x10 cm'lik standart konların ölçülen %DD eğrileri şekil 13'de verilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, profil düzgünlüğü sapmasının ve simetrisinin AAMP protokolü tolerans sınırları olan $\pm 2\%$ içerisinde olduğu tespit edilmiştir (1).



ŞEKİL 12. 12 MeV elektron enerjisinin 20x20 cm lik standart konda GT profili

TABLE 1. 6 Mev Elektron enerjisinin SSD ve alan (cutout) bağımlılığı için %DD karakteristikleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | | | | | | | SSD 100 cm | | | | | | | | | | SSD 105 cm | | | | | | | | | | SSD 110 cm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|
| | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | | | | | |
| | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | | | | | |
| K10X10 | 1,20 | 1,68 | 2,16 | 2,77 | 5,03 | 1,20 | 1,65 | 2,15 | 2,74 | 5,01 | 1,19 | 1,65 | 2,13 | 2,71 | 4,97 | 1,19 | 1,65 | 2,13 | 2,71 | 4,97 | 1,19 | 1,65 | 2,13 | 2,71 | 4,97 | 1,19 | 1,66 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,66 | 2,13 | 2,68 | 4,94 | 1,19 | 1,66 | 2,12 | 2,68 | 4,94 | | | | | |
| C10X10 | 1,19 | 1,68 | 2,16 | 2,75 | 5,02 | 1,18 | 1,65 | 2,11 | 2,68 | 4,93 | 1,19 | 1,65 | 2,11 | 2,69 | 4,92 | 1,19 | 1,65 | 2,11 | 2,69 | 4,92 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,68 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,71 | 4,99 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,71 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,71 | 4,98 | 1,19 | 1,69 | 2,14 | 2,70 | 4,99 |
| C 9X9 | 1,20 | 1,73 | 2,16 | 2,71 | 5,04 | 1,20 | 1,69 | 2,17 | 2,77 | 5,05 | 1,19 | 1,66 | 2,12 | 2,67 | 4,94 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,67 | 4,94 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,67 | 4,94 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,70 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,93 |
| C 8X8 | 1,20 | 1,69 | 2,17 | 2,78 | 5,06 | 1,20 | 1,71 | 2,16 | 2,72 | 5,04 | 1,19 | 1,72 | 2,17 | 2,76 | 5,05 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,70 | 4,93 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,70 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,70 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,70 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,13 | 2,68 | 4,95 | 1,19 | 1,67 | 2,13 | 2,69 | 4,97 |
| C 6X6 | 1,20 | 1,71 | 2,16 | 2,75 | 5,04 | 1,19 | 1,70 | 2,15 | 2,71 | 5,02 | 1,19 | 1,68 | 2,12 | 2,71 | 4,95 | 1,19 | 1,68 | 2,12 | 2,71 | 4,95 | 1,19 | 1,68 | 2,12 | 2,71 | 4,95 | 1,19 | 1,66 | 2,14 | 2,72 | 4,98 | 1,19 | 1,66 | 2,14 | 2,72 | 4,98 | 1,19 | 1,66 | 2,14 | 2,72 | 4,98 | 1,19 | 1,66 | 2,14 | 2,72 | 4,98 |
| C 5X5 | 1,20 | 1,70 | 2,17 | 2,77 | 5,06 | 1,20 | 1,70 | 2,17 | 2,76 | 5,07 | 1,19 | 1,72 | 2,18 | 2,75 | 5,07 | 1,19 | 1,64 | 2,12 | 2,73 | 4,94 | 1,19 | 1,64 | 2,12 | 2,73 | 4,94 | 1,19 | 1,65 | 2,11 | 2,67 | 4,92 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,74 | 4,98 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,74 | 4,98 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,74 | 4,98 |
| C 4X4 | 1,20 | 1,73 | 2,18 | 2,73 | 5,08 | 1,19 | 1,72 | 2,18 | 2,76 | 5,08 | 1,19 | 1,71 | 2,18 | 2,76 | 5,08 | 1,20 | 1,65 | 2,11 | 2,70 | 4,94 | 1,19 | 1,65 | 2,11 | 2,70 | 4,94 | 1,19 | 1,66 | 2,12 | 2,70 | 4,94 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,98 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,98 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,98 |
| C 6X3 | 1,20 | 1,70 | 2,18 | 2,77 | 5,08 | 1,20 | 1,71 | 2,18 | 2,76 | 5,08 | 1,19 | 1,72 | 2,18 | 2,76 | 5,08 | 1,20 | 1,65 | 2,11 | 2,70 | 4,94 | 1,19 | 1,65 | 2,11 | 2,70 | 4,94 | 1,19 | 1,66 | 2,12 | 2,70 | 4,94 | 1,19 | 1,70 | 2,15 | 2,70 | 5,00 | 1,19 | 1,70 | 2,15 | 2,70 | 5,00 | 1,19 | 1,70 | 2,15 | 2,70 | 5,00 |
| C 7X4 | 1,20 | 1,71 | 2,18 | 2,77 | 5,08 | 1,19 | 1,72 | 2,18 | 2,76 | 5,08 | 1,19 | 1,73 | 2,17 | 2,75 | 5,05 | 1,19 | 1,65 | 2,11 | 2,69 | 4,91 | 1,19 | 1,65 | 2,11 | 2,69 | 4,91 | 1,19 | 1,66 | 2,13 | 2,68 | 4,95 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,68 | 4,95 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,68 | 4,95 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,68 | 4,95 |
| C 8X5 | 1,19 | 1,72 | 2,17 | 2,76 | 5,06 | 1,19 | 1,71 | 2,17 | 2,76 | 5,05 | 1,19 | 1,71 | 2,17 | 2,76 | 5,05 | 1,19 | 1,64 | 2,11 | 2,70 | 4,92 | 1,19 | 1,64 | 2,11 | 2,70 | 4,92 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,68 | 4,94 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,73 | 4,98 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,73 | 4,98 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,73 | 4,98 |
| C 9X6 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,79 | 5,09 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,80 | 5,11 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,80 | 5,11 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,68 | 4,94 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,68 | 4,94 | 1,19 | 1,66 | 2,13 | 2,68 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,73 | 4,98 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,73 | 4,98 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,73 | 4,98 |
| C 10X7 | 1,19 | 1,72 | 2,17 | 2,75 | 5,06 | 1,19 | 1,71 | 2,17 | 2,75 | 5,05 | 1,19 | 1,71 | 2,17 | 2,75 | 5,05 | 1,19 | 1,67 | 2,12 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,12 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,93 |
| C 10X8 | 1,19 | 1,71 | 2,19 | 2,77 | 5,10 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,80 | 5,11 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,80 | 5,11 | 1,19 | 1,67 | 2,12 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,12 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,93 |
| C 10X4 | 1,19 | 1,70 | 2,16 | 2,76 | 5,04 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,80 | 5,11 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,80 | 5,11 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 |
| C 10X6 | 1,19 | 1,70 | 2,19 | 2,79 | 5,10 | 1,19 | 1,71 | 2,18 | 2,79 | 5,09 | 1,19 | 1,71 | 2,18 | 2,79 | 5,09 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 |
| C 8X6 | 1,19 | 1,73 | 2,18 | 2,78 | 5,09 | 1,19 | 1,73 | 2,19 | 2,77 | 5,09 | 1,19 | 1,73 | 2,19 | 2,77 | 5,09 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,15 | 2,72 | 5,02 | 1,19 | 1,69 | 2,15 | 2,72 | 5,02 | 1,19 | 1,69 | 2,15 | 2,72 | 5,02 | 1,19 | 1,69 | 2,15 | 2,72 | 5,02 |

TABLE 2. 8 Mev Elektron enerjisinin SSD ve alan (cutout) bağımlılığı için %DD karakteristikleri

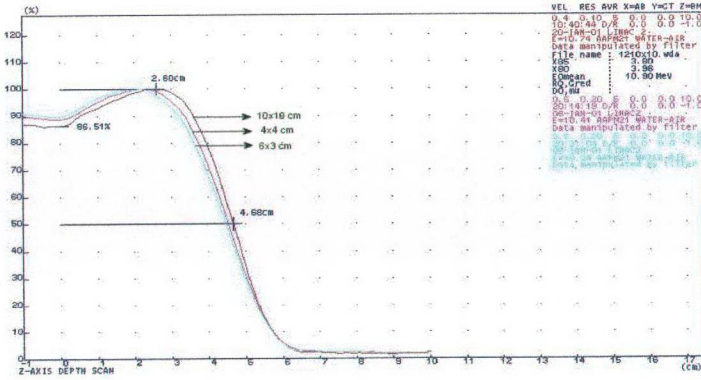
| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | | | SSD 100 cm | | | | | | SSD 105 cm | | | | | | SSD 110 cm | | | | | | |
|------------|------------|----------|----------|-------|-------|------------|------------|----------|-------|-------|------------|----------|------------|-------|-------|------------|----------|----------|------------|-------|------------|----------|----------|-------|-------|
| | D_{maks} | R_{SS} | R_{S0} | R_p | E_0 | D_{maks} | R_{SS} | R_{S0} | R_p | E_0 | D_{maks} | R_{SS} | R_{S0} | R_p | E_0 | D_{maks} | R_{SS} | R_{S0} | R_p | E_0 | D_{maks} | R_{SS} | R_{S0} | R_p | E_0 |
| | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV |
| K10X10 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,00 | 7,56 | 1,80 | 2,60 | 3,26 | 4,00 | 7,59 | 1,79 | 2,59 | 3,22 | 3,95 | 7,49 | 1,80 | 2,53 | 3,18 | 3,96 | 7,40 | 1,80 | 2,53 | 3,18 | 3,96 | 7,40 |
| C10X10 | 1,80 | 2,59 | 3,24 | 4,00 | 7,54 | 1,80 | 2,60 | 3,24 | 4,00 | 7,54 | 1,79 | 2,56 | 3,20 | 3,99 | 7,46 | 1,80 | 2,52 | 3,17 | 3,98 | 7,38 | 1,80 | 2,52 | 3,17 | 3,98 | 7,38 |
| C 9X9 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,02 | 7,56 | 1,80 | 2,60 | 3,25 | 3,99 | 7,57 | 1,79 | 2,59 | 3,21 | 3,93 | 7,48 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,97 | 7,42 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,97 | 7,42 |
| C 8X8 | 1,80 | 2,63 | 3,25 | 4,01 | 7,57 | 1,80 | 2,61 | 3,24 | 4,00 | 7,55 | 1,80 | 2,60 | 3,23 | 3,98 | 7,52 | 1,80 | 2,52 | 3,18 | 3,98 | 7,40 | 1,80 | 2,52 | 3,18 | 3,98 | 7,40 |
| C 7X7 | 1,80 | 2,63 | 3,26 | 4,03 | 7,59 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,01 | 7,57 | 1,80 | 2,60 | 3,23 | 3,99 | 7,53 | 1,80 | 2,55 | 3,20 | 3,99 | 7,45 | 1,80 | 2,55 | 3,20 | 3,99 | 7,45 |
| C 6X6 | 1,80 | 2,62 | 3,25 | 4,00 | 7,57 | 1,80 | 2,60 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,62 | 3,23 | 4,00 | 7,52 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,99 | 7,43 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,99 | 7,43 |
| C 5X5 | 1,80 | 2,63 | 3,26 | 4,03 | 7,60 | 1,80 | 2,61 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,62 | 3,25 | 4,00 | 7,57 | 1,79 | 2,52 | 3,20 | 3,97 | 7,46 | 1,80 | 2,51 | 3,19 | 4,03 | 7,43 |
| C 4X4 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,03 | 7,58 | 1,80 | 2,60 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,59 | 3,23 | 4,03 | 7,54 | 1,80 | 2,51 | 3,19 | 4,03 | 7,43 | 1,80 | 2,51 | 3,19 | 4,03 | 7,43 |
| C 6X3 | 1,78 | 2,54 | 3,23 | 4,04 | 7,52 | 1,79 | 2,57 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,80 | 2,55 | 3,21 | 4,04 | 7,48 | 1,79 | 2,50 | 3,18 | 4,02 | 7,41 | 1,80 | 2,50 | 3,18 | 4,02 | 7,41 |
| C 7X4 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,02 | 7,57 | 1,80 | 2,60 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,61 | 3,23 | 4,02 | 7,54 | 1,80 | 2,54 | 3,19 | 3,97 | 7,42 | 1,80 | 2,54 | 3,19 | 3,97 | 7,42 |
| C 8X5 | 1,80 | 2,62 | 3,25 | 4,03 | 7,58 | 1,80 | 2,61 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,61 | 3,23 | 4,01 | 7,54 | 1,79 | 2,53 | 3,19 | 4,01 | 7,44 | 1,80 | 2,54 | 3,18 | 3,97 | 7,42 |
| C 9X6 | 1,80 | 2,63 | 3,26 | 4,03 | 7,59 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,01 | 7,57 | 1,79 | 2,60 | 3,24 | 4,02 | 7,55 | 1,80 | 2,54 | 3,18 | 3,97 | 7,42 | 1,80 | 2,54 | 3,18 | 3,97 | 7,42 |
| C 10X7 | 1,80 | 2,63 | 3,25 | 4,00 | 7,56 | 1,80 | 2,61 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,60 | 3,24 | 3,98 | 7,54 | 1,80 | 2,54 | 3,20 | 3,96 | 7,45 | 1,80 | 2,54 | 3,20 | 3,96 | 7,45 |
| C 10X8 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,03 | 7,58 | 1,80 | 2,60 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,61 | 3,23 | 4,01 | 7,52 | 1,80 | 2,55 | 3,20 | 3,99 | 7,46 | 1,80 | 2,55 | 3,20 | 3,99 | 7,46 |
| C 10X4 | 1,80 | 2,61 | 3,24 | 4,03 | 7,56 | 1,80 | 2,60 | 3,25 | 4,01 | 7,57 | 1,79 | 2,60 | 3,24 | 4,02 | 7,55 | 1,80 | 2,52 | 3,19 | 3,97 | 7,43 | 1,80 | 2,52 | 3,19 | 3,97 | 7,43 |
| C 10X6 | 1,78 | 2,62 | 3,25 | 4,03 | 7,58 | 1,79 | 2,60 | 3,24 | 4,04 | 7,55 | 1,79 | 2,61 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,99 | 7,44 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,99 | 7,44 |
| C 8X6 | 1,79 | 2,56 | 3,18 | 3,98 | 7,42 | 1,79 | 2,58 | 3,20 | 3,97 | 7,46 | 1,79 | 2,62 | 3,25 | 4,01 | 7,57 | 1,80 | 2,55 | 3,20 | 4,01 | 7,46 | 1,80 | 2,55 | 3,20 | 4,01 | 7,46 |

TABLO 3. 10 Mev Elektron enerjisinin SSD ve alan (cutout) bağımlılığı için %DD karakteristikleri

| ALAN cm | SSD 95cm | | | | | | | | | | SSD 100 cm | | | | | | | | | | SSD 105 cm | | | | | | | | | | SSD 110 cm | | | | | | | | | |
|------------|------------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | D _{max} | | R ₈₅ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R _p | | E ₀ | | | | | | | | | |
| | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | cm | MeV | | | | | | | | |
| K10X10 | 2,19 | 3,12 | 3,80 | 4,75 | 8,88 | 2,19 | 3,12 | 3,83 | 4,69 | 8,94 | 2,19 | 3,20 | 3,90 | 4,73 | 9,09 | 2,19 | 3,17 | 3,89 | 4,75 | 9,07 | 2,19 | 3,17 | 3,89 | 4,75 | 9,07 | 2,19 | 3,17 | 3,89 | 4,75 | 9,07 | | | | | | | | | | |
| C10X10 | 2,19 | 3,10 | 3,82 | 4,75 | 8,90 | 2,19 | 3,10 | 3,84 | 4,71 | 8,94 | 2,19 | 3,16 | 3,89 | 4,74 | 9,07 | 2,20 | 3,14 | 3,87 | 4,75 | 9,02 | 2,20 | 3,14 | 3,87 | 4,75 | 9,02 | 2,20 | 3,14 | 3,87 | 4,75 | 9,02 | | | | | | | | | | |
| C 9X9 | 2,19 | 3,12 | 3,82 | 4,70 | 8,90 | 2,19 | 3,12 | 3,84 | 4,70 | 8,95 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,75 | 9,10 | 2,20 | 3,17 | 3,90 | 4,76 | 9,09 | 2,20 | 3,17 | 3,90 | 4,76 | 9,09 | 2,20 | 3,17 | 3,90 | 4,76 | 9,09 | | | | | | | | | | |
| C 8X8 | 2,19 | 3,12 | 3,82 | 4,76 | 8,90 | 2,19 | 3,12 | 3,84 | 4,71 | 8,94 | 2,19 | 3,20 | 3,92 | 4,75 | 9,12 | 2,20 | 3,14 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,20 | 3,14 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,20 | 3,14 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | | | | | | | | | | |
| C 7X7 | 2,19 | 3,12 | 3,82 | 4,74 | 8,90 | 2,19 | 3,12 | 3,84 | 4,69 | 8,94 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,79 | 9,11 | 2,20 | 3,19 | 3,92 | 4,84 | 9,14 | 2,20 | 3,19 | 3,92 | 4,84 | 9,14 | 2,20 | 3,19 | 3,92 | 4,84 | 9,14 | | | | | | | | | | |
| C 6X6 | 2,19 | 3,10 | 3,81 | 4,72 | 8,88 | 2,19 | 3,11 | 3,83 | 4,71 | 8,93 | 2,19 | 3,19 | 3,93 | 4,79 | 9,15 | 2,20 | 3,16 | 3,92 | 4,74 | 9,12 | 2,20 | 3,16 | 3,92 | 4,74 | 9,12 | 2,20 | 3,16 | 3,92 | 4,74 | 9,12 | | | | | | | | | | |
| C 5X5 | 2,19 | 3,11 | 3,81 | 4,76 | 8,88 | 2,19 | 3,10 | 3,85 | 4,74 | 8,97 | 2,19 | 3,20 | 3,93 | 4,81 | 9,16 | 2,19 | 3,15 | 3,91 | 4,79 | 9,12 | 2,19 | 3,15 | 3,91 | 4,79 | 9,12 | 2,19 | 3,15 | 3,91 | 4,79 | 9,12 | | | | | | | | | | |
| C 4X4 | 2,19 | 3,06 | 3,81 | 4,74 | 8,88 | 2,19 | 3,05 | 3,82 | 4,78 | 8,91 | 2,19 | 3,13 | 3,91 | 4,81 | 9,10 | 2,19 | 3,08 | 3,89 | 4,80 | 9,07 | 2,19 | 3,08 | 3,89 | 4,80 | 9,07 | 2,19 | 3,08 | 3,89 | 4,80 | 9,07 | | | | | | | | | | |
| C 6X3 | 1,99 | 3,00 | 3,80 | 4,75 | 8,85 | 1,99 | 2,97 | 3,78 | 4,72 | 8,82 | 1,99 | 3,07 | 3,87 | 4,80 | 9,01 | 1,99 | 3,03 | 3,87 | 4,80 | 9,01 | 1,99 | 3,03 | 3,87 | 4,80 | 9,01 | 1,99 | 3,03 | 3,87 | 4,80 | 9,01 | | | | | | | | | | |
| C 7X4 | 2,19 | 3,07 | 3,80 | 4,75 | 8,88 | 2,19 | 3,07 | 3,83 | 4,72 | 8,93 | 2,19 | 3,17 | 3,92 | 4,77 | 9,14 | 2,20 | 3,14 | 3,89 | 4,73 | 9,07 | 2,20 | 3,14 | 3,89 | 4,73 | 9,07 | 2,20 | 3,14 | 3,89 | 4,73 | 9,07 | | | | | | | | | | |
| C 8X5 | 2,19 | 3,11 | 3,84 | 4,73 | 8,95 | 2,19 | 3,11 | 3,85 | 4,71 | 8,96 | 2,19 | 3,20 | 3,94 | 4,82 | 9,18 | 2,20 | 3,16 | 3,91 | 4,73 | 9,10 | 2,20 | 3,16 | 3,91 | 4,73 | 9,10 | 2,20 | 3,16 | 3,91 | 4,73 | 9,10 | | | | | | | | | | |
| C 9X6 | 2,19 | 3,10 | 3,82 | 4,72 | 8,90 | 2,19 | 3,11 | 3,84 | 4,70 | 8,96 | 2,19 | 3,21 | 3,93 | 4,78 | 9,15 | 2,20 | 3,16 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,20 | 3,16 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,20 | 3,16 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | | | | | | | | | | |
| C 10X7 | 2,19 | 3,14 | 3,80 | 4,72 | 8,88 | 2,19 | 3,14 | 3,85 | 4,71 | 8,97 | 2,19 | 3,21 | 3,92 | 4,82 | 9,13 | 2,19 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,19 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,19 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | | | | | | | | | | |
| C 10X8 | 2,19 | 3,10 | 3,83 | 4,71 | 8,93 | 2,19 | 3,10 | 3,83 | 4,69 | 8,93 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,80 | 9,12 | 2,19 | 3,13 | 3,88 | 4,75 | 9,05 | 2,19 | 3,13 | 3,88 | 4,75 | 9,05 | 2,19 | 3,13 | 3,88 | 4,75 | 9,05 | | | | | | | | | | |
| C 10X4 | 1,99 | 3,06 | 3,85 | 4,71 | 8,97 | 1,99 | 3,06 | 3,83 | 4,71 | 8,91 | 2,19 | 3,17 | 3,92 | 4,79 | 9,12 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | | | | | | | | | | |
| C 10X6 | 2,19 | 3,10 | 3,85 | 4,73 | 8,97 | 2,19 | 3,10 | 3,84 | 4,72 | 8,95 | 2,19 | 3,20 | 3,92 | 4,77 | 9,14 | 2,19 | 3,20 | 3,92 | 4,77 | 9,14 | 2,19 | 3,20 | 3,92 | 4,77 | 9,14 | 2,19 | 3,20 | 3,92 | 4,77 | 9,14 | | | | | | | | | | |
| C 8X6 | 2,19 | 3,13 | 3,86 | 4,76 | 8,99 | 2,19 | 3,13 | 3,87 | 4,76 | 9,02 | 2,19 | 3,21 | 3,92 | 4,80 | 9,14 | 2,20 | 3,19 | 3,92 | 4,81 | 9,13 | 2,20 | 3,19 | 3,92 | 4,81 | 9,13 | 2,20 | 3,19 | 3,92 | 4,81 | 9,13 | | | | | | | | | | |

TABLO 4. 12 Mev Elektron enerjisinin SSD ve alan (cutout) bağımlılığı için %DD karakteristikleri

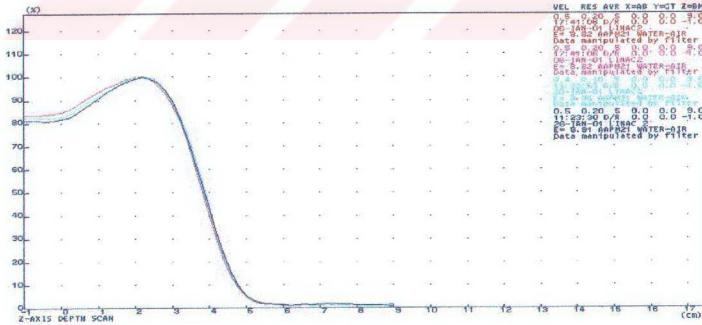
| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | | | SSD 100 cm | | | | | | SSD 105 cm | | | | | | SSD 110 cm | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|----------|----------|-------|-------|-------|------------|----------|----------|-------|-------|-------|------------|----------|----------|-------|-------|-------|------------|----------|----------|-------|-------|-------|------------|----------|----------|-------|-------|-------|
| | D_{maks} | R_{SS} | R_{50} | R_p | E_0 | E_0 | D_{maks} | R_{SS} | R_{50} | R_p | E_0 | E_0 | D_{maks} | R_{SS} | R_{50} | R_p | E_0 | E_0 | D_{maks} | R_{SS} | R_{50} | R_p | E_0 | E_0 | D_{maks} | R_{SS} | R_{50} | R_p | E_0 | E_0 |
| | CM | CM | CM | CM | MeV | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | MeV |
| K10X10 | 2,59 | 3,73 | 4,64 | 5,61 | 10,81 | 10,74 | 2,59 | 3,73 | 4,61 | 5,61 | 10,74 | 10,74 | 2,60 | 3,79 | 4,63 | 5,66 | 10,79 | 10,79 | 2,59 | 3,82 | 4,68 | 5,66 | 10,89 | 10,89 | 2,59 | 3,82 | 4,68 | 5,66 | 10,89 | 10,89 |
| C10X10 | 2,59 | 3,74 | 4,64 | 5,69 | 10,81 | 10,76 | 2,59 | 3,74 | 4,62 | 5,68 | 10,76 | 10,76 | 2,60 | 3,74 | 4,59 | 5,59 | 10,70 | 10,70 | 2,59 | 3,80 | 4,64 | 5,62 | 10,80 | 10,80 | 2,59 | 3,80 | 4,64 | 5,62 | 10,80 | 10,80 |
| C 9X9 | 2,59 | 3,74 | 4,63 | 5,65 | 10,79 | 10,70 | 2,59 | 3,74 | 4,59 | 5,62 | 10,70 | 10,70 | 2,60 | 3,78 | 4,64 | 5,55 | 10,81 | 10,81 | 2,59 | 3,83 | 4,69 | 5,65 | 10,93 | 10,93 | 2,59 | 3,83 | 4,69 | 5,65 | 10,93 | 10,93 |
| C 8X8 | 2,59 | 3,75 | 4,60 | 5,56 | 10,72 | 10,72 | 2,59 | 3,75 | 4,56 | 5,54 | 10,63 | 10,63 | 2,60 | 3,80 | 4,64 | 5,62 | 10,81 | 10,81 | 2,60 | 3,82 | 4,66 | 5,57 | 10,86 | 10,86 | 2,60 | 3,82 | 4,66 | 5,57 | 10,86 | 10,86 |
| C 7X7 | 2,59 | 3,74 | 4,63 | 5,65 | 10,79 | 10,79 | 2,59 | 3,74 | 4,61 | 5,64 | 10,75 | 10,75 | 2,60 | 3,81 | 4,66 | 5,61 | 10,85 | 10,85 | 2,59 | 3,85 | 4,71 | 5,60 | 10,98 | 10,98 | 2,59 | 3,85 | 4,71 | 5,60 | 10,98 | 10,98 |
| C 6X6 | 2,59 | 3,76 | 4,63 | 5,61 | 10,79 | 10,79 | 2,59 | 3,76 | 4,61 | 5,59 | 10,75 | 10,75 | 2,60 | 3,80 | 4,63 | 5,64 | 10,79 | 10,79 | 2,59 | 3,85 | 4,72 | 5,65 | 11,00 | 11,00 | 2,59 | 3,85 | 4,72 | 5,65 | 11,00 | 11,00 |
| C 5X5 | 2,59 | 3,71 | 4,63 | 5,70 | 10,79 | 10,79 | 2,59 | 3,71 | 4,62 | 5,69 | 10,77 | 10,77 | 2,60 | 3,75 | 4,62 | 5,63 | 10,77 | 10,77 | 2,60 | 3,78 | 4,69 | 5,72 | 10,92 | 10,92 | 2,60 | 3,78 | 4,69 | 5,72 | 10,92 | 10,92 |
| C 4X4 | 2,19 | 3,57 | 4,59 | 5,68 | 10,69 | 10,69 | 2,19 | 3,57 | 4,55 | 5,66 | 10,59 | 10,59 | 2,39 | 3,61 | 4,56 | 5,60 | 10,62 | 10,62 | 2,39 | 3,64 | 4,64 | 5,74 | 10,80 | 10,80 | 2,39 | 3,64 | 4,64 | 5,74 | 10,80 | 10,80 |
| C 6X3 | 2,19 | 3,45 | 4,52 | 5,68 | 10,53 | 10,53 | 2,19 | 3,45 | 4,48 | 5,65 | 10,45 | 10,45 | 2,19 | 3,53 | 4,53 | 5,70 | 10,54 | 10,54 | 2,19 | 3,61 | 4,62 | 5,63 | 10,76 | 10,76 | 2,19 | 3,61 | 4,62 | 5,63 | 10,76 | 10,76 |
| C 7X4 | 2,39 | 3,66 | 4,60 | 5,68 | 10,71 | 10,71 | 2,39 | 3,66 | 4,59 | 5,67 | 10,69 | 10,69 | 2,60 | 3,72 | 4,62 | 5,59 | 10,75 | 10,75 | 2,59 | 3,81 | 4,68 | 5,70 | 10,91 | 10,91 | 2,59 | 3,81 | 4,68 | 5,70 | 10,91 | 10,91 |
| C 8X5 | 2,59 | 3,71 | 4,62 | 5,69 | 10,76 | 10,76 | 2,59 | 3,71 | 4,61 | 5,68 | 10,73 | 10,73 | 2,60 | 3,77 | 4,63 | 5,59 | 10,78 | 10,78 | 2,59 | 3,82 | 4,69 | 5,63 | 10,93 | 10,93 | 2,59 | 3,82 | 4,69 | 5,63 | 10,93 | 10,93 |
| C 9X6 | 2,59 | 3,72 | 4,62 | 5,63 | 10,76 | 10,76 | 2,59 | 3,72 | 4,62 | 5,62 | 10,76 | 10,76 | 2,60 | 3,79 | 4,65 | 5,63 | 10,83 | 10,83 | 2,59 | 3,85 | 4,71 | 5,67 | 10,97 | 10,97 | 2,59 | 3,85 | 4,71 | 5,67 | 10,97 | 10,97 |
| C 10X7 | 2,59 | 3,74 | 4,62 | 5,63 | 10,76 | 10,76 | 2,59 | 3,74 | 4,60 | 5,62 | 10,72 | 10,72 | 2,60 | 3,80 | 4,65 | 5,65 | 10,83 | 10,83 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 | 10,96 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 | 10,96 |
| C 10X8 | 2,59 | 3,74 | 4,62 | 5,63 | 10,76 | 10,76 | 2,59 | 3,74 | 4,61 | 5,62 | 10,73 | 10,73 | 2,60 | 3,79 | 4,64 | 5,59 | 10,81 | 10,81 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 | 10,96 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 | 10,96 |
| C 10X4 | 2,39 | 3,64 | 4,60 | 5,63 | 10,71 | 10,71 | 2,39 | 3,64 | 4,58 | 5,69 | 10,67 | 10,67 | 2,60 | 3,73 | 4,63 | 5,67 | 10,78 | 10,78 | 2,59 | 3,79 | 4,71 | 5,69 | 10,98 | 10,98 | 2,59 | 3,79 | 4,71 | 5,69 | 10,98 | 10,98 |
| C 10X6 | 2,59 | 3,74 | 4,64 | 5,65 | 10,81 | 10,81 | 2,59 | 3,74 | 4,63 | 5,64 | 10,79 | 10,79 | 2,59 | 3,80 | 4,64 | 5,64 | 10,82 | 10,82 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 | 11,02 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 | 11,02 |
| C 8X6 | 2,59 | 3,76 | 4,64 | 5,66 | 10,81 | 10,81 | 2,59 | 3,74 | 4,60 | 5,60 | 10,72 | 10,72 | 2,60 | 3,81 | 4,65 | 5,64 | 10,84 | 10,84 | 2,59 | 3,86 | 4,73 | 5,67 | 11,02 | 11,02 | 2,59 | 3,86 | 4,73 | 5,67 | 11,02 | 11,02 |



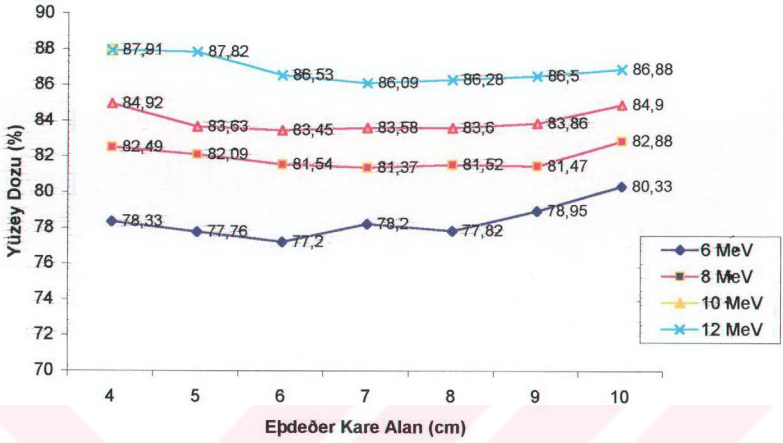
ŞEKİL 15. 12 MeV Elektron enerjisi için 10x10,4x4,6x3 cm' lik cuoutların %DD karakteristikleri

4.2.2 YüzeY dozları

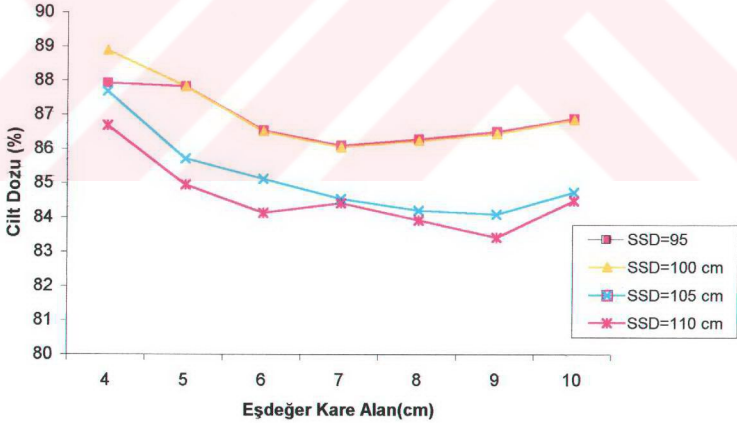
Elde edilen %DD demet karakteristiklerinden 10x10 cm standart kona takılan tüm cuoutlar için tüm enerjilerde ve farklı SSD'lerde yüzeY dozları incelendi (Tablo5,6,7,8). Değerlendirmeler sonucunda SSD arttıkça yüzeY dozlarının %4 azaldığı ve enerji artıkça da yüzeY dozlarının arttığı tespit edildi (Şekil 14,16,17). Ayrıca cutout boyutunun küçülmesiyle 8 MeV' de %1.5, 10 MeV' de %2 , 12 MeV' de ise %3.5 oranında yüzeY dozlarının arttığı gözlenmiştir (Şekil 18). Buna karşın 6 MeV elektron enerjisinde ise %2 oranında yüzeY dozunun azaldığı tespit edildi.Yukarıda bahsedilen yüzeY dozları ölçümleri su fantomu ile birlikte kullanılan 0.1cc iyon odası ve Markus tipi iyon odası ile yapıldı.Her iki iyon odası ile yapılan ölçümler $\pm 1\%$ uyum sınırları içinde bulundu.



ŞEKİL 16 . 10 MeV elektron enerjisinde 4x4 cutout için SSD 95 cm,SSD 100 cm,SSD 105 cm ve SSD 110 cm ' yüzeY derin doz profilleri



Şekil 17 . Yüzey dozunun enerji bağımlılığı



ŞEKİL 18. 12 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara ve SSD'lere göre yüzey dozları

TABLO 5. 6 MeV Elektron enerjisinin yüzey dozunun SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100 cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % |
| K10X10 | 80,03 | 80,51 | 78,30 | 76,77 |
| C10X10 | 80,33 | 80,92 | 77,73 | 77,14 |
| C 9X9 | 78,95 | 78,86 | 77,50 | 76,33 |
| C 8X8 | 77,82 | 78,34 | 77,13 | 77,14 |
| C 7X7 | 78,20 | 78,23 | 76,81 | 76,61 |
| C 6X6 | 77,20 | 77,39 | 77,25 | 76,41 |
| C 5X5 | 77,76 | 77,47 | 77,72 | 76,65 |
| C 4X4 | 78,33 | 77,98 | 77,65 | 79,80 |
| C 6X3 | 78,70 | 78,74 | 79,33 | 81,28 |
| C 7X4 | 77,30 | 77,67 | 77,25 | 77,24 |
| C 8X5 | 77,91 | 78,64 | 77,37 | 77,36 |
| C 9X6 | 78,26 | 77,91 | 77,07 | 77,14 |
| C 10X7 | 78,63 | 79,22 | 77,05 | 76,45 |
| C 10X8 | 78,93 | 78,26 | 77,50 | 76,61 |
| C 10X4 | 78,60 | 78,82 | 77,41 | 78,06 |
| C 10X6 | 78,62 | 78,30 | 77,64 | 76,20 |
| C 8X6 | 77,25 | 77,31 | 77,59 | 76,79 |

TABLO 6. 8 MeV Elektron enerjisinin yüzey dozunun SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100 cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % |
| K10X10 | 82,28 | 82,18 | 80,87 | 80,19 |
| C10X10 | 82,88 | 82,78 | 81,56 | 80,41 |
| C 9X9 | 81,47 | 81,65 | 80,36 | 79,93 |
| C 8X8 | 81,52 | 81,62 | 80,34 | 79,91 |
| C 7X7 | 81,37 | 81,49 | 80,61 | 79,96 |
| C 6X6 | 81,54 | 81,64 | 80,57 | 79,45 |
| C 5X5 | 82,09 | 81,99 | 80,70 | 79,98 |
| C 4X4 | 82,49 | 82,39 | 81,88 | 82,81 |
| C 6X3 | 84,28 | 84,18 | 83,36 | 85,15 |
| C 7X4 | 81,75 | 81,85 | 81,07 | 80,91 |
| C 8X5 | 82,09 | 81,09 | 80,46 | 80,37 |
| C 9X6 | 81,28 | 81,38 | 80,20 | 79,61 |
| C 10X7 | 81,88 | 81,98 | 80,61 | 80,61 |
| C 10X8 | 81,94 | 82,04 | 81,11 | 80,68 |
| C 10X4 | 82,42 | 82,32 | 81,46 | 81,37 |
| C 10X6 | 81,68 | 81,76 | 80,55 | 81,98 |
| C 8X6 | 81,78 | 81,88 | 80,34 | 80,34 |

TABLO 7. 10 MeV Elektron enerjisinin yüzey dozunun SSD ve alan bağımlılığı

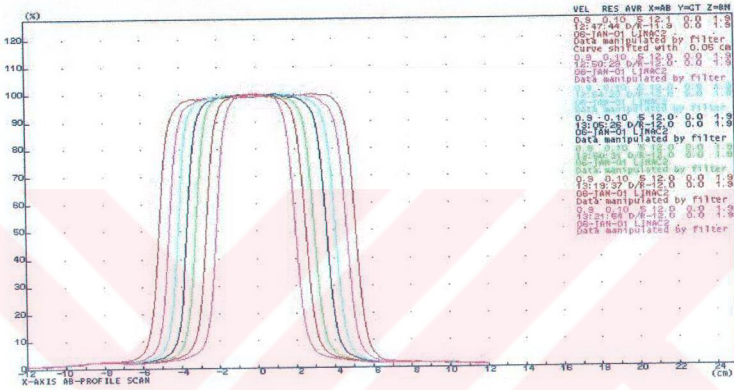
| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100 cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % |
| K10X10 | 84,03 | 84,08 | 81,74 | 81,57 |
| C10X10 | 84,90 | 84,87 | 82,96 | 81,67 |
| C 9X9 | 83,86 | 83,76 | 81,43 | 81,53 |
| C 8X8 | 83,60 | 83,50 | 81,47 | 81,63 |
| C 7X7 | 83,58 | 83,48 | 81,81 | 81,81 |
| C 6X6 | 83,45 | 83,35 | 81,72 | 81,65 |
| C 5X5 | 83,63 | 83,53 | 82,69 | 81,87 |
| C 4X4 | 84,92 | 85,02 | 84,26 | 84,75 |
| C 6X3 | 86,59 | 86,69 | 85,74 | 85,84 |
| C 7X4 | 84,65 | 84,75 | 83,37 | 83,19 |
| C 8X5 | 83,90 | 83,80 | 82,56 | 81,29 |
| C 9X6 | 83,12 | 83,02 | 82,00 | 81,57 |
| C 10X7 | 83,75 | 83,72 | 82,53 | 81,04 |
| C 10X8 | 83,85 | 83,82 | 82,39 | 81,65 |
| C 10X4 | 84,57 | 84,67 | 83,39 | 81,96 |
| C 10X6 | 83,67 | 83,57 | 81,98 | 81,75 |
| C 8X6 | 83,62 | 83,52 | 82,00 | 81,64 |

TABLO 8. 12 MeV Elektron enerjisinin yüzey dozunun SSD ve alan bağımlılığı

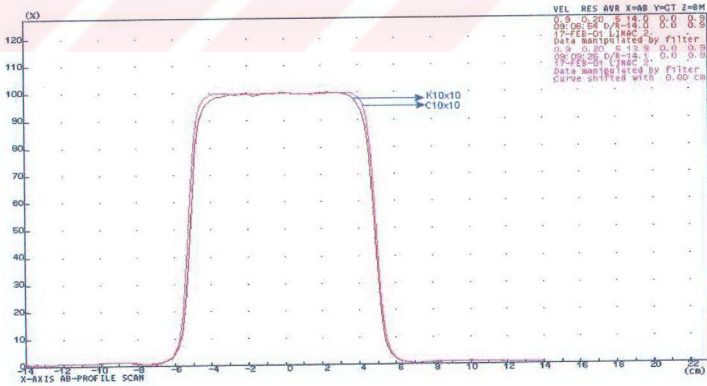
| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100 cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % |
| K10X10 | 87,24 | 87,23 | 84,65 | 83,42 |
| C10X10 | 86,88 | 86,85 | 84,73 | 84,48 |
| C 9X9 | 86,50 | 86,44 | 84,08 | 83,41 |
| C 8X8 | 86,28 | 86,23 | 84,19 | 83,91 |
| C 7X7 | 86,09 | 86,04 | 84,53 | 84,41 |
| C 6X6 | 86,53 | 86,50 | 85,12 | 84,12 |
| C 5X5 | 87,82 | 87,81 | 85,70 | 84,95 |
| C 4X4 | 87,91 | 88,88 | 87,68 | 86,68 |
| C 6X3 | 89,81 | 89,80 | 88,04 | 88,92 |
| C 7X4 | 88,01 | 87,95 | 85,74 | 85,95 |
| C 8X5 | 86,87 | 86,77 | 84,72 | 83,95 |
| C 9X6 | 86,28 | 86,25 | 84,54 | 83,83 |
| C 10X7 | 86,49 | 86,47 | 85,05 | 84,54 |
| C 10X8 | 86,60 | 86,59 | 84,44 | 84,20 |
| C 10X4 | 87,21 | 87,20 | 86,16 | 85,84 |
| C 10X6 | 86,65 | 86,63 | 84,80 | 84,60 |
| C 8X6 | 86,29 | 85,78 | 84,27 | 84,58 |

4.2.3 %85 profil genişlikleri

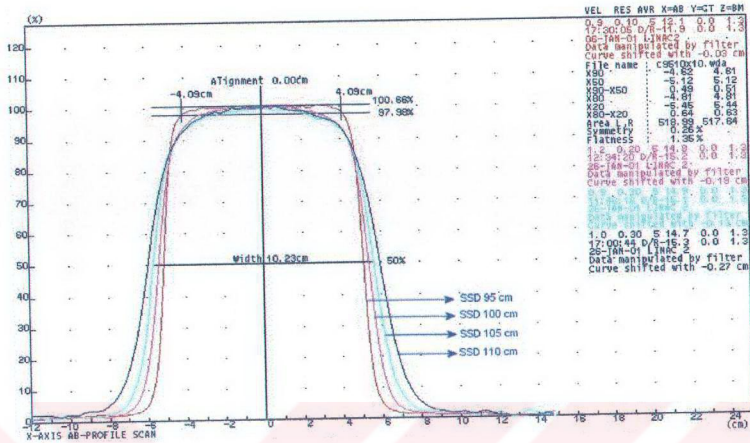
10x10 cm² lik standart kon ve cutoutlar için GT ve AB yönündeki profiller d=%85/2 cm derinlikte ölçüldü. AB yönündeki %85 profil genişlikleri tablo 9,10,11,12'de verilmiştir .Yapılan değerlendirmeler sonucunda % 85 profil genişliğinin SSD artışıma bağlı olarak artığı gözlenmiştir (Şekil 21).Buna karşılık 6 MeV elektron enerjisinde %85 profil genişliklerinde alan boyutlarına bağlı olarak artış değil ,azalma olmuştur (Tablo 9). Profillerin alan bağımlılığı şekil 19'daki gibi bulundu. Ayrıca 10x10 cm standart kon ve aynı boyuttaki cutout için yapılan profil ölçümlerinde cutout profil kenarlarının daha düz olduğu bulunmuştur (Şekil 20).



ŞEKİL 19. SSD 95 cm'de 12 MeV elektron enerjisi için 10x10 cm alandan 4x4 cm alana kadar olan doz profilleri



ŞEKİL 20 . 6 MeV elektron enerjisinde SSD 95 cm'de 10x10 cm standart kon ve aynı boyuttaki cutout için doz profilleri



ŞEKİL 21 . 10 MeV elektron enerjisinin SSD 95,100,105,110 cm ' de AB profilleri

TABLO 9. 6 MeV Elektron enerjisinin %85 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 95 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 100 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 105 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 110 CM AB PR |
|------------|---|--|--|--|
| | K10X10 | 9,14 | 9,10 | 9,06 |
| C10X10 | 9,42 | 9,36 | 9,20 | 9,16 |
| C9X9 | 8,42 | 8,32 | 8,32 | 8,26 |
| C8X8 | 7,36 | 7,30 | 7,16 | 7,00 |
| C7X7 | 6,42 | 6,28 | 6,16 | 5,98 |
| C6X6 | 5,34 | 5,20 | 5,02 | 4,88 |
| C5X5 | 4,38 | 4,24 | 4,00 | 3,84 |
| C4X4 | 3,34 | 3,18 | 2,96 | 2,78 |
| C6X3 | 5,46 | 5,34 | 5,22 | 4,90 |
| C7X4 | 6,42 | 6,32 | 6,18 | 6,06 |
| C8X5 | 7,46 | 7,40 | 7,30 | 7,18 |
| C9X6 | 8,50 | 8,44 | 8,44 | 8,26 |
| C10X7 | 9,30 | 9,24 | 9,16 | 9,12 |
| C10X8 | 7,46 | 7,34 | 7,22 | 7,12 |
| C10X4 | 9,46 | 9,42 | 9,40 | 9,34 |
| C10X6 | 9,46 | 9,34 | 9,30 | 9,28 |
| C8X6 | 7,44 | 7,32 | 7,26 | 7,10 |

TABLO 10. 8 MeV Elektron enerjisinin %85 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 95 CM AB PR | 100 CM AB PR | 105 CM AB PR | 110 CM AB PR |
| K10X10 | 9,15 | 9,03 | 9,40 | 9,40 |
| C10X10 | 9,46 | 9,32 | 9,45 | 9,55 |
| C 9X9 | 8,41 | 8,39 | 8,56 | 8,66 |
| C 8X8 | 7,39 | 7,28 | 7,37 | 7,45 |
| C 7X7 | 6,46 | 6,31 | 6,45 | 6,48 |
| C 6X6 | 5,37 | 5,31 | 5,31 | 5,25 |
| C 5X5 | 4,38 | 4,28 | 4,28 | 4,21 |
| C 4X4 | 3,38 | 3,30 | 3,21 | 3,09 |
| C 6X3 | 5,49 | 5,48 | 5,47 | 5,47 |
| C 7X4 | 6,47 | 6,40 | 6,34 | 6,48 |
| C 8X5 | 7,51 | 7,42 | 7,52 | 7,61 |
| C 9X6 | 8,51 | 8,55 | 8,56 | 8,73 |
| C 10X7 | 9,38 | 9,31 | 9,39 | 9,56 |
| C 10X8 | 9,51 | 7,48 | 7,47 | 9,57 |
| C 10X4 | 9,53 | 9,51 | 9,63 | 9,69 |
| C 10X6 | 9,49 | 9,44 | 9,59 | 9,58 |
| C 8X6 | 7,47 | 7,47 | 7,57 | 7,51 |

TABLO 11. 10 MeV Elektron enerjisinin %85 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 95 CM AB PR | 100 CM AB PR | 105 CM AB PR | 110 CM AB PR |
| K10X10 | 9,24 | 9,31 | 9,42 | 9,67 |
| C10X10 | 9,53 | 9,50 | 9,58 | 9,92 |
| C 9X9 | 8,46 | 8,56 | 8,63 | 8,86 |
| C 8X8 | 7,43 | 7,42 | 7,57 | 7,69 |
| C 7X7 | 6,47 | 6,51 | 6,47 | 6,68 |
| C 6X6 | 5,37 | 5,37 | 5,33 | 5,49 |
| C 5X5 | 4,39 | 4,45 | 4,42 | 4,41 |
| C 4X4 | 3,39 | 3,35 | 3,30 | 3,22 |
| C 6X3 | 5,52 | 5,49 | 5,63 | 5,61 |
| C 7X4 | 6,44 | 6,52 | 6,59 | 6,69 |
| C 8X5 | 7,51 | 7,57 | 7,66 | 7,81 |
| C 9X6 | 8,53 | 8,65 | 8,70 | 8,97 |
| C 10X7 | 9,42 | 9,47 | 9,60 | 9,84 |
| C 10X8 | 9,53 | 7,57 | 7,72 | 7,82 |
| C 10X4 | 9,55 | 9,66 | 9,74 | 10,04 |
| C 10X6 | 9,52 | 9,56 | 9,73 | 9,97 |
| C 8X6 | 7,49 | 7,58 | 7,56 | 7,83 |

TABLO 12. 12 MeV Elektron enerjisinin %85 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 95 CM AB PR | 100 CM AB PR | 105 CM AB PR | 110 CM AB PR |
| K10X10 | 9,14 | 9,27 | 9,50 | 9,76 |
| C10X10 | 9,44 | 9,48 | 9,65 | 10,03 |
| C 9X9 | 8,41 | 8,54 | 8,71 | 8,99 |
| C 8X8 | 7,41 | 7,48 | 7,62 | 7,75 |
| C 7X7 | 6,45 | 6,52 | 6,63 | 6,78 |
| C 6X6 | 5,35 | 5,41 | 5,36 | 5,58 |
| C 5X5 | 4,39 | 4,46 | 4,50 | 4,49 |
| C 4X4 | 3,37 | 3,37 | 3,35 | 3,34 |
| C 6X3 | 5,50 | 5,59 | 5,69 | 5,73 |
| C 7X4 | 6,43 | 6,52 | 6,48 | 6,79 |
| C 8X5 | 7,49 | 7,59 | 7,66 | 7,92 |
| C 9X6 | 8,49 | 8,61 | 8,84 | 9,03 |
| C 10X7 | 9,36 | 9,43 | 9,66 | 9,90 |
| C 10X8 | 9,51 | 7,59 | 7,77 | 7,92 |
| C 10X4 | 9,50 | 9,63 | 9,74 | 10,07 |
| C 10X6 | 9,43 | 9,55 | 9,67 | 10,01 |
| C 8X6 | 7,45 | 7,57 | 7,60 | 7,89 |

4.2.4 %85 –50 profil genişlikleri

%85-%50 profil genişlikleri enerjiye bağlı bir değişim göstermektedir. 6 MeV elektron enerjisinde SSD 95 cm'de bu genişlik 0.43 cm iken SSD 110 cm'de 1.34 cm'dir. 12 Mev elektron enerjisi için ise SSD 95 cm'de 0.43 cm ve SSD 110 cm'de 0.96 cm'dir. Ayrıca SSD artıkça %85-%50 profil genişliğinin arttığı gözlenmiştir (Tablo 13,14,15,16).

TABLO 13. 6 MeV Elektron enerjisinin %85-%50 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 95 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 100 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 105 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 110 CM |
|------------|---|--|--|--|
| K10X10 | 0,43 | 0,71 | 1,03 | 1,34 |
| C10X10 | 0,38 | 0,70 | 1,06 | 1,38 |
| C 9X9 | 0,38 | 0,69 | 0,97 | 1,27 |
| C 8X8 | 0,38 | 0,65 | 0,97 | 1,27 |
| C 7X7 | 0,37 | 0,66 | 0,94 | 1,26 |
| C 6X6 | 0,36 | 0,63 | 0,91 | 1,20 |
| C 5X5 | 0,39 | 0,61 | 0,89 | 1,15 |
| C 4X4 | 0,37 | 0,59 | 0,84 | 1,12 |
| C 6X3 | 0,37 | 0,62 | 0,87 | 1,23 |
| C 7X4 | 0,37 | 0,64 | 0,92 | 1,20 |
| C 8X5 | 0,37 | 0,65 | 0,95 | 1,25 |
| C 9X6 | 0,37 | 0,68 | 0,94 | 1,31 |
| C 10X7 | 0,41 | 0,71 | 1,04 | 1,32 |
| C 10X8 | 0,40 | 0,70 | 1,00 | 1,28 |
| C 10X4 | 0,37 | 0,69 | 0,99 | 1,33 |
| C 10X6 | 0,37 | 0,72 | 1,03 | 1,34 |
| C 8X6 | 0,37 | 0,67 | 0,94 | 1,27 |

TABLO 14. 8 MeV Elektron enerjisinin %85-%50 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 95 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 100 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 105 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 110 CM |
|------------|---|--|--|--|
| K10X10 | 0,44 | 0,76 | 0,84 | 1,13 |
| C10X10 | 0,39 | 0,71 | 0,92 | 1,18 |
| C 9X9 | 0,40 | 0,66 | 0,82 | 1,05 |
| C 8X8 | 0,38 | 0,66 | 0,86 | 1,05 |
| C 7X7 | 0,40 | 0,66 | 0,79 | 0,98 |
| C 6X6 | 0,40 | 0,59 | 0,76 | 0,97 |
| C 5X5 | 0,40 | 0,59 | 0,74 | 0,93 |
| C 4X4 | 0,38 | 0,54 | 0,70 | 0,90 |
| C 6X3 | 0,39 | 0,55 | 0,73 | 0,93 |
| C 7X4 | 0,39 | 0,61 | 0,83 | 0,97 |
| C 8X5 | 0,38 | 0,64 | 0,82 | 1,02 |
| C 9X6 | 0,39 | 0,63 | 0,87 | 1,06 |
| C 10X7 | 0,38 | 0,68 | 0,92 | 1,10 |
| C 10X8 | 0,37 | 0,62 | 0,87 | 1,17 |
| C 10X4 | 0,36 | 0,66 | 0,88 | 1,13 |
| C 10X6 | 0,37 | 0,67 | 0,87 | 1,16 |
| C 8X6 | 0,39 | 0,61 | 0,79 | 1,06 |

TABLO 15. 10 MeV Elektron enerjisinin %85-%50 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 95 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 100 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 105 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 110 CM |
|------------|---|--|--|--|
| K10X10 | 0,41 | 0,64 | 0,84 | 1,01 |
| C10X10 | 0,39 | 0,65 | 0,87 | 1,01 |
| C 9X9 | 0,40 | 0,60 | 0,81 | 0,95 |
| C 8X8 | 0,39 | 0,60 | 0,74 | 0,93 |
| C 7X7 | 0,39 | 0,57 | 0,78 | 0,88 |
| C 6X6 | 0,40 | 0,57 | 0,76 | 0,85 |
| C 5X5 | 0,40 | 0,53 | 0,68 | 0,84 |
| C 4X4 | 0,39 | 0,53 | 0,65 | 0,82 |
| C 6X3 | 0,39 | 0,57 | 0,67 | 0,86 |
| C 7X4 | 0,42 | 0,55 | 0,71 | 0,87 |
| C 8X5 | 0,40 | 0,58 | 0,75 | 0,92 |
| C 9X6 | 0,40 | 0,59 | 0,82 | 0,95 |
| C 10X7 | 0,38 | 0,63 | 0,82 | 0,99 |
| C 10X8 | 0,36 | 0,60 | 0,75 | 0,95 |
| C 10X4 | 0,39 | 0,60 | 0,82 | 0,97 |
| C 10X6 | 0,37 | 0,62 | 0,81 | 0,99 |
| C 8X6 | 0,39 | 0,57 | 0,79 | 0,90 |

TABLO 16. 12 MeV Elektron enerjisinin %85-%50 profil genişliğinin SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 95 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 100 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 105 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 110 CM |
|------------|---|--|--|--|
| K10X10 | 0,46 | 0,67 | 0,81 | 0,97 |
| C10X10 | 0,42 | 0,67 | 0,86 | 0,96 |
| C 9X9 | 0,44 | 0,62 | 0,78 | 0,91 |
| C 8X8 | 0,40 | 0,59 | 0,72 | 0,91 |
| C 7X7 | 0,43 | 0,57 | 0,72 | 0,84 |
| C 6X6 | 0,43 | 0,56 | 0,74 | 0,81 |
| C 5X5 | 0,42 | 0,52 | 0,64 | 0,80 |
| C 4X4 | 0,40 | 0,53 | 0,64 | 0,77 |
| C 6X3 | 0,41 | 0,53 | 0,65 | 0,80 |
| C 7X4 | 0,43 | 0,56 | 0,78 | 0,84 |
| C 8X5 | 0,43 | 0,59 | 0,78 | 0,88 |
| C 9X6 | 0,44 | 0,62 | 0,75 | 0,92 |
| C 10X7 | 0,43 | 0,67 | 0,81 | 0,98 |
| C 10X8 | 0,41 | 0,60 | 0,74 | 0,90 |
| C 10X4 | 0,42 | 0,63 | 0,84 | 0,96 |
| C 10X6 | 0,43 | 0,65 | 0,85 | 0,98 |
| C 8X6 | 0,42 | 0,59 | 0,78 | 0,88 |

4.2.5 Cihazın verim kalibrasyonu

Cihaz kullanılan enerjilerin D_{maks} derinliklerinde 1 MU 1 cGy olacak şekilde kalibre edildi. E_0 ve R_p değerleri kullanılarak IAEA 277 protokolüne göre $S_{w,air}$ değerleri her enerji için tespit edildi. Bunun sonucunda;

$D_w = M_0 \times K_{ip} \times N_D \times S_{w,air} \times P_u \times RW3/Su$ absorbe doz formalizmini kullanarak farklı enerjilerde D_{maks} absorbe doz değerleri hesaplandı.

M_0 = Okuma değeri

K_{ip} = Basınç sıcaklık düzeltme faktörü

N_D = Absorbe doz kalibrasyon faktörü= 0.998

$S_{w,air}$ = Durdurma gücü oranı (Stopping power oranı)

P_u = Perturbasyon faktörü (Markus tipi iyon odası için=1)

$RW3/Su$ = RW3 suya dönüşüm faktörü=1.02 (41)

Tablo 17. Farklı enerjiler için D_{maks} 'da absorbe doz değerleri.

| ENERJİ (MeV) | M_D (cGy) | $D_w = M_0 \times \text{Toplam Faktör}$ (cGy) |
|--------------|-------------|---|
| 6 | 177.62 | $D_w = 177.62 \times 1.126 = 200$ |
| 8 | 180.02 | $D_w = 180.02 \times 1.111 = 200$ |
| 10 | 182.48 | $D_w = 182.48 \times 1.096 = 200$ |
| 12 | 184.84 | $D_w = 184.84 \times 1.082 = 200$ |

4.2.6 Verim ve gap faktörü hesaplamaları

$D_w = M_0 \times K_{ip} \times N_D \times S_{w,air} \times P_u \times RW3/Su$ absorbe doz formalizmini kullanarak farklı enerjilerde her cutout için D_{maks} absorbe doz değerleri hesaplandı. 10x10 cm alanındaki absorbe doz değerine normalize edilerek Tablo 18,19,20,21'deki verim faktörleri bulundu. Alan küçüldükçe ve SSD arttıkça verim faktörü değerinin azaldığı bulundu (Şekil 22,23,24,25,26). Ancak 6 MeV elektron enerjisi için SSD 95 cm'de alan küçüldükçe verim faktörünün %2 arttığı gözlenmiştir (Tablo 18). Ayrıca gap faktörünün SSD'ye enerjiye ve alana bağımlı olduğu görüldü (Tablo 18,19,20,21). Tablo 22'de gap faktörlerinin 10x10 cm alandan 4x4 cm alana yüzde değişim oranları enerjinin ve SSD'nin fonksiyonu olarak verilmiştir (Şekil 27,28,29,30). Verim faktörlerinin kontrolü için 0.125 cc iyon odası ile alınan ölçümler markus tipi iyon odası ile alınan ölçümlerle +%0.5 içinde bulundu.

TABLO 18. 6 MeV Elektron enerjisinin verim faktörünün SSD ve alan bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | SSD 100 cm | | | | SSD 105 cm | | | | SSD 110 cm | | | | |
|------------|-----------|------------------|-----------------|--------|------------------|-----------------|--------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|------------|------------------|------------------|-----------|-----------|
| | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | VERİM | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | VERİM | VERİM | VERİM | Gap |
| | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 0 cm | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 5 cm | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 10 cm | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 10 cm | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 15 cm | NORMALİZE | NORMALİZE |
| K10X10 | 202,00 | 1,00 | 1,00 | 181,40 | 1,00 | 0,90 | 161,47 | 1,00 | 0,80 | 143,34 | 1,00 | 0,71 | 143,34 | 1,00 | 0,71 | | |
| C10X10 | 201,66 | 1,00 | 1,00 | 181,29 | 1,00 | 0,90 | 162,14 | 1,00 | 0,80 | 144,35 | 1,01 | 0,72 | 144,35 | 1,01 | 0,72 | | |
| C 9X9 | 202,00 | 1,00 | 1,00 | 180,72 | 1,00 | 0,89 | 161,02 | 1,00 | 0,80 | 142,89 | 1,00 | 0,71 | 142,89 | 1,00 | 0,71 | | |
| C 8X8 | 202,23 | 1,00 | 1,00 | 180,95 | 1,00 | 0,89 | 161,36 | 1,00 | 0,80 | 142,66 | 1,00 | 0,71 | 142,66 | 1,00 | 0,71 | | |
| C 7X7 | 202,79 | 1,00 | 1,00 | 181,06 | 1,00 | 0,89 | 160,46 | 0,99 | 0,79 | 140,75 | 0,98 | 0,69 | 140,75 | 0,98 | 0,69 | | |
| C 6X6 | 203,36 | 1,01 | 1,00 | 180,50 | 1,00 | 0,89 | 158,43 | 0,98 | 0,78 | 138,50 | 0,97 | 0,68 | 138,50 | 0,97 | 0,68 | | |
| C 5X5 | 204,26 | 1,01 | 1,00 | 178,92 | 0,99 | 0,88 | 156,29 | 0,97 | 0,77 | 134,56 | 0,94 | 0,66 | 134,56 | 0,94 | 0,66 | | |
| C 4X4 | 205,38 | 1,02 | 1,00 | 175,66 | 0,97 | 0,86 | 150,10 | 0,93 | 0,73 | 124,65 | 0,87 | 0,61 | 124,65 | 0,87 | 0,61 | | |
| C 6X3 | 203,36 | 1,01 | 1,00 | 172,62 | 0,95 | 0,85 | 145,48 | 0,90 | 0,72 | 118,68 | 0,83 | 0,58 | 118,68 | 0,83 | 0,58 | | |
| C 7X4 | 204,37 | 1,01 | 1,00 | 178,02 | 0,98 | 0,87 | 155,16 | 0,96 | 0,76 | 132,87 | 0,93 | 0,65 | 132,87 | 0,93 | 0,65 | | |
| C 8X5 | 203,58 | 1,01 | 1,00 | 180,39 | 0,99 | 0,89 | 158,77 | 0,98 | 0,78 | 138,50 | 0,97 | 0,68 | 138,50 | 0,97 | 0,68 | | |
| C 9X6 | 202,34 | 1,00 | 1,00 | 180,72 | 1,00 | 0,89 | 159,89 | 0,99 | 0,79 | 141,09 | 0,98 | 0,70 | 141,09 | 0,98 | 0,70 | | |
| C 10X7 | 202,34 | 1,00 | 1,00 | 180,72 | 1,00 | 0,89 | 161,24 | 1,00 | 0,80 | 142,44 | 0,99 | 0,70 | 142,44 | 0,99 | 0,70 | | |
| C 10X8 | 202,68 | 1,00 | 1,00 | 180,84 | 1,00 | 0,89 | 161,24 | 1,00 | 0,80 | 143,23 | 1,00 | 0,71 | 143,23 | 1,00 | 0,71 | | |
| C 10X4 | 204,37 | 1,01 | 1,00 | 177,80 | 0,98 | 0,87 | 155,50 | 0,96 | 0,76 | 132,76 | 0,93 | 0,65 | 132,76 | 0,93 | 0,65 | | |
| C 10X6 | 203,81 | 1,01 | 1,00 | 181,06 | 1,00 | 0,89 | 160,68 | 0,99 | 0,79 | 141,43 | 0,99 | 0,69 | 141,43 | 0,99 | 0,69 | | |
| C 8X6 | 203,47 | 1,01 | 1,00 | 180,39 | 0,99 | 0,89 | 159,78 | 0,99 | 0,79 | 140,86 | 0,98 | 0,69 | 140,86 | 0,98 | 0,69 | | |

TABLO 19. 8 MeV Elektron enerjisinin verim faktörünün SSD ve alan bağımlılığı

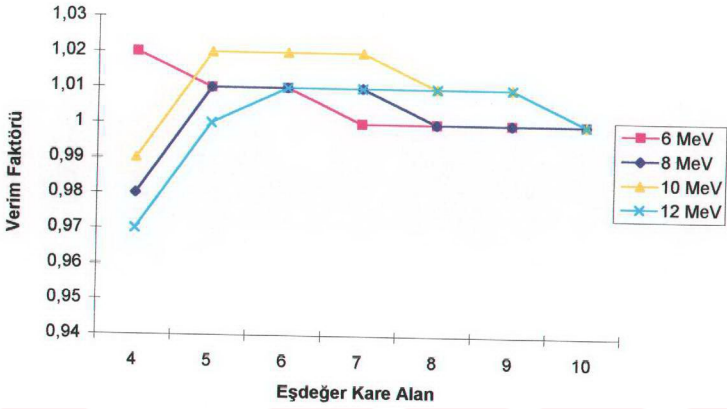
| ALAN cm | SSD 95 cm | | | SSD 100 cm | | | SSD 105 cm | | | SSD 110 cm | | |
|------------|--------------|--|------------------------|--------------|--|------------------------|--------------|--|-------------------------|--------------|--|-------------------------|
| | VERİM cGy | VERİM Faktörü 10X10 NORMALIZE | Gap FAKTÖRÜ 0 cm | VERİM cGy | VERİM Faktörü 10X10 NORMALIZE | Gap FAKTÖRÜ 5 cm | VERİM cGy | VERİM Faktörü 10X10 NORMALIZE | Gap FAKTÖRÜ 10 cm | VERİM cGy | VERİM Faktörü 10X10 NORMALIZE | Gap FAKTÖRÜ 15 cm |
| | K10X10 | 202,65 | 1,00 | 1,00 | 184,65 | 1,00 | 0,91 | 165,65 | 1,00 | 0,82 | 147,99 | 1,00 |
| C10X10 | 202,65 | 1,00 | 1,00 | 184,76 | 1,00 | 0,91 | 167,09 | 1,01 | 0,82 | 149,65 | 1,01 | 0,74 |
| C 9X9 | 203,20 | 1,00 | 1,00 | 184,09 | 1,00 | 0,91 | 165,43 | 1,00 | 0,81 | 148,21 | 1,00 | 0,73 |
| C 8X8 | 203,53 | 1,00 | 1,00 | 184,54 | 1,00 | 0,91 | 165,54 | 1,00 | 0,81 | 147,87 | 1,00 | 0,73 |
| C 7X7 | 204,31 | 1,01 | 1,00 | 184,54 | 1,00 | 0,90 | 164,43 | 0,99 | 0,80 | 148,10 | 1,00 | 0,73 |
| C 6X6 | 204,98 | 1,01 | 1,00 | 183,54 | 1,00 | 0,90 | 162,43 | 0,98 | 0,79 | 144,43 | 0,98 | 0,71 |
| C 5X5 | 205,20 | 1,01 | 1,00 | 181,43 | 0,98 | 0,88 | 160,09 | 0,97 | 0,79 | 141,65 | 0,96 | 0,69 |
| C 4X4 | 202,09 | 0,98 | 1,00 | 176,09 | 0,95 | 0,87 | 154,54 | 0,93 | 0,76 | 134,54 | 0,91 | 0,67 |
| C 6X3 | 197,20 | 0,97 | 1,00 | 173,20 | 0,94 | 0,88 | 150,54 | 0,91 | 0,76 | 129,65 | 0,88 | 0,66 |
| C 7X4 | 203,31 | 1,00 | 1,00 | 180,20 | 0,98 | 0,89 | 159,54 | 0,96 | 0,79 | 140,76 | 0,95 | 0,69 |
| C 8X5 | 204,09 | 1,01 | 1,00 | 183,09 | 0,99 | 0,90 | 162,54 | 0,98 | 0,80 | 144,54 | 0,98 | 0,71 |
| C 9X6 | 203,65 | 1,01 | 1,00 | 183,98 | 1,00 | 0,90 | 163,76 | 0,99 | 0,80 | 146,21 | 0,99 | 0,72 |
| C 10X7 | 202,31 | 1,00 | 1,00 | 184,54 | 1,00 | 0,91 | 165,43 | 1,00 | 0,82 | 147,54 | 1,00 | 0,73 |
| C 10X8 | 202,53 | 1,00 | 1,00 | 184,43 | 1,00 | 0,91 | 165,54 | 1,00 | 0,82 | 148,32 | 1,00 | 0,73 |
| C 10X4 | 202,31 | 1,00 | 1,00 | 180,43 | 0,98 | 0,89 | 159,87 | 0,97 | 0,79 | 141,10 | 0,95 | 0,70 |
| C 10X6 | 204,09 | 1,01 | 1,00 | 184,76 | 1,00 | 0,91 | 164,98 | 1,00 | 0,81 | 146,99 | 0,99 | 0,72 |
| C 8X6 | 204,98 | 1,01 | 1,00 | 184,43 | 1,00 | 0,90 | 163,32 | 0,99 | 0,80 | 145,76 | 0,99 | 0,71 |

TABLO 20. 10 MeV Elektron enerjisinin verim faktörünün SSD ve alan bağımlılığı

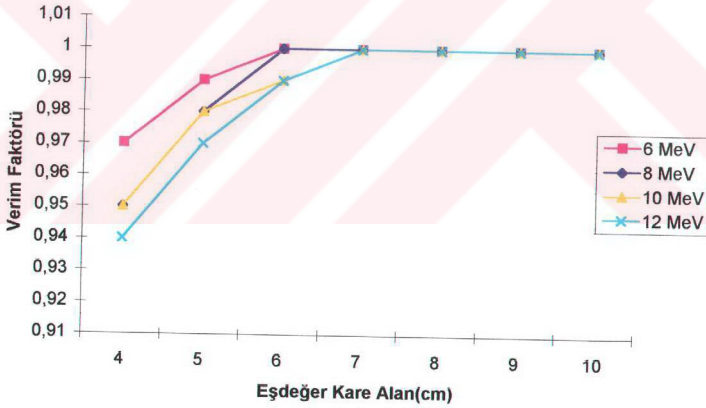
| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | SSD 100 cm | | | | SSD 105 cm | | | | SSD 110 cm | | | | |
|------------|-----------|------------------|-----------------|--------|------------------|-----------------|--------|------------------|------------|------------------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|------------------|--------|
| | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | VERİM | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | |
| | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 0 cm | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 5 cm | cGy | Faktörü 10X10 | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 10 cm | cGy | Faktörü 10X10 | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 15 cm | cGy |
| K10X10 | 203,31 | 1,00 | 1,00 | 186,87 | 1,00 | 0,92 | 168,67 | 1,00 | 168,67 | 1,00 | 0,83 | 152,02 | 1,00 | 152,02 | 1,00 | 0,75 | 149,60 |
| C10X10 | 203,97 | 1,00 | 1,00 | 187,85 | 1,00 | 0,92 | 171,30 | 1,02 | 171,30 | 1,02 | 0,84 | 154,32 | 1,02 | 154,32 | 1,02 | 0,76 | 149,60 |
| C 9X9 | 204,84 | 1,01 | 1,00 | 186,32 | 1,00 | 0,91 | 168,67 | 1,00 | 168,67 | 1,00 | 0,82 | 152,23 | 1,00 | 152,23 | 1,00 | 0,74 | 149,60 |
| C 8X8 | 205,06 | 1,01 | 1,00 | 186,87 | 1,00 | 0,91 | 168,56 | 1,00 | 168,56 | 1,00 | 0,82 | 151,80 | 1,00 | 151,80 | 1,00 | 0,74 | 149,60 |
| C 7X7 | 206,71 | 1,02 | 1,00 | 186,98 | 1,00 | 0,90 | 167,80 | 0,99 | 167,80 | 0,99 | 0,81 | 149,82 | 0,99 | 149,82 | 0,99 | 0,72 | 149,60 |
| C 6X6 | 206,92 | 1,02 | 1,00 | 185,66 | 0,99 | 0,90 | 165,50 | 0,98 | 165,50 | 0,98 | 0,80 | 147,96 | 0,97 | 147,96 | 0,97 | 0,71 | 149,60 |
| C 5X5 | 206,16 | 1,02 | 1,00 | 182,92 | 0,98 | 0,89 | 163,19 | 0,97 | 163,19 | 0,97 | 0,79 | 145,77 | 0,96 | 145,77 | 0,96 | 0,71 | 149,60 |
| C 4X4 | 201,55 | 0,99 | 1,00 | 177,44 | 0,95 | 0,88 | 157,39 | 0,93 | 157,39 | 0,93 | 0,78 | 139,63 | 0,92 | 139,63 | 0,92 | 0,69 | 149,60 |
| C 6X3 | 197,17 | 0,97 | 1,00 | 175,03 | 0,94 | 0,89 | 154,10 | 0,91 | 154,10 | 0,91 | 0,78 | 135,25 | 0,89 | 135,25 | 0,89 | 0,69 | 149,60 |
| C 7X4 | 205,39 | 1,01 | 1,00 | 182,05 | 0,97 | 0,89 | 162,54 | 0,96 | 162,54 | 0,96 | 0,79 | 144,56 | 0,95 | 144,56 | 0,95 | 0,70 | 149,60 |
| C 8X5 | 205,94 | 1,01 | 1,00 | 185,44 | 0,99 | 0,90 | 165,61 | 0,98 | 165,61 | 0,98 | 0,80 | 148,29 | 0,98 | 148,29 | 0,98 | 0,72 | 149,60 |
| C 9X6 | 205,61 | 1,01 | 1,00 | 186,65 | 1,00 | 0,91 | 167,36 | 0,99 | 167,36 | 0,99 | 0,81 | 150,15 | 0,99 | 150,15 | 0,99 | 0,73 | 149,60 |
| C 10X7 | 205,17 | 1,01 | 1,00 | 187,31 | 1,00 | 0,91 | 168,67 | 1,00 | 168,67 | 1,00 | 0,82 | 151,14 | 0,99 | 151,14 | 0,99 | 0,74 | 149,60 |
| C 10X8 | 204,84 | 1,01 | 1,00 | 187,20 | 1,00 | 0,91 | 169,44 | 1,00 | 169,44 | 1,00 | 0,83 | 152,34 | 1,00 | 152,34 | 1,00 | 0,74 | 149,60 |
| C 10X4 | 203,09 | 1,00 | 1,00 | 182,26 | 0,98 | 0,90 | 163,41 | 0,97 | 163,41 | 0,97 | 0,80 | 145,44 | 0,96 | 145,44 | 0,96 | 0,72 | 149,60 |
| C 10X6 | 206,60 | 1,02 | 1,00 | 187,42 | 1,00 | 0,91 | 168,24 | 1,00 | 168,24 | 1,00 | 0,81 | 150,59 | 0,99 | 150,59 | 0,99 | 0,73 | 149,60 |
| C 8X6 | 206,16 | 1,01 | 1,00 | 186,65 | 1,00 | 0,91 | 167,14 | 0,99 | 167,14 | 0,99 | 0,81 | 149,60 | 0,98 | 149,60 | 0,98 | 0,73 | 149,60 |

TABLO 21. 12 MeV Elektron enerjisinin verim faktörünün SSD ve alan bağımlılığı

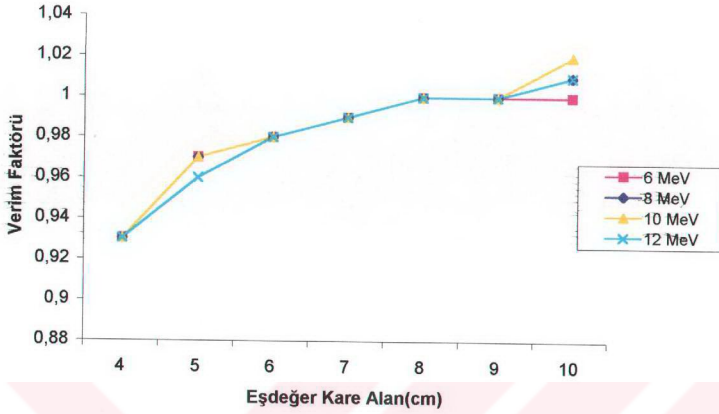
| ALAN cm | SSD 95 cm | | | SSD 100 cm | | | SSD 105 cm | | | SSD 110 cm | | |
|------------|-----------|------------------|-----------------|------------|------------------|-----------------|------------|------------------|------------------|------------|------------------|------------------|
| | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | VERİM | Gap | VERİM | VERİM | VERİM | VERİM | VERİM | Gap |
| | eGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 0 cm | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 5 cm | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 10 cm | cGy | Faktörü 10X10 | FAKTÖRÜ 15 cm |
| K10X10 | 201,36 | 1,00 | 1,00 | 183,29 | 1,00 | 0,91 | 165,33 | 1,00 | 0,82 | 148,99 | 1,00 | 0,74 |
| C10X10 | 201,90 | 1,00 | 1,00 | 183,83 | 1,00 | 0,91 | 167,60 | 1,01 | 0,83 | 151,37 | 1,02 | 0,75 |
| C 9X9 | 202,55 | 1,01 | 1,00 | 183,07 | 1,00 | 0,91 | 165,33 | 1,00 | 0,82 | 148,88 | 1,00 | 0,74 |
| C 8X8 | 202,87 | 1,01 | 1,00 | 183,51 | 1,00 | 0,90 | 165,55 | 1,00 | 0,82 | 148,56 | 1,00 | 0,73 |
| C 7X7 | 203,09 | 1,01 | 1,00 | 183,07 | 1,00 | 0,90 | 163,92 | 0,99 | 0,81 | 146,61 | 0,98 | 0,72 |
| C 6X6 | 202,77 | 1,01 | 1,00 | 180,69 | 0,99 | 0,89 | 161,54 | 0,98 | 0,80 | 145,10 | 0,97 | 0,72 |
| C 5X5 | 201,36 | 1,00 | 1,00 | 178,21 | 0,97 | 0,89 | 159,05 | 0,96 | 0,79 | 142,50 | 0,96 | 0,71 |
| C 4X4 | 195,52 | 0,97 | 1,00 | 171,61 | 0,94 | 0,88 | 153,10 | 0,93 | 0,78 | 136,44 | 0,92 | 0,70 |
| C 6X3 | 192,38 | 0,95 | 1,00 | 169,55 | 0,93 | 0,88 | 149,96 | 0,91 | 0,78 | 132,98 | 0,89 | 0,69 |
| C 7X4 | 199,30 | 0,99 | 1,00 | 176,91 | 0,97 | 0,89 | 158,30 | 0,96 | 0,79 | 141,74 | 0,95 | 0,71 |
| C 8X5 | 202,12 | 1,00 | 1,00 | 180,48 | 0,98 | 0,89 | 161,65 | 0,98 | 0,80 | 145,20 | 0,98 | 0,72 |
| C 9X6 | 201,25 | 1,00 | 1,00 | 182,53 | 1,00 | 0,91 | 163,38 | 0,99 | 0,81 | 147,15 | 0,99 | 0,73 |
| C 10X7 | 202,77 | 1,01 | 1,00 | 183,51 | 1,00 | 0,91 | 165,22 | 1,00 | 0,82 | 148,56 | 1,00 | 0,73 |
| C 10X8 | 202,87 | 1,01 | 1,00 | 183,83 | 1,00 | 0,91 | 165,87 | 1,00 | 0,82 | 149,64 | 1,00 | 0,74 |
| C 10X4 | 196,49 | 0,98 | 1,00 | 177,56 | 0,97 | 0,90 | 159,05 | 0,96 | 0,81 | 142,82 | 0,96 | 0,73 |
| C 10X6 | 202,22 | 1,00 | 1,00 | 183,07 | 1,00 | 0,90 | 164,46 | 1,00 | 0,81 | 148,23 | 0,99 | 0,73 |
| C 8X6 | 202,33 | 1,00 | 1,00 | 182,32 | 1,00 | 0,90 | 163,06 | 0,99 | 0,81 | 146,72 | 0,98 | 0,73 |



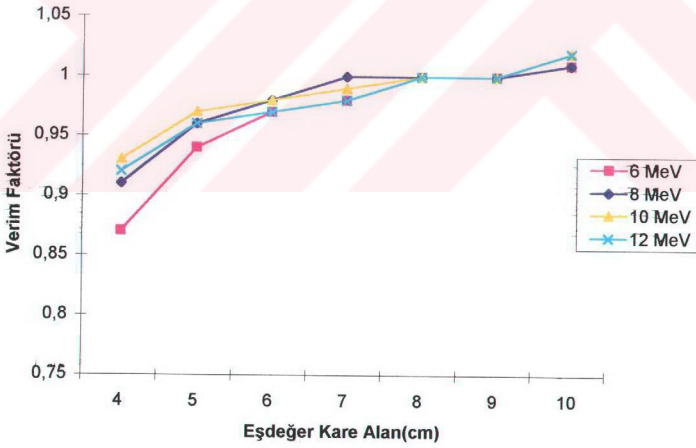
ŞEKİL 22. SSD 95 cm'de tüm enerjiler için verim faktörü



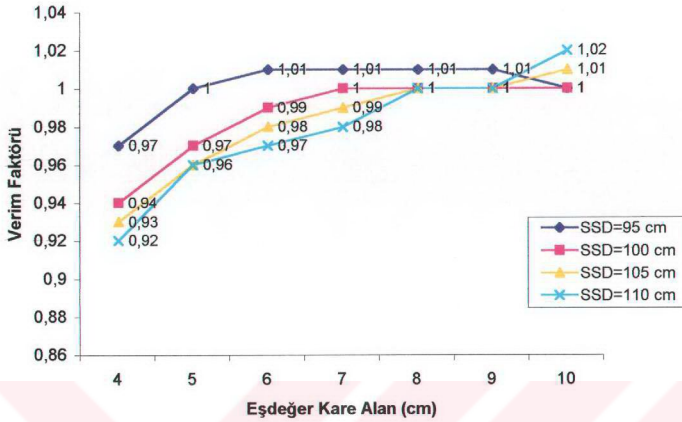
ŞEKİL 23. SSD 100 cm'de tüm enerjiler için verim faktörü



ŞEKİL 24. SSD 105 cm²'de tüm enerjiler için verim faktörü



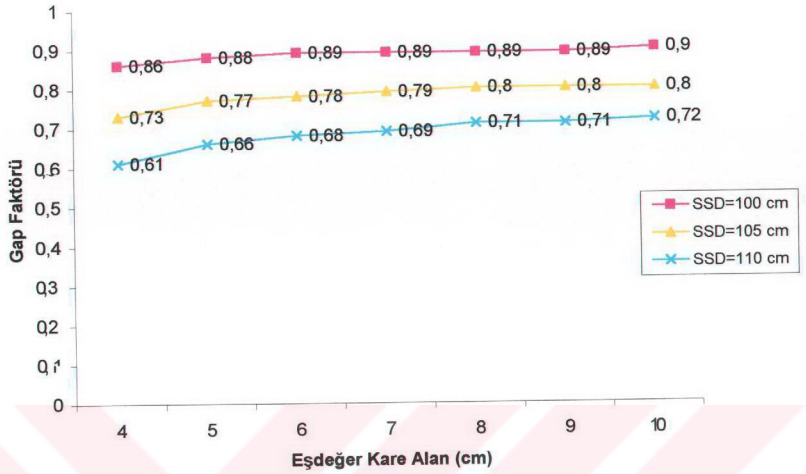
ŞEKİL 25. SSD 110 cm²'de tüm enerjiler için verim faktörü



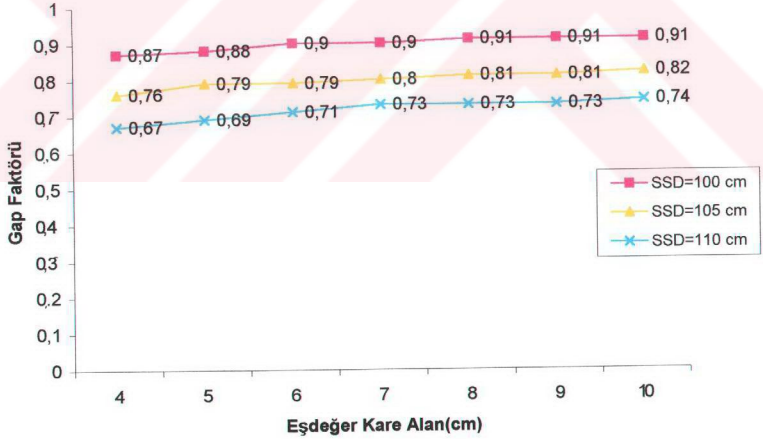
Şekil 26. 12 MeV elektron enerjisi için verim faktörünün alan ve SSD bağımlılığı.

Tablo 22. Farklı enerjiler ve SSD'ler için gap faktörünün yüzde değişim oranları.

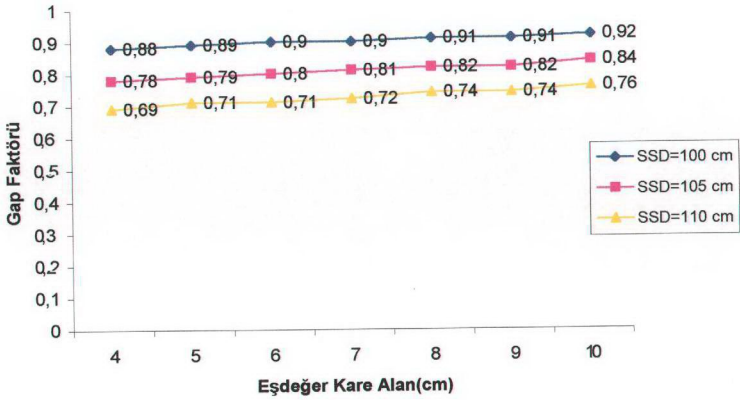
| ENERJİ(MeV) | SSD 100 cm (% Fark) | SSD 105 cm (% Fark) | SSD 110 cm (% Fark) |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 6 | 4.6 | 9.6 | 18.0 |
| 8 | 4.6 | 7.9 | 10.4 |
| 10 | 4.5 | 7.8 | 10.1 |
| 12 | 3.4 | 6.4 | 7.1 |



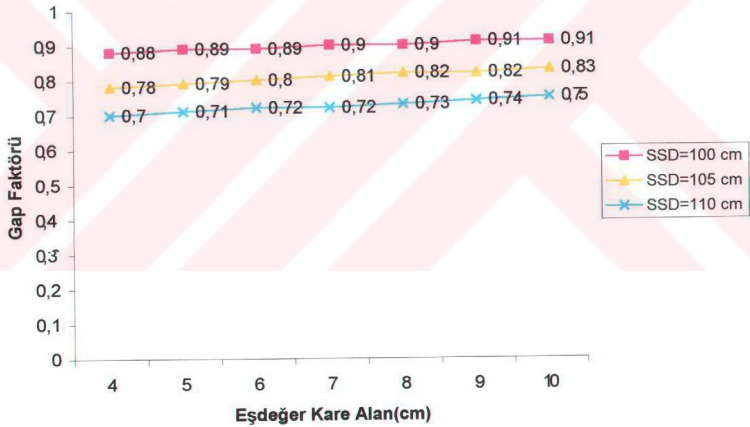
ŞEKİL 27. 6 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara göre gap faktörleri



ŞEKİL 28. 8 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara göre gap faktörleri



ŞEKİL 29. 10 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara göre gap faktörleri



ŞEKİL 30. 12 MeV elektron enerjisinde eşdeğer kare alanlara göre gap faktörleri

4.3 Standart kon ile aynı boyutlardaki cutoutların demet karakteristikleri arasındaki farklılıkları

10x10 cm, 10x6 cm, 6x6 cm standart konlar ile aynı boyutlardaki cutoutlar için farklı bulundu (Tablo 23,24,25,26).

TABLO 23. 6 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konlari ve aynı boyutlardaki cutoutların %DD karakteristicklerinin SSD bağımlılığı

| ALAN Cm | SSD 95 cm | | | | SSD 100 cm | | | | SSD 105 cm | | | | SSD 110 cm | | | | | | | |
|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ |
| | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV |
| K10X10 | 1,20 | 1,68 | 2,16 | 2,77 | 5,03 | 1,20 | 1,65 | 2,15 | 2,74 | 5,01 | 1,19 | 1,65 | 2,13 | 2,71 | 4,97 | 1,19 | 1,66 | 2,13 | 2,69 | 4,96 |
| C10X10 | 1,19 | 1,68 | 2,16 | 2,75 | 5,02 | 1,18 | 1,65 | 2,11 | 2,68 | 4,93 | 1,19 | 1,65 | 2,11 | 2,69 | 4,92 | 1,19 | 1,66 | 2,12 | 2,68 | 4,94 |
| K 10X6 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,72 | 4,98 | 1,19 | 1,69 | 2,14 | 2,71 | 4,99 | 1,19 | 1,70 | 2,14 | 2,70 | 4,99 | 1,19 | 1,73 | 2,18 | 2,76 | 5,07 |
| C 10X6 | 1,19 | 1,70 | 2,19 | 2,79 | 5,10 | 1,19 | 1,71 | 2,18 | 2,79 | 5,09 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 |
| K 6X6 | 1,18 | 1,68 | 2,16 | 2,75 | 5,03 | 1,18 | 1,70 | 2,16 | 2,73 | 5,03 | 1,18 | 1,71 | 2,16 | 2,76 | 5,04 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,73 | 4,99 |
| C 6X6 | 1,20 | 1,71 | 2,17 | 2,77 | 5,06 | 1,20 | 1,70 | 2,15 | 2,71 | 5,02 | 1,19 | 1,66 | 2,13 | 2,72 | 4,97 | 1,19 | 1,67 | 2,13 | 2,68 | 4,95 |

TABLO 24. 8 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konlari ve aynı boyutlardaki cutoutların %DD karakteristicklerinin SSD bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | SSD 100 cm | | | | SSD 105 cm | | | | SSD 110 cm | | | | | | | |
|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ |
| | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV | CM | CM | CM | CM | MeV |
| K10X10 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,00 | 7,56 | 1,80 | 2,60 | 3,26 | 4,00 | 7,59 | 1,79 | 2,59 | 3,22 | 3,95 | 7,49 | 1,80 | 2,53 | 3,18 | 3,96 | 7,40 |
| C10X10 | 1,80 | 2,59 | 3,24 | 4,00 | 7,54 | 1,80 | 2,60 | 3,24 | 4,00 | 7,54 | 1,79 | 2,56 | 3,20 | 3,99 | 7,46 | 1,80 | 2,52 | 3,17 | 3,98 | 7,38 |
| K 10X6 | 1,79 | 2,58 | 3,21 | 3,97 | 7,48 | 1,79 | 2,60 | 3,21 | 3,97 | 7,48 | 1,79 | 2,60 | 3,22 | 4,00 | 7,51 | 1,79 | 2,62 | 3,23 | 3,98 | 7,52 |
| C 10X6 | 1,78 | 2,62 | 3,25 | 4,03 | 7,58 | 1,79 | 2,60 | 3,24 | 4,04 | 7,55 | 1,79 | 2,61 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,99 | 7,44 |
| K 6X6 | 1,79 | 2,58 | 3,22 | 3,99 | 7,50 | 1,79 | 2,60 | 3,23 | 4,00 | 7,52 | 1,79 | 2,61 | 3,24 | 4,02 | 7,54 | 1,79 | 2,62 | 3,24 | 3,99 | 7,54 |
| C 6X6 | 1,80 | 2,62 | 3,25 | 4,00 | 7,57 | 1,80 | 2,60 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,62 | 3,23 | 4,00 | 7,52 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,99 | 7,43 |

TABLO 25. 10 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların %DD karakteristیکlerinin SSD bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | | | SSD 100 cm | | | | | | SSD 105 cm | | | | | | SSD 110 cm | | | | | | |
|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ |
| | cm | cm | cm | cm | MeV | cm | cm | cm | cm | MeV | cm | cm | cm | cm | MeV | cm | cm | cm | cm | MeV | cm | cm | cm | cm | MeV |
| K10X10 | 2,19 | 3,12 | 3,80 | 4,75 | 8,88 | 2,19 | 3,12 | 3,83 | 4,69 | 8,94 | 2,19 | 3,20 | 3,90 | 4,73 | 9,09 | 2,19 | 3,17 | 3,89 | 4,75 | 9,07 | 2,19 | 3,17 | 3,89 | 4,75 | 9,07 |
| C10X10 | 2,19 | 3,10 | 3,82 | 4,75 | 8,90 | 2,19 | 3,10 | 3,84 | 4,71 | 8,94 | 2,19 | 3,16 | 3,89 | 4,74 | 9,07 | 2,20 | 3,14 | 3,87 | 4,75 | 9,02 | 2,20 | 3,14 | 3,87 | 4,75 | 9,02 |
| K10X6 | 2,19 | 3,18 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,17 | 3,91 | 4,79 | 9,11 | 2,19 | 3,20 | 3,94 | 4,81 | 9,17 | 2,19 | 3,21 | 3,92 | 4,82 | 9,13 | 2,19 | 3,21 | 3,92 | 4,82 | 9,13 |
| C10X6 | 2,19 | 3,10 | 3,85 | 4,73 | 8,97 | 2,19 | 3,10 | 3,84 | 4,72 | 8,95 | 2,19 | 3,20 | 3,92 | 4,77 | 9,14 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 |
| K6X6 | 2,19 | 3,19 | 3,93 | 4,84 | 9,16 | 2,19 | 3,16 | 3,92 | 4,82 | 9,14 | 2,19 | 3,21 | 3,94 | 4,79 | 9,18 | 2,19 | 3,25 | 3,97 | 4,85 | 9,26 | 2,19 | 3,25 | 3,97 | 4,85 | 9,26 |
| C6X6 | 2,19 | 3,10 | 3,81 | 4,72 | 8,88 | 2,19 | 3,11 | 3,83 | 4,71 | 8,93 | 2,19 | 3,19 | 3,93 | 4,79 | 9,15 | 2,20 | 3,16 | 3,92 | 4,74 | 9,12 | 2,20 | 3,16 | 3,92 | 4,74 | 9,12 |

TABLO 26. 12 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların %DD karakteristیکlerinin SSD bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | | | SSD 100 cm | | | | | | SSD 105 cm | | | | | | SSD 110 cm | | | | | | |
|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ | D _{maks} | R ₈₅ | R ₅₀ | R _p | E ₀ |
| | cm | cm | cm | cm | MeV | cm | cm | cm | cm | MeV | cm | cm | cm | cm | MeV | cm | cm | cm | cm | MeV | cm | cm | cm | cm | MeV |
| K10X10 | 2,59 | 3,73 | 4,64 | 5,61 | 10,81 | 2,59 | 3,73 | 4,61 | 5,61 | 10,74 | 2,60 | 3,79 | 4,63 | 5,66 | 10,79 | 2,59 | 3,82 | 4,68 | 5,66 | 10,89 | 2,59 | 3,82 | 4,68 | 5,66 | 10,89 |
| C10X10 | 2,59 | 3,74 | 4,64 | 5,69 | 10,81 | 2,59 | 3,74 | 4,62 | 5,68 | 10,76 | 2,60 | 3,74 | 4,59 | 5,59 | 10,70 | 2,59 | 3,80 | 4,64 | 5,62 | 10,80 | 2,59 | 3,80 | 4,64 | 5,62 | 10,80 |
| K10X6 | 2,59 | 3,73 | 4,60 | 5,66 | 10,72 | 2,60 | 3,75 | 4,61 | 5,65 | 10,75 | 2,59 | 3,80 | 4,65 | 5,65 | 10,83 | 2,59 | 3,81 | 4,67 | 5,67 | 10,87 | 2,59 | 3,81 | 4,67 | 5,67 | 10,87 |
| C10X6 | 2,59 | 3,74 | 4,64 | 5,65 | 10,81 | 2,59 | 3,74 | 4,63 | 5,64 | 10,79 | 2,59 | 3,80 | 4,64 | 5,64 | 10,82 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 |
| K6X6 | 2,59 | 3,76 | 4,69 | 5,72 | 10,93 | 2,59 | 3,72 | 4,62 | 5,69 | 10,76 | 2,59 | 3,81 | 4,69 | 5,73 | 10,92 | 2,59 | 3,83 | 4,72 | 5,77 | 10,99 | 2,59 | 3,83 | 4,72 | 5,77 | 10,99 |
| C6X6 | 2,59 | 3,76 | 4,63 | 5,61 | 10,79 | 2,59 | 3,76 | 4,61 | 5,59 | 10,75 | 2,60 | 3,80 | 4,63 | 5,64 | 10,79 | 2,59 | 3,85 | 4,72 | 5,65 | 11,00 | 2,59 | 3,85 | 4,72 | 5,65 | 11,00 |

4.3.2 Yüzeý dozları

10x10 cm,10x6 cm,6x6 cm standart konlar ile aynı boyutlardaki cutoutlar için farklı enerjilerde yüzeý dozlarındaki değişim $\pm\%2$ arasındadır. Anlamlı bir fark yoktur (Tablo 27,28,29,30).

TABLO 27. 6 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların yüzeý dozlarının değişimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100 cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu |
| | % | % | % | % |
| K10X10 | 80,03 | 80,51 | 78,30 | 76,77 |
| C10X10 | 80,33 | 80,92 | 77,73 | 77,14 |
| K 10X6 | 78,51 | 77,93 | 76,81 | 76,15 |
| C 10X6 | 78,62 | 78,30 | 77,64 | 76,20 |
| K 6X6 | 78,73 | 78,63 | 76,03 | 76,59 |
| C 6X6 | 77,20 | 77,39 | 77,25 | 76,41 |

TABLO 28. 8 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların yüzeý dozlarının değişimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100 cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu |
| | % | % | % | % |
| K10X10 | 82,28 | 82,18 | 80,87 | 80,19 |
| C10X10 | 82,88 | 82,78 | 81,56 | 80,41 |
| K 10X6 | 82,58 | 82,85 | 80,50 | 79,82 |
| C 10X6 | 81,68 | 81,76 | 80,55 | 81,98 |
| K 6X6 | 83,43 | 83,58 | 81,09 | 79,96 |
| C 6X6 | 81,54 | 81,64 | 80,57 | 79,45 |

TABLO 29. 10 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların yüzey dozlarının değişimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100 cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % |
| K10X10 | 84,03 | 84,08 | 81,74 | 81,57 |
| C10X10 | 84,90 | 84,87 | 82,96 | 81,67 |
| K 10X6 | 84,86 | 84,46 | 82,44 | 81,43 |
| C 10X6 | 83,67 | 83,57 | 81,98 | 81,75 |
| K 6X6 | 85,75 | 85,89 | 82,95 | 81,93 |
| C 6X6 | 83,45 | 83,35 | 81,72 | 81,65 |

TABLO 30. 12 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların yüzey dozlarının değişimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100 cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % |
| K10X10 | 87,24 | 87,23 | 84,65 | 83,42 |
| C10X10 | 86,88 | 86,85 | 84,73 | 84,48 |
| K 10X6 | 86,77 | 86,89 | 84,95 | 84,09 |
| C 10X6 | 86,65 | 86,63 | 84,80 | 84,60 |
| K 6X6 | 89,65 | 88,89 | 86,00 | 84,84 |
| C 6X6 | 86,53 | 86,50 | 85,12 | 84,12 |

4.3.3 %85 ile %85-50 profil genişlikleri

10x10 cm, 10x6 cm, 6x6 cm standart konların $d=\frac{85}{2}$ cm derinlikte ölçülen %85 profil genişlikleri ile aynı boyutlardaki cutoutlar için farklı enerjilerde %85 profil genişlikleri arasında 3-6 mm arasında değişen bir artış gözlenmiştir (Tablo 31, 32, 33, 34). Cutoutların %85 profil genişlikleri standart elektron konlarından daha geniştir (Şekil 31). Ayrıca %85-%50 profil genişliklerinde bir fark bulunmadı.

TABLO 31. 6 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişliklerinin değişimleri

| ALAN cm | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 95 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 100 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 105 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 110 CM AB PR | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 95 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 100 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 105 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 110 CM |
|------------|--|---|---|---|--|---|---|---|
| K10X10 | 9,14 | 9,10 | 9,06 | 8,98 | 0,43 | 0,71 | 1,03 | 1,34 |
| C10X10 | 9,42 | 9,36 | 9,20 | 9,16 | 0,38 | 0,70 | 1,06 | 1,38 |
| K 6X6 | 4,98 | 4,92 | 4,86 | 4,82 | 0,44 | 0,66 | 0,91 | 1,17 |
| C 6X6 | 5,34 | 5,20 | 5,02 | 4,88 | 0,36 | 0,63 | 0,91 | 1,20 |
| K 10X6 | 8,96 | 8,92 | 8,84 | 8,92 | 0,46 | 0,75 | 1,08 | 1,34 |
| C 10X6 | 9,46 | 9,34 | 9,30 | 9,28 | 0,37 | 0,72 | 1,03 | 1,34 |

TABLO 32. 8 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişliklerinin değişimleri

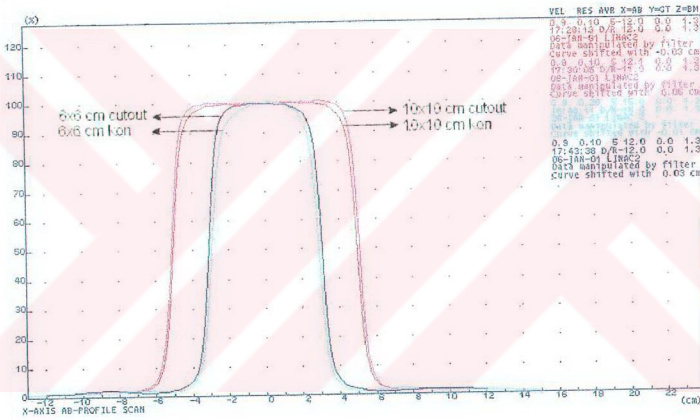
| ALAN cm | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 95 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 100 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 105 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 110 CM AB PR | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 95 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 100 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 105 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 110 CM |
|------------|--|---|---|---|--|---|---|---|
| K10X10 | 9,15 | 9,03 | 9,40 | 9,40 | 0,44 | 0,76 | 0,84 | 1,13 |
| C10X10 | 9,46 | 9,32 | 9,45 | 9,55 | 0,39 | 0,71 | 0,92 | 1,18 |
| K 6X6 | 4,90 | 4,97 | 5,00 | 4,96 | 0,47 | 0,60 | 0,76 | 0,96 |
| C 6X6 | 5,37 | 5,31 | 5,31 | 5,25 | 0,40 | 0,59 | 0,76 | 0,97 |
| K 10X6 | 8,88 | 8,99 | 9,14 | 9,20 | 0,51 | 0,70 | 0,90 | 1,16 |
| C 10X6 | 9,49 | 9,44 | 9,59 | 9,58 | 0,37 | 0,67 | 0,87 | 1,16 |

TABLO 33. 10 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişliklerinin değişimleri

| ALAN cm | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 95 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 100 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 105 CM AB PR | %85 PROFİL GENİŞLİĞİ 110 CM AB PR | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 95 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 100 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 105 CM | %85-50 PROFİL GENİŞLİĞİ SSD 110 CM |
|------------|--|---|---|---|--|---|---|---|
| K10X10 | 9,24 | 9,31 | 9,42 | 9,67 | 0,41 | 0,64 | 0,84 | 1,01 |
| C10X10 | 9,53 | 9,50 | 9,58 | 9,92 | 0,39 | 0,65 | 0,87 | 1,01 |
| K 6X6 | 4,91 | 4,97 | 5,06 | 5,09 | 0,48 | 0,59 | 0,72 | 0,87 |
| C 6X6 | 5,37 | 5,37 | 5,33 | 5,49 | 0,40 | 0,57 | 0,76 | 0,85 |
| K 10X6 | 8,96 | 9,11 | 9,38 | 9,56 | 0,50 | 0,65 | 0,80 | 0,99 |
| C 10X6 | 9,52 | 9,56 | 9,73 | 9,97 | 0,37 | 0,62 | 0,81 | 0,99 |

TABLO 34. 12 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların %85 profil genişlikleri ile %85-%50 profil genişliklerinin değişimleri

| ALAN cm | %85 PROFİL GENİSLİĞİ 95 CM AB-PR | %85 PROFİL GENİSLİĞİ 100 CM AB-PR | %85 PROFİL GENİSLİĞİ 105 CM AB-PR | %85 PROFİL GENİSLİĞİ 110 CM AB-PR | %85-50 PROFİL GENİSLİĞİ SSD-95 CM | %85-50 PROFİL GENİSLİĞİ SSD-100CM | %85-50 PROFİL GENİSLİĞİ SSD-105CM | %85-50 PROFİL GENİSLİĞİ SSD-110CM |
|------------|--|---|---|---|--|--|--|--|
| K10X10 | 9,14 | 9,27 | 9,50 | 9,76 | 0,46 | 0,67 | 0,81 | 0,97 |
| C10X10 | 9,44 | 9,48 | 9,65 | 10,03 | 0,42 | 0,67 | 0,86 | 0,96 |
| K 6X6 | 4,90 | 5,02 | 5,14 | 5,21 | 0,50 | 0,58 | 0,68 | 0,81 |
| C 6X6 | 5,35 | 5,41 | 5,36 | 5,58 | 0,43 | 0,56 | 0,74 | 0,81 |
| K 10X6 | 8,89 | 9,12 | 9,33 | 9,56 | 0,56 | 0,69 | 0,83 | 1,00 |
| C 10X6 | 9,43 | 9,55 | 9,67 | 10,01 | 0,43 | 0,65 | 0,85 | 0,98 |



ŞEKİL 31. 6 MeV elektron enerjisinde 10x10,6x6 standart kon ve cutoutlar için profiller

4.3.4 Verim ve gap faktörleri

10x10 cm,10x6 cm,6x6 cm standart konlar ile aynı boyutlardaki cutoutlar için farklı enerjilerde verim faktörleri arasında farklılıklar bulunmuştur (Tablo 35,36,37,38). Özellikle 6 MeV ve 8 MeV elektron enerjilerinde 6x6 cm 10x6 cm standart konların verim faktörleri , cutoutların verim faktörlerinden oldukça küçüktür (Tablo 39,40). Enerji arttıkça aradığı fark azalmaktadır. Standart elektron konları ile aynı boyuttaki cutoutların gap faktörleri arasında düşük enerjilerde anlamlı bir fark vardır.Yüzde olarak değişimleri tablo 41 ve tablo 42'de verilmiştir.

TABLO 35. 6 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların SSD ve alan (cutout) bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | | SSD 100 cm | | SSD 105 cm | | SSD 110 cm | |
|------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap |
| | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ |
| | 10X10 | | 10X10 | | 10X10 | | 10X10 | |
| | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | |
| K10X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 1,00 | 0,80 | 1,00 | 0,71 |
| C10X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 1,00 | 0,80 | 1,01 | 0,72 |
| K 6X6 | 0,81 | 1,00 | 0,77 | 0,86 | 0,75 | 0,74 | 0,72 | 0,64 |
| C 6X6 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,98 | 0,78 | 0,97 | 0,68 |
| K 10X6 | 0,93 | 1,00 | 0,90 | 0,87 | 0,89 | 0,76 | 0,88 | 0,67 |
| C 10X6 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,99 | 0,79 | 0,99 | 0,69 |

TABLO 36. 8 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların SSD ve alan (cutout) bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | | SSD 100 cm | | SSD 105 cm | | SSD 110 cm | |
|------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap |
| | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ |
| | 10X10 | | 10X10 | | 10X10 | | 10X10 | |
| | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | |
| K10X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,82 | 1,00 | 0,73 |
| C10X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,01 | 0,82 | 1,01 | 0,74 |
| K 6X6 | 0,95 | 1,00 | 0,92 | 0,88 | 0,89 | 0,77 | 0,88 | 0,68 |
| C 6X6 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,98 | 0,79 | 0,98 | 0,71 |
| K 10X6 | 0,98 | 1,00 | 0,97 | 0,90 | 0,96 | 0,78 | 0,95 | 0,69 |
| C 10X6 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,81 | 0,99 | 0,72 |

TABLO 37. 10 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların SSD ve alan (cutout) bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | | SSD 100 cm | | SSD 105 cm | | SSD 110 cm | |
|------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap |
| | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ |
| | 10X10 | | 10X10 | | 10X10 | | 10X10 | |
| | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | | NORMAL İZE | |
| K10X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,92 | 1,00 | 0,83 | 1,00 | 0,75 |
| C10X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,92 | 1,02 | 0,84 | 1,02 | 0,76 |
| K 6X6 | 1,02 | 1,00 | 0,98 | 0,89 | 0,95 | 0,78 | 0,94 | 0,69 |
| C 6X6 | 1,02 | 1,00 | 0,99 | 0,90 | 0,98 | 0,80 | 0,97 | 0,71 |
| K 10X6 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 0,98 | 0,80 | 0,97 | 0,71 |
| C 10X6 | 1,02 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,81 | 0,99 | 0,73 |

TABLO 38. 12 Mev Elektron enerjisinin standart elektron konları ve aynı boyutlardaki cutoutların SSD ve alan (cutout) bağımlılığı

| ALAN cm | SSD 95 cm | | SSD 100 cm | | SSD 105 cm | | SSD 110 cm | |
|------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap |
| | Faktörün 10X10 | FAKTÖRÜ | Faktörün 10X10 | FAKTÖRÜ | Faktörün 10X10 | FAKTÖRÜ | Faktörün 10X10 | FAKTÖRÜ |
| | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | |
| K10X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,82 | 1,00 | 0,74 |
| C10X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,01 | 0,83 | 1,02 | 0,75 |
| K 6X6 | 1,02 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,97 | 0,78 | 0,96 | 0,70 |
| C 6X6 | 1,01 | 1,00 | 0,99 | 0,89 | 0,98 | 0,80 | 0,97 | 0,72 |
| K 10X6 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,99 | 0,80 | 0,98 | 0,72 |
| C 10X6 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 1,00 | 0,81 | 0,99 | 0,73 |

Tablo 39. 6x6 cm standart kon ve cutoutların verim faktörlerinin farklı enerji ve SSD'lerde yüzde farkları

| ENERJİ (MeV) | SSD 95 cm (% Fark) | SSD 100 cm (% Fark) | SSD 105 cm (% Fark) | SSD 110 cm (% Fark) |
|--------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 6 | 24.69 | 29.87 | 30.67 | 34.72 |
| 8 | 6.32 | 8.69 | 10.11 | 11.36 |
| 10 | 0.00 | 1.02 | 3.16 | 3.19 |
| 12 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.04 |

Tablo 40. 10x6 cm standart kon ve cutoutların verim faktörlerinin farklı enerji ve SSD'lerde yüzde farkları.

| ENERJİ (MeV) | SSD 95 cm (% Fark) | SSD 100 cm (% Fark) | SSD 105 cm (% Fark) | SSD 110 cm (% Fark) |
|--------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 6 | 8.60 | 11.11 | 11.24 | 12.50 |
| 8 | 3.06 | 3.09 | 4.17 | 4.21 |
| 10 | 0.99 | 0.00 | 2.04 | 2.06 |
| 12 | 1.00 | 0.00 | 1.01 | 1.02 |

Tablo 41. 6x6 cm standart kon ile cutoutun farklı enerjiler ve SSD'ler için gap faktörünün yüzde değişim oranları

| ENERJİ(MeV) | SSD 100 cm (% Fark) | SSD 105 cm (% Fark) | SSD 110 cm (% Fark) |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 6 | 3.49 | 5.41 | 6.25 |
| 8 | 2.27 | 2.60 | 4.41 |
| 10 | 1.12 | 2.56 | 2.90 |
| 12 | 0.00 | 2.56 | 2.86 |

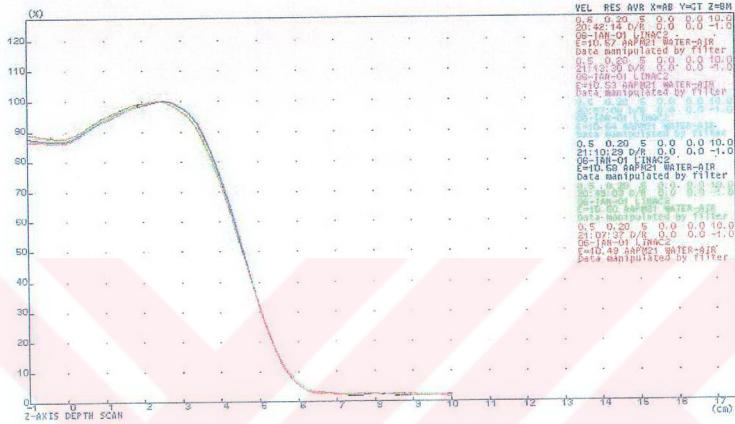
Tablo 42. 10x6 cm standart kon ile cutoutun farklı enerjiler ve SSD'ler için gap faktörünün yüzde değişim oranları

| ENERJİ(MeV) | SSD 100 cm (% Fark) | SSD 105 cm (% Fark) | SSD 110 cm (% Fark) |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 6 | 2.30 | 3.95 | 2.99 |
| 8 | 1,11 | 3.85 | 4.35 |
| 10 | 0,00 | 1.25 | 2.82 |
| 12 | 0,00 | 1.25 | 1.39 |

4.4 AxB ve BxA boyutlarındaki cutoutların kolimatör bağımlılıkları

4.4.1 %DD Karakteristikleri

10x8 ,10x6,10x4 cm boyutlarındaki cutoutların kolimatöre olan bağımlılıkları için %DD karakteristikleri arasında fark bulunmamaktadır (Tablo 43,44,45,46).Şekil 32' de 12 MeV elektron enerjisi için verilen cutoutların %DD eğrileri verilmiştir.



ŞEKİL 32. SSD 95 cm'de 12 MeV elektron enerjisi için 10x8,10x6,10x4, 8x10,6x10, 4x10 cutoutların yüzde derin doz profilleri.

TABLO 43. 6 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile %DD karakteristیکlerinin değışimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | | SSD 100 cm | | | | | SSD 105 cm | | | | | SSD 110 cm | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV |
| C 10X8 | 1,19 | 1,71 | 2,19 | 2,77 | 5,10 | 1,19 | 1,71 | 2,17 | 2,75 | 5,05 | 1,19 | 1,65 | 2,12 | 2,68 | 4,94 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,73 | 4,98 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,70 | 4,98 |
| C 8X10 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,79 | 5,11 | 1,19 | 1,74 | 2,19 | 2,77 | 5,09 | 1,19 | 1,67 | 2,13 | 2,69 | 4,95 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,70 | 4,98 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,70 | 4,98 |
| C 10X6 | 1,19 | 1,70 | 2,19 | 2,79 | 5,10 | 1,19 | 1,71 | 2,18 | 2,79 | 5,09 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,69 | 4,96 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,70 | 4,99 |
| C 6X10 | 1,19 | 1,73 | 2,18 | 2,76 | 5,09 | 1,19 | 1,74 | 2,18 | 2,76 | 5,08 | 1,19 | 1,67 | 2,13 | 2,72 | 4,97 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,73 | 4,99 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,73 | 4,99 |
| C 10X4 | 1,19 | 1,70 | 2,16 | 2,76 | 5,04 | 1,19 | 1,72 | 2,19 | 2,80 | 5,11 | 1,19 | 1,67 | 2,12 | 2,69 | 4,93 | 1,19 | 1,68 | 2,14 | 2,69 | 4,98 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,69 | 4,98 |
| C 4X10 | 1,19 | 1,73 | 2,19 | 2,78 | 5,11 | 1,19 | 1,73 | 2,20 | 2,82 | 5,13 | 1,19 | 1,68 | 2,13 | 2,71 | 4,96 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,72 | 5,00 | 1,19 | 1,67 | 2,14 | 2,72 | 5,00 |

TABLO 44. 8 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile %DD karakteristیکlerinin değışimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | | | | | SSD 100 cm | | | | | SSD 105 cm | | | | | SSD 110 cm | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV | D _{max} cm | R ₈₅ cm | R ₅₀ cm | R _p cm | E ₀ MeV |
| C 10X8 | 1,80 | 2,61 | 3,25 | 4,03 | 7,58 | 1,80 | 2,60 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,79 | 2,61 | 3,23 | 4,01 | 7,52 | 1,80 | 2,55 | 3,20 | 3,99 | 7,46 | 1,80 | 2,55 | 3,20 | 3,99 | 7,46 |
| C 8X10 | 1,80 | 2,56 | 3,19 | 3,95 | 7,42 | 1,80 | 2,58 | 3,21 | 3,95 | 7,48 | 1,79 | 2,61 | 3,25 | 4,02 | 7,56 | 1,80 | 2,53 | 3,18 | 3,97 | 7,42 | 1,80 | 2,53 | 3,18 | 3,97 | 7,42 |
| C 10X6 | 1,78 | 2,62 | 3,25 | 4,03 | 7,58 | 1,79 | 2,60 | 3,24 | 4,04 | 7,55 | 1,79 | 2,61 | 3,24 | 4,01 | 7,55 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,99 | 7,44 | 1,80 | 2,53 | 3,19 | 3,99 | 7,44 |
| C 6X10 | 1,79 | 2,56 | 3,19 | 3,98 | 7,44 | 1,79 | 2,58 | 3,21 | 3,98 | 7,48 | 1,79 | 2,62 | 3,24 | 4,01 | 7,56 | 1,80 | 2,54 | 3,18 | 3,99 | 7,41 | 1,80 | 2,52 | 3,19 | 3,97 | 7,43 |
| C 10X4 | 1,80 | 2,61 | 3,24 | 4,03 | 7,56 | 1,80 | 2,60 | 3,25 | 4,01 | 7,57 | 1,79 | 2,60 | 3,24 | 4,02 | 7,55 | 1,80 | 2,51 | 3,19 | 3,97 | 7,43 | 1,80 | 2,51 | 3,19 | 3,97 | 7,43 |
| C 4X10 | 1,79 | 2,54 | 3,18 | 3,95 | 7,42 | 1,79 | 2,56 | 3,20 | 3,95 | 7,46 | 1,79 | 2,60 | 3,24 | 4,02 | 7,54 | 1,80 | 2,51 | 3,19 | 3,99 | 7,43 | 1,80 | 2,51 | 3,19 | 3,99 | 7,43 |

TABLO 45. 10 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile %DD karakteristiklerinin değişimleri

| Cihaz | SSD 95 cm | | | | | | | | | | SSD 100 cm | | | | | | | | | | SSD 105 cm | | | | | | | | | | SSD 110 cm | | | | | | | | | |
|--------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|------|
| | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | |
| | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | | |
| C 10X8 | 2,19 | 3,10 | 3,83 | 4,71 | 8,93 | 2,19 | 3,10 | 3,83 | 4,69 | 8,93 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 3,91 | 4,80 | 9,12 | 2,19 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,19 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,19 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,19 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | | | | |
| C 8X10 | 2,19 | 3,11 | 3,84 | 4,74 | 8,95 | 2,19 | 3,11 | 3,85 | 4,72 | 8,98 | 2,19 | 3,21 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,18 | 3,91 | 4,78 | 9,11 | 2,19 | 3,18 | 3,91 | 4,78 | 9,11 | 2,19 | 3,18 | 3,91 | 4,78 | 9,11 | 2,19 | 3,18 | 3,91 | 4,78 | 9,11 | 2,19 | 3,18 | 3,91 | 4,78 | 9,11 |
| C 10X6 | 2,19 | 3,10 | 3,85 | 4,73 | 8,97 | 2,19 | 3,10 | 3,84 | 4,72 | 8,95 | 2,19 | 3,20 | 3,92 | 4,77 | 9,14 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 | 2,19 | 3,19 | 3,91 | 4,78 | 9,12 |
| C 6X10 | 2,19 | 3,14 | 3,86 | 4,73 | 8,99 | 2,19 | 3,14 | 3,85 | 4,71 | 8,97 | 2,19 | 3,20 | 3,92 | 4,80 | 9,14 | 2,20 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,20 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,20 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,20 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 | 2,20 | 3,18 | 3,92 | 4,77 | 9,13 |
| C 10X4 | 1,99 | 3,06 | 3,85 | 4,71 | 8,97 | 1,99 | 3,06 | 3,83 | 4,71 | 8,91 | 2,19 | 3,17 | 3,92 | 4,79 | 9,12 | 2,19 | 3,13 | 3,88 | 4,75 | 9,05 | 2,19 | 3,13 | 3,88 | 4,75 | 9,05 | 2,19 | 3,13 | 3,88 | 4,75 | 9,05 | 2,19 | 3,13 | 3,88 | 4,75 | 9,05 | 2,19 | 3,13 | 3,88 | 4,75 | 9,05 |
| C 4X10 | 1,99 | 3,09 | 3,85 | 4,75 | 8,97 | 1,99 | 3,09 | 3,84 | 4,74 | 8,95 | 2,19 | 3,16 | 3,90 | 4,83 | 9,09 | 2,20 | 3,13 | 3,89 | 4,83 | 9,06 | 2,20 | 3,13 | 3,89 | 4,83 | 9,06 | 2,20 | 3,13 | 3,89 | 4,83 | 9,06 | 2,20 | 3,13 | 3,89 | 4,83 | 9,06 | 2,20 | 3,13 | 3,89 | 4,83 | 9,06 |

TABLO 46. 12 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile %DD karakteristiklerinin değişimleri

| Cihaz | SSD 95 cm | | | | | | | | | | SSD 100 cm | | | | | | | | | | SSD 105 cm | | | | | | | | | | SSD 110 cm | | | | | | | | | |
|--------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|-------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|-------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|-------|------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|----------------|-------|
| | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | | D _{max} | | R ₈₅ | | R ₅₀ | | R _p | | E ₀ | |
| | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | CM | MeV | | |
| C 10X8 | 2,59 | 3,74 | 4,62 | 5,63 | 10,76 | 2,59 | 3,74 | 4,61 | 5,62 | 10,73 | 2,60 | 3,79 | 4,64 | 5,59 | 10,81 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 | 2,59 | 3,84 | 4,71 | 5,63 | 10,96 |
| C 8X10 | 2,59 | 3,73 | 4,61 | 5,61 | 10,74 | 2,59 | 3,73 | 4,59 | 5,62 | 10,68 | 2,59 | 3,81 | 4,67 | 5,62 | 10,88 | 2,59 | 3,85 | 4,69 | 5,62 | 10,93 | 2,59 | 3,85 | 4,69 | 5,62 | 10,93 | 2,59 | 3,85 | 4,69 | 5,62 | 10,93 | 2,59 | 3,85 | 4,69 | 5,62 | 10,93 | 2,59 | 3,85 | 4,69 | 5,62 | 10,93 |
| C 10X6 | 2,59 | 3,74 | 4,64 | 5,65 | 10,81 | 2,59 | 3,74 | 4,63 | 5,64 | 10,79 | 2,59 | 3,80 | 4,64 | 5,64 | 10,82 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 | 2,59 | 3,87 | 4,73 | 5,71 | 11,02 |
| C 6X10 | 2,59 | 3,73 | 4,61 | 5,63 | 10,74 | 2,59 | 3,73 | 4,60 | 5,62 | 10,73 | 2,60 | 3,80 | 4,67 | 5,69 | 10,88 | 2,59 | 3,83 | 4,68 | 5,57 | 10,89 | 2,59 | 3,83 | 4,68 | 5,57 | 10,89 | 2,59 | 3,83 | 4,68 | 5,57 | 10,89 | 2,59 | 3,83 | 4,68 | 5,57 | 10,89 | 2,59 | 3,83 | 4,68 | 5,57 | 10,89 |
| C 10X4 | 2,39 | 3,64 | 4,60 | 5,63 | 10,71 | 2,39 | 3,64 | 4,58 | 5,69 | 10,67 | 2,60 | 3,73 | 4,63 | 5,67 | 10,78 | 2,59 | 3,79 | 4,71 | 5,69 | 10,98 | 2,59 | 3,79 | 4,71 | 5,69 | 10,98 | 2,59 | 3,79 | 4,71 | 5,69 | 10,98 | 2,59 | 3,79 | 4,71 | 5,69 | 10,98 | 2,59 | 3,79 | 4,71 | 5,69 | 10,98 |
| C 4X10 | 2,39 | 3,66 | 4,60 | 5,70 | 10,71 | 2,39 | 3,66 | 4,58 | 5,67 | 10,67 | 2,60 | 3,72 | 4,63 | 5,65 | 10,79 | 2,59 | 3,77 | 4,67 | 5,65 | 10,87 | 2,59 | 3,77 | 4,67 | 5,65 | 10,87 | 2,59 | 3,77 | 4,67 | 5,65 | 10,87 | 2,59 | 3,77 | 4,67 | 5,65 | 10,87 | 2,59 | 3,77 | 4,67 | 5,65 | 10,87 |

4.4.2 Yüzeý dozları

10x8 ,10x6,10x4 cm boyutlarındaki cutoutların yüzeý dozları arasında anlamlı bir fark(\pm %2 içerisinde) bulunmamaktadır (Tablo 47,48,49,50).

TABLO 47. 6 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile yüzeý dozlarının değışimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu |
| | % | % | % | % |
| C 10X8 | 78,93 | 78,26 | 77,50 | 76,61 |
| C 8X10 | 79,65 | 79,79 | 78,15 | 77,47 |
| C 10X6 | 78,62 | 78,30 | 77,64 | 76,20 |
| C 6X10 | 78,15 | 78,43 | 77,84 | 76,18 |
| C 10X4 | 78,60 | 78,82 | 77,41 | 78,06 |
| C 4X10 | 78,30 | 78,90 | 77,23 | 77,52 |

TABLO 48. 8 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile yüzeý dozlarının değışimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu | Yüzeý Dozu |
| | % | % | % | % |
| C 10X8 | 81,94 | 82,04 | 81,11 | 80,68 |
| C 8X10 | 82,67 | 82,52 | 80,64 | 80,02 |
| C 10X6 | 81,68 | 81,76 | 80,55 | 81,98 |
| C 6X10 | 82,26 | 82,16 | 80,73 | 79,35 |
| C 10X4 | 82,42 | 82,32 | 81,46 | 81,37 |
| C 4X10 | 82,52 | 82,42 | 81,77 | 81,86 |

TABLO 49. 10 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile yüzey dozlarının değişimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % |
| C 10X8 | 83,85 | 83,82 | 82,39 | 81,65 |
| C 8X10 | 83,52 | 83,42 | 82,33 | 81,39 |
| C 10X6 | 83,67 | 83,57 | 81,98 | 81,75 |
| C 6X10 | 83,92 | 83,82 | 82,41 | 81,38 |
| C 10X4 | 84,57 | 84,67 | 83,39 | 81,96 |
| C 4X10 | 84,65 | 84,75 | 83,56 | 83,48 |

TABLO 50. 12 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile yüzey dozlarının değişimleri

| ALAN cm | SSD 95 cm | SSD 100cm | SSD 105 cm | SSD 110 cm |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % | Yüzey Dozu % |
| C 10X8 | 86,60 | 86,59 | 84,44 | 84,20 |
| C 8X10 | 86,28 | 86,26 | 84,82 | 83,94 |
| C 10X6 | 86,65 | 86,63 | 84,80 | 84,60 |
| C 6X10 | 86,93 | 86,91 | 84,80 | 83,74 |
| C 10X4 | 87,21 | 87,20 | 86,16 | 85,84 |
| C 4X10 | 87,69 | 87,68 | 86,70 | 86,28 |

4.4.3 Verim ve gap faktörleri

10x8 ,10x6,10x4 cm boyutlarındaki cutoutların verim faktörleri ile gap faktörleri kolimatör bağımlılığı için ölçüldü ve farkların \pm %2 tolerans sınırları içinde olduğu bulundu (Tablo 51,52,53,54).

TABLO 51. 6 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile verim faktörlerinin SSD ve alan değişimleri

| ALAN cm | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap |
|------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ |
| | 10X10 | SSD 95 | 10X10 | SSD 100 | 10X10 | SSD 105 | 10X10 | SSD 110 |
| | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | |
| C 10X8 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 1,00 | 0,80 | 1,00 | 0,71 |
| C 8X10 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,89 | 1,00 | 0,80 | 1,00 | 0,71 |
| C 10X6 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,99 | 0,79 | 0,99 | 0,69 |
| C 6X10 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,99 | 0,79 | 0,98 | 0,69 |
| C 10X4 | 1,01 | 1,00 | 0,98 | 0,87 | 0,96 | 0,76 | 0,93 | 0,65 |
| C 4X10 | 1,01 | 1,00 | 0,98 | 0,87 | 0,96 | 0,76 | 0,93 | 0,65 |

TABLO 52. 8 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile verim faktörlerinin SSD ve alan değişimleri

| ALAN cm | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap |
|------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ |
| | 10X10 | SSD 95 | 10X10 | SSD 100 | 10X10 | SSD 105 | 10X10 | SSD 110 |
| | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | |
| C 10X8 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,82 | 1,00 | 0,73 |
| C 8X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,82 | 1,00 | 0,73 |
| C 10X6 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,81 | 0,99 | 0,72 |
| C 6X10 | 1,01 | 1,00 | 0,99 | 0,90 | 0,99 | 0,80 | 0,99 | 0,71 |
| C 10X4 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,90 | 0,97 | 0,80 | 0,95 | 0,71 |
| C 4X10 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 0,88 | 0,96 | 0,78 | 0,95 | 0,69 |

TABLO 53. 10 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile verim faktörlerinin SSD ve alan değişimleri

| ALAN cm | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap |
|------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ |
| | 10X10 | SSD 95 | 10X10 | SSD 100 | 10X10 | SSD 105 | 10X10 | SSD 110 |
| | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | |
| C 10X8 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,83 | 1,00 | 0,74 |
| C 8X10 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,01 | 0,83 | 1,00 | 0,74 |
| C 10X6 | 1,02 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,81 | 0,99 | 0,73 |
| C 6X10 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 0,99 | 0,81 | 0,99 | 0,73 |
| C 10X4 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,90 | 0,97 | 0,80 | 0,96 | 0,72 |
| C 4X10 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | 0,89 | 0,96 | 0,80 | 0,95 | 0,71 |

TABLO 54. 12 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların cihaz kolimatörü ile verim faktörlerinin SSD ve alan değerimleri

| ALAN cm | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap | VERİM | Gap |
|------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ | Faktörü | FAKTÖRÜ |
| | 10X10 | SSD 95 | 10X10 | SSD 100 | 10X10 | SSD 105 | 10X10 | SSD 110 |
| | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | | NORMALİZE | |
| C 10X8 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,82 | 1,00 | 0,74 |
| C 8X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 1,00 | 0,82 | 1,00 | 0,74 |
| C 10X6 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 1,00 | 0,81 | 0,99 | 0,73 |
| C 6X10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,99 | 0,81 | 0,99 | 0,73 |
| C 10X4 | 0,98 | 1,00 | 0,97 | 0,90 | 0,96 | 0,81 | 0,96 | 0,73 |
| C 4X10 | 0,98 | 1,00 | 0,96 | 0,89 | 0,96 | 0,80 | 0,95 | 0,72 |

4.5 Verim faktörlerinin ölçülen ve formalizmle bulunan değerlerinin karşılaştırılması

Çeşitli cutoutların verim faktörleri için eşdeğer kare alan formalizmi kullanılarak ve ölçümle bulunan sonuçlar karşılaştırıldı. Ölçüm ve formalizm kullanılarak bulunan verim faktörleri arasındaki bulgular $\pm 1\%$ içindedir ve literatürle uyumluluk göstermektedir (1)(Tablo 55,56,57,58).

TABLO 55. 6 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların verim faktörü değerlerinin formalizasyonla bulunmuş ve ölçülmüş değerleriyle karşılaştırması

| ALAN cm | VERİM | VERİM |
|------------|--------------------------|------------------------------|
| | Faktörü(ÖLÇÜM DEĞERLERİ) | Faktörü(HESAPLANAN DEĞERLER) |
| | 10X10 | 10X10 |
| | NORMALİZE | NORMALİZE |
| C 10X8 | 1,00 | 1,00 |
| C 10x7 | 1,00 | 1,00 |
| C 10X6 | 1,01 | 1,005 |
| C 10x4 | 1,01 | 1,009 |
| C 8x6 | 1,01 | 1,005 |
| C 8x5 | 1,01 | 1,005 |
| C 9x6 | 1,00 | 1,005 |
| C 7x4 | 1,01 | 1,009 |

TABLO 56. 8 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların verim faktörü değerlerinin formalizasyonla bulunmuş ve ölçülmüş değerleriyle karşılaştırması

| ALAN cm | VERİM | VERİM |
|------------|--------------------------|------------------------------|
| | Faktörü(ÖLÇÜM DEĞERLERİ) | Faktörü(HESAPLANAN DEĞERLER) |
| | 10X10 NORMALİZE | 10X10 NORMALİZE |
| C 10X8 | 1,00 | 1,00 |
| C 10x7 | 1,00 | 1,005 |
| C 10X6 | 1,01 | 1,005 |
| C 10x4 | 1,00 | 0,990 |
| C 8x6 | 1,01 | 1,005 |
| C 8x5 | 1,01 | 1,005 |
| C 9x6 | 1,01 | 1,005 |
| C 7x4 | 1,00 | 0,995 |

TABLO 57. 10 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların verim faktörü değerlerinin formalizasyonla bulunmuş ve ölçülmüş değerleriyle karşılaştırması

| ALAN cm | VERİM | VERİM |
|------------|--------------------------|------------------------------|
| | Faktörü(ÖLÇÜM DEĞERLERİ) | Faktörü(HESAPLANAN DEĞERLER) |
| | 10X10 NORMALİZE | 10X10 NORMALİZE |
| C 10X8 | 1,01 | 1,005 |
| C 10x7 | 1,01 | 1,010 |
| C 10X6 | 1,02 | 1,010 |
| C 10x4 | 1,00 | 0,995 |
| C 8x6 | 1,01 | 1,015 |
| C 8x5 | 1,01 | 1,015 |
| C 9x6 | 1,01 | 1,015 |
| C 7x4 | 1,01 | 1,005 |

TABLO 58. 12 Mev Elektron enerjisi için ,çeşitli boyutlardaki cutoutların verim faktörü değerlerinin formalizasyonla bulunmuş ve ölçülmüş değerleriyle karşılaştırması

| ALAN cm | VERİM | VERİM |
|------------|--------------------------|------------------------------|
| | Faktörü(ÖLÇÜM DEĞERLERİ) | Faktörü(HESAPLANAN DEĞERLER) |
| | 10X10 NORMALİZE | 10X10 NORMALİZE |
| C 10X8 | 1,01 | 1.005 |
| C 10x7 | 1.01 | 1.005 |
| C 10X6 | 1.00 | 1.005 |
| C 10x4 | 0.98 | 0.985 |
| C 8x6 | 1.00 | 1.010 |
| C 8x5 | 1.00 | 1.005 |
| C 9x6 | 1.00 | 1.010 |
| C 7x4 | 0.99 | 0.990 |

5 TARTIŞMA VE SONUÇ

AAPM protokolü, klinik kullanım için elektron dozimetrisinde tolerans sınırlarını , simetri ve düzgünlük için $\pm\%3$, enerji için $\pm\%2$, mesafe için ise ± 2 mm olarak belirtilmiştir (1). Çalışmamızda da elde edilen verilerin analizinde bu tolerans sınırları göz önüne alınmıştır.

Bu çalışmada kullanılan 6,8,10,12 MeV elektron demetlerinin öncelikle standart koşullarda (SSD=95 cm ve 10x10 cm' lik standart kon) ölçülen; $E_0, R_p, R_{85}, R_{50}, d_{maks}$ demet karakteristikleri , profil simetrisi, profil düzgünlüğü ve cilt dozu değerleri literatür verileriyle uygunluk göstermektedir (22,38).

10x10 cm' lik standart kon içine yerleştirilen cutoutlar için farklı SSD'lerde %DD karakteristiklerinde bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak 10 MeV elektron enerjisinde 6x3 cm cutout için D_{maks} değeri 2 mm ,12 MeV elektron enerjisinde ise 4x4 cm ve 6x3 cm' lik cutoutlarda D_{maks} değeri 4 mm yüzeye kaymıştır. Enerji arttıkça küçük alanlarda D_{maks} değeri yüzeye doğru kaymaktadır (1,2,16,22,26,28,29,48). Bunun sebebi lateral saçılmaların artmasıdır. Boyutu 2Rp den küçük olan alanlar için derin doz dağılımı alana bağlıdır. Dar demette ve geometride lateral saçılmaların merkezi eksen dozuna katkısı azdır, dolayısıyla bu tip alanların D_{maks} değerleri yüzeye doğru kayar. Alan büyüdükçe kenarlardan merkeze doğru olan saçılma ve demet giriciliği artar . Alan boyutu Rp ile karşılaştırılacak büyüklüğe gelinceye kadar kenarlardan merkeze doğru olan saçılma ve demet giriciliği artmaktadır (14,29). Buna benzer bir çalışma, Meyer ve arkadaşları tarafından 15 MeV elektron enerjisi için yapılmış olup, çalışmamızda elde ettiğimiz verilerle uygunluk göstermektedir (29). Belirtmiş olduğumuz literatürlerin tümünde özellikle küçük alanların doz hesaplamalarında mutlaka deneysel ölçüm değerlerinin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır (2,3,5,16,25,34).

Çalışmamızda kullandığımız bütün enerjilerde, cutoutlar için yüzey dozları incelenmiştir. SSD arttıkça yüzey dozlarının maksimum %4 sınırları içinde azaldığı, enerji arttıkça ise yüzey dozlarının arttığı bulundu. Bulunan sonuçlar literatür ile uyumluluk göstermektedir (1,2,22,26,48). Ayrıca 8,10,12 MeV elektron enerjilerinde cutout alan boyutlarının küçülmesiyle yüzey dozlarının alana bağımlı olarak %3.5 sınırları içinde arttığı gözlenmiştir ve bulgular literatür ile uyumludur (1,22,26). Bu yüzey dozlarındaki artışın nedeni , enerji arttıkça lateral saçılmaların artmasıdır. Fakat

6 MeV elektron enerjisinde cutout alan boyutlarının küçülmesiyle yüzey dozlarının azaldığı gözlenmiştir. Alan boyutunun merkezi eksendeki derin doza etkisi açıktır. Küçük alan boyutları için lateral saçıcı dengenin eksikliğinden dolayı 6 MeV ve daha düşük elektron enerjilerinde, yeterli lateral saçılma oluşmaz ve cilt dozunda beklenen artış gözlenmez (35).

10x10 cm'lik kon ve içine yerleştirilen cutoutlar için $d=85/2$ cm derinlikte ölçülen %85 profil genişliklerinin, 8,10,12 MeV elektron enerjilerinde SSD artışına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir (1,22,26). Ancak 6 MeV elektron enerjisinde SSD arttıkça %85 profil genişliklerinin maksimum 3 mm azaldığı bulunmuştur. Bu nedenle eğer hasta tedavi yüzeyi uygun ise tedavi minimum SSD' de (SSD=95,100cm) yapılmalı, yada bu mümkün değil ise emniyet sınırlarının bu koşullara göre belirlenmesi gerekmektedir.

Ayrıca 10x10 cm standart kon ile aynı alan boyutundaki cutoutlar için profil düzgünlükleri karşılaştırılmış ve cutoutlara ait profil kenarlarının daha düzgün olduğu gözlenmiştir. Serobent alaşımdan yapılmış cutoutlar demet düzgünlüğünü (Flatness) düzeltir. Bu düzeltme serobent alaşımın kenarlarındaki saçılımın katkısına bağlıdır (27,35).

10x10 cm' lik standart kon ve farklı boyutlardaki cutoutlar için her enerjide %85-%50 profil genişlikleri ölçülmüş olup , enerji arttıkça %85-%50 profil genişliğinin azaldığı görülmüştür. Bu azalma AAPM tolerans sınırları içinde kalmaktadır. Ayrıca SSD' nin artmasının %85-%50 profil genişliğine en az etkisi yüksek enerjilerde görülmüştür. 6 MeV elektron enerjisinde SSD 95 cm' de %85-%50 profil genişliği 0.43 cm iken SSD 110 cm' de 1.34 cm olmaktadır. Buna karşın 8 MeV ve üzerindeki elektron enerjilerinde %85-%50 profil genişliği SSD 95 cm' de yaklaşık 0.44 cm iken SSD 110 cm' de 0.97 cm civarında olmaktadır. Bu sebeple 8 MeV' den küçük enerjilerde seçilecek tedavi mesafesinin SSD 100 cm' den büyük olmamasına özen gösterilmelidir. Eğer 100 cm' den daha büyük bir SSD seçilmesi gerekiyorsa, emniyet sınırlarımızı deneysel ölçümle bulmuş olduğumuz %85-50 profil mesafelerine göre genişletmemiz gerekmektedir.

Absorbe doz formalizmi kullanılarak farklı enerjilerde her cutout için absorbe doz değerleri hesaplanmış ve 10x10 cm alanındaki absorbe doz değerlerine normalize edilerek verim faktörleri bulunmuştur. Bu bulgulara göre alan küçüldükçe ve SSD

artıkça verim faktörü değerinin azalmakta olduğu görülmüştür. Bulgular literatürle uygundur (7,22,43). İlgilenilen alan için merkezi eksendeki maksimum dozun, referans alan merkezi eksen maksimum dozuna oranı olarak tanımlanan verim faktörü küçük alanlar için değişiklik göstermektedir (7,8,31,32,33,37). Bu dar demet geometrilerindeki değişiklik, fantom içindeki lateral elektronik dengenin olmaması yanında, daha az oranda, takılan serobent cutoutların oluşturduğu bremsstrahlung kontaminasyonu ve elektron saçılmasına bağlıdır. Verim faktörü , alan boyutu çok küçük boyuta inmesiyle hızla azalır. Bu azalma aslında yanlardaki lateral saçılma dengesinin eksikliğindedir (43). Ancak 6 MeV elektron enerjisi için SSD 95 cm'de verim faktörünün %2 artışı gözlenmiştir. Bu verim faktörü ölçümleri 0.125 cc iyon odası ile de kontrol edilmiş olup , değişimin +%0.5 sınırı içinde olduğu bulunmuştur. Literatürde, belirtilen tüm veriler SSD 100cm'e göre kalibre edilmiş olup SSD 95 cm'de verim faktörü değerleri için karşılaştırılacak veri bulunmamıştır.

10x10 cm standart kon içine yerleştirilen cutoutlar için gap faktörleri 10x10 cm' den 4x4 cm' ye değişim oranları tablo 22'de verilmiş olup , SSD artıkça bu farkın arttığı ve enerji arttıkça da bu farkın azaldığı gözlenmiştir. Hasta tedavileri için dozimetrik ölçümler standart SSD 95 cm'de yapılmış olup gap =0 cm'dir. Bazı tedavi durumlarında standart olmayan gap ile tedavi yapılması gereklidir. Bu durumda verim faktörü havadaki gapten dolayı düzeltilmelidir. Basit ters kare düzeltmesi , elektronlar için küçük alanlar ve düşük enerjilerde tam anlamıyla uygun değildir (17,20,29). Bundan dolayı airgap düzeltme faktörü Meyer ve arkadaşları tarafından önerilmiştir. Bu faktör verilen enerji ve alan boyutunda ters kare kuralından olan sapma için düzeltmeyi göstermektedir. Verimdeki düzeltmelerde, küçük alan boyutları ve düşük enerjilerde airgap faktörleri çok önemlidir. Derin doz karakteristikleri ise gap ile değişmemektedir. Bu gap, düşük enerjiler için alan kenarlarında izodoz eğrilerinin önemsiz bir şekilde yuvarlanmasına sebep olmaktadır.Sonuçta airgapin fonksiyonu olarak verim, küçük alan boyutları ve enerjiler için ters kare kuralını takip etmemektedir. Verim için düzeltme faktörü olarak deneysel ölçüm verileri kullanılmalıdır.

10x10,10x6,6x6 cm boyutlarındaki standart konlarla, aynı boyutlardaki cutoutlar için yapılan ölçümlerde %85 profil genişliklerinin karşılaştırılmasında 3-6mm fark bulunmuştur. Ancak bulunan bu fark ,cutoutların dökülme sırasında alan

kenarlarında olabilecek milimetrik düzensizliklere bağlı olabilir. $10 \times 10, 10 \times 6, 6 \times 6$ cm boyutlarındaki standart konlar ile aynı boyutlardaki cutoutlar arasındaki ölçülen verim faktörleri arasında özellikle düşük enerjilerde (6,8 MeV) anlamlı ve önemli farklar bulunmuştur. Farklı standart konlar kullanılarak elde edilen ve aynı boyutlardaki cutoutların verim faktörleri arasında farklılık, standart konun üst açıklığındaki elektron saçılmasından ve foton kolimatörlerinin açıklığından kaynaklanır. 6 MeV elektron enerjisinde, büyük konlar için büyük verim faktörlerinin elde edilmesi, standart konların üst açıklıklarında belirgin bir elektron saçılması olduğunu gösterir. 10 MeV ve daha yüksek elektron enerjileri için ise, bu tam tersine döner, daha küçük standart konlar için verim faktörleri daha büyük olur. Bunun sebebi standart konlar tarafından elektronların daha küçük açılarda saçılmalarıdır. 10 MeV' den daha yüksek enerjilerde, küçük alanlı konlarda verim faktörünün kon bağımlılığı azalmaktadır. Standart konda, küçük açılarda saçılan elektronlar, küçük alanlarda serobent ile durdurulur ve bu daha küçük alanlarda konun verim faktörü üzerine etkisini azaltır (43). Ayrıca elektron konları ile gap faktörleri arasında düşük enerjilerde anlamlı bir fark vardır. Bu bulgular, gap faktörlerinin belirlenmesinde düşük enerjilerde ve küçük alanlarda mutlaka deneysel ölçüm değerlerinin kullanılması gerektiğini göstermektedir.

$10 \times 8, 10 \times 6, 10 \times 4$ cm boyutlarındaki cutoutların yüzey dozları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Verim faktörünün, alan oryantasyonundan bağımsız olduğu görülmüştür. $A \times B$ alanının verim faktörü, $B \times A$ 'nın verim faktörüne eşittir. Elektron alanları iç kolimatör ile değil, cutout ile tanımlandığında bu beklenir. Ancak bu durumda verim üst kolimatöre değil, cutout alanına bağımlı olur (31,32).

Çeşitli boyutlardaki cutoutlar için eşdeğer kare alan formalizmi kullanılarak ve ölçümlerle bulunan sonuçlar arasındaki fark $\pm 1\%$ içinde bulunmuştur. H.Rashid ve arkadaşları tarafından bu formalizm kullanılarak yapılan çalışmalarında, elektron demetlerinin doz hesaplamalarında X ve Y boyutlarının birbirinden bağımsız olarak önemli olduğu ve bu formalizmin kullanılabilmesi gösterilmiştir (1,22,26,36,48). Eğer bizim elimizde $a \times a$ ve $b \times b$ boyutlarındaki alanların verim faktörü değerleri var ise, deneysel ölçüm yapmadan $a \times b$ 'nin verim faktörünü $OF(a,b) = [OF(a,a) \times OF(b,b)]^{1/2}$ formalizmi ile bulup, doz hesaplamalarında güvenli bir şekilde kullanabiliriz.

Sonuç olarak, elektron demetlerinin derin dozlarının alan bağımlılığı alan boyutlarının elektronun pratik menziline (R_p) daha küçük olduğu durumlarda tedavi planlamasında dikkate alınması gerekir. SSD arttıkça yüzey dozlarının azaldığı, enerji arttıkça ise yüzey dozlarının arttığı gözlenmiştir. 8,10,12 MeV elektron enerjilerinde cutout alan boyutlarının küçülmesiyle yüzey dozlarının arttığı bulunmuştur. Ancak 6 MeV' de cutout alan boyutlarının küçülmesiyle yüzey dozlarının azaldığı görülmüştür. Profil genişliklerinin değerlendirilmesinde, 6 MeV ve daha düşük elektron enerjisinde minimal SSD ($SSD=95,100$ cm) ile tedavi uygulaması daha az hata getirmektedir. 10×10 cm standart kon ile aynı alan boyutundaki cutoutlar için profil düzgünlükleri karşılaştırılmış ve serobent alarımdan yapılmış cutoutların demet düzgünlüğünün daha iyi olduğu görülmüştür. Alan küçüldükçe ve SSD arttıkça verim faktörü değerinin azalmakta olduğu görülmüştür. Teorik olarak hesaplanacak ters kare düzeltmesinin, elektronlar için küçük alanlar ve düşük enerjilerde kullanılması tam anlamıyla uygun olmamaktadır. Verim için düzeltme faktörü olarak deneysel ölçüm verileri kullanılmalıdır. $10 \times 10, 10 \times 6, 6 \times 6$ cm boyutlarındaki standart konlar ile aynı boyutlardaki cutoutlar arasındaki ölçülen verim faktörleri arasında özellikle düşük enerjilerde (6,8 MeV) anlamlı ve önemli farklar bulunmuştur. Ayrıca $A \times B$ alanının verim faktörü, $B \times A$ 'nın verim faktörüne eşit olduğu gözlenmiştir. Verim faktörü bulmak için $OF(a,b) = [OF(a,a) \times OF(b,b)]^{1/2}$ formülünü doz hesaplamalarında güvenli bir şekilde kullanabiliriz.

KAYNAKLAR :

1. Report of Task Group No.25 Radiation Therapy Committee, AAPM Report No: 32," Clinical Electron-Beam Dosimetry". 1991.
2. M.S.A.L.Al-Ghazi,D.Lingman,B.Arjune,L.D.Gilbert,and J.Thekkumthala, " Characteristic parameters of 6-21 MeV electron beams from 21 MeV linear accelerator" Med.Phys . 1991; 18(4): 821-828.
3. P.R. Almond ," Radiation physics of electron beams," in Clinical Applications of the Electron Beam, edit by N. Du Tapley(Wiley,New York). 1976; 7-80.
4. P.R.Almond,Z.Xu, H.Li, and H.C.Park," The calibration and use of plane – parallel ionization chambers for dosimetry of electron beams" Med.Phys. 1995; 22(8): 1307-1314.
5. A.Brahme,H.Svensson," Specification of electron beam quality from the central-axis depth absorbed-dose distribution", Med.Phys. 1976; 3(2): 95-102.
6. Brash A, LangeF: Aussichten und Möglichkeiten einer Therapie mit schnellen Kathodenstrahlen. Strahlentherapie. 1929;38:119-128.
7. P.J.Biggs.A.L.Boyer, and K.P.Doppke,"Electron dosimetry of irregular fields on Clinac18,"Int.j.Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1979; 5: 433 .
8. M.C.Choi,J.A.purdy,B.Gerbi,F.G.Abrath, and G.P.Glasgow, "Variation in output factor caused by secondary blocking for 7-16 MeV electron beams," Med.Phys. 1979; 6: 137-139 .
9. I.J. Das,Ph.D.,FIPSM, " Optimum field size and choice of isodose line in electron beam treatment", Int.j.Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1995; 31(1): 157-163.
10. Glaser O,Quimby EH, Taylor LS, Weatherwax JL: Physical Foundations of Radiology, 2nd ed. New York: Paul B Hoeber. 1954:1-16.
11. R.E.George , S.V.Frost, and M.Hartson-Eaton," Characteristics of electron beams from a medical microtron," Med.Phys. 1986; 13: 533-538 .
12. P.H.Mc Ginley,J.R.McLaren.and B.R.Barnett,"Small electron beams in radiation therapy,"Radiology . 1979; 131: 231-234.
13. Goede,M.R.,Gooden, D.S.,Ellis,R.G. and Brickner,T.J."A versatile electron collimation system to be used with electron cones supplied with Varian's Clinac-18," Int.j.Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1977 ;,2 : 791-795.

14. ICRU: Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies Between 1 and 50 MeV. Report 35. Bethesda: International Commission on Radiation Units and Measurements; 1984.
15. International Atomic Energy Agency, , Technical Reports Series No: 277 " Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams." 1987.
16. A.Jamshidi, F.T. Kuchnir, and C.S. Reft, "Characteristic parameters of 6-22 MeV electron beams from a 25-MeV linear accelerator," *Med.Phys.* 1987; 14: 282-288.
17. A.Jamshidi,F.t.Kuchnir,and C.Reft,"Determination of the source position for the electron beams from a high energy linear accelerator,"*Med.Phys.* 1986; 13: 942.
18. Jhons,H.E.,Cuningham,J.R., *Physics of Radiology*, Thomas Books, Illinois.1983.
19. Kerst DW: Historical review of the Betatron as a source of electrons. In Vaeth JM, ed. *Frontiers of Radiotion Therapy and Oncology*. Vol 2. Basel: S Karger; 1968; 1-6.
20. F.M.Khan,W.Sewchand,and S.H.Levitt,"Effect of air space on depth dose in electron beam therapy,"*Radiology* . 1978; 126 : 249.
21. Khan,F.M.,Moore,V.C. and Levitt,S.H" Field sahping in electron beam therapy," *Br.J.Radiol.* . 1978;49: 883-886.
22. F.M.Khan *The Physics of Radiation Therapy*,Baltimore. 1984.
23. F.M.Khan, K.P. Doppke, K.R. Hogstrom, G.J.Katcher, R.Nath, S.C.Prasad, J.A.Purdy, M.Rozenfeld and B.L. Werner, " Clinical electron-beam dosimetry: Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No:25 " *Med.Phys.* 1991; 18: 73-109.
24. Khan F: *The Physics of Radiation Therapy*, 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994:346-417.
25. T.H.Kirby, R.J.Gastrof, W.F.Hanson, L.W.Berkeley, W.F.Gagnon, J.D. Hazle, and R.J.Shalek," Electron beam central axis depth dose measurements," *Med.Phys.* 1985; 12: 357-361.
26. S.C.Kklevenhagen,*Medical Physics Handbooks 13," Physics of Electron Beam Therapy"* .Adam Hilger Ltd., Bristol and Boston.1985.
27. I.Lax and A.Brahme " On the collimation of high energy electron beams" *Acta. Radiol.Oncol.* 1980; 19: 199.
28. Steven A.Leibel,Theodore L. Phillips" *Textbook of Radiation Oncology* " 1998.

29. J.A. Meyer, J.R. Palta, and K.R. Hogstrom, "Demonstration of relatively new electron dosimetry measurement technique on the Mevatron 80" *Med. Phys.* 1984; 11: 670 .
30. Meyn RE, Peters LJ, Mills MD, et al: Radiological aspects of electron beams. In Vaeth JM, Meyer JL, eds. *Frontiers of Radiation Therapy and Oncology*. Vol 25. Basel: S Karger; 1991:53-60.
31. M.D. Mills, K.R. Hostrom and P.R. Almond, " Prediction of electron beam output factors," *Med. Phys.* 1982 ; 9: 60 .
32. M.D. Mills, K.R. Hostrom and Robert S. Fields, " Determination of electron beam output factors for 20-MeV linear accelerator", *Med. Phys.* 1985 ; 12(4): 473-476.
33. R.P. Nair, T.K.M. Nair, and D.E. Wrede, " Shaped field electron dosimetry for a Philips SL 75/10 linear accelerator," *Med. Phys.* 1983; 10; 356-360.
34. A. Niroomand-Rad, M.T. Gillin, R.W. Kline, and D.F. Grimm, " Film dosimetry of small electron beams for routine radiotherapy planing," *Med. Phys.* 1986; 13: 416-421.
35. J.R. Palta, I.K. Daftari, K.M. Ayyangar, and N. Suntharalingam, " Electron beam characteristics on a Philips SL25" *Med. Phys.* 1990.; 17(1): 27-34.
36. Brain J. McParland, " A parameterization of the electron beam output factors of a 25-MeV linear accelerator", *Med. Phys.* 1987; 14(4): 665-669.
37. B.J. Mc parland, " A method of calculating the output factors of arbitrarily shaped electron fields ," *Med. Phys.* 1989; 16: 88-93.
38. Philips SL series reference manuel. 1992.
39. Philips, SL 25 Linear Accelerator Brochure, Philips Medical System, Neherlends. 1994.
40. V.J. Pisciotta, X. Wu, J.A. Fiedler, C.F. Serago, M.L. Calish-watzich, J.G. Schwade , and P.V. Houdek, " A Rapid method for electron beam energy check" , *Med. Phys.* 1992; 19(6): 1451-1453 .
41. PTW Freiburg : How to use RW3 , Instruction Manuel . 1993; 1-13.
42. Purdy, J.A., Abrath, F.G. and Bello, J.E. " Electron dosimetry for shaped fields on the Clinac-20," p.327-338 in *Proceedings of the symposium on electron dosimetry and arc therapy*, Paliwal, B., ED. (American Institute of physics, Newyork). 1982; .327-338

43. H.Rashid, M.K. Islam, H.Gaballa, U.F.Rosenow, and J.Y.Ting, "Small-Field Electron Dosimetry for the Philips SL25 linear accelerator",*Med.Phys.* 1990; 17(4): 710-714.
44. Subhash C.Sharma,David L.Wilson ,and Baby Jose, "Dosimetry of small fields for Therac 20 electron beams" , *Med. Phys.* 1984; 11(5): 697-702.
45. Task Group 21, Radiation Therapy Committee,American Association of Physicsts in Medicine."A.Protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams" ,(TG-21)" *Med.phys.* 1983; 10: 741.
46. Tapley N: General considerations. In Tapley N, ed. *Clinical Applications of the Electron Beam*. New York: John Wiley;1976:81-91.
47. Vaeth JM, Meurk ML, Kowta H, et al:Relationship between RBE and depth dose for 23 MeV electrons. *Radiol Clin.* 1975;44:464-469.
48. J.R.Williams and D.I.Thwaites " Radiotherapy Physics: in practice" 2000.

ÖZGEÇMİŞ:

ADI : Bülent
SOYADI : Yapıcı
DOĞUM TARİHİ :13 Nisan 1968
UYRUĞU : KIRIKKALE
MEDENİ HALİ :Evlü
ADRES :Harbiye Mah. Salkım söğüt Sok. 18/4 DİKMEN/ANKARA

ÖĞRENİM

1982-1985 :Kırıkkale Lisesi
1987-1991 :Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü

İŞ TECRÜBESİ

1991-1993 : Ege Yıldız A.Ş. Bölge Müdürlüğü
1993-1994 : T.S.K. Teknik Hizmetler Daire Başkanlığı
1995- : Hacettepe Üniversitesi Tıp fakültesi Radyasyon Onkolojisi Ana Bilim Dalı Dalı

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ