

## Alüminyum Hedefte Depolanan Enerjinin Elektron Enerjisi ile Değişimi

Zehra Nur Demirci<sup>1,\*</sup>, Nilgün Demir<sup>2</sup>, İskender Akkurt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Çünür Doğu Kampüsü, 32260, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup>Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Görükle Kampüsü, 16059, Nilüfer, Bursa, Türkiye

\*Yazışılan yazar e-posta: demircizehranur@gmail.com

Alınış: 10 Ekim 2012, Kabul: 19 Kasım 2012

**Özet:** Günümüzde, hızlandırıcı teknolojileri jenerik teknolojilerin başında gelmekte olup gelişmiş ülkelerin hemen hepsinin sahip oldukları bir teknolojidir. Hızlandırıcılarda amaçlara uygun olarak farklı parçacık çeşitleri hızlandırılabilir ve çeşitli uygulamalar için değişik deneyler gerçekleştirilebilir. Türkiye’de kuruluş çalışmaları devam eden TARLA (Turkish Accelerator and Radiation Laboratory at Ankara) merkezinde elektron demeti hızlandırılarak değişik deneyler gerçekleştirilecektir. Bu deneylerden biri de bremsstrahlung fotonların üretilmesidir. Bu çalışmada farklı enerji değerlerine sahip hızlandırılmış elektron demetleri ile Al hedef etkileşiminde depolanan enerji FLUKA kodu ile simüle edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Elektron demet bağımlılığı, alüminyum hedef, depo edilen enerji, FLUKA.

## Variation of Deposition Energy with Electron Energy in Aluminum Target

**Abstract:** Nowadays, Accelerator technology which is the one of the most popular generic technology is an important technology in developed countries. With the accelerators different types of particle can be accelerated and different experiments can be performed for several applications. In Turkey TARLA (Turkish Accelerator and Radiation Laboratory at Ankara) which its establishment is still under development, facility where electron beam will be accelerated and different experiments will be performed. One of these experiments is bremsstrahlung photon production. In this study, energy deposition by interaction of accelerated electron beams with different energies in aluminum target has been simulated with FLUKA code.

**Key words:** Electron beam dependence, aluminum target, energy deposition, FLUKA.

### 1. Giriş

Parçacık hızlandırıcıları maddenin temel yapı taşlarını ve aralarında etkili olan kuvvetleri inceleyen fiziğin alanlarından biridir. İncelenen parçacıkların boyutları 10-15 m ye kadar varabilmektedir. Bu ölçekte deneyler yapabilmek için yüksek uzaysal çözünürlük gerekmektedir. Bu nedenle kullanılacak en uygun araçlar yüksek enerjili foton ya da parçacık demetleridir [1].

Hızlandırıcılar başta yüksek enerji fiziği deneyleri, nükleer fizik deneylerinde kullanılabilen olup, sinkrotron ışınım kaynağı, serbest elektron lazeri, atmalı (pulsu) nötron kaynağı, hadron terapisi, toryuma dayalı nükleer santraller, ikincil demetlerin elde edilmesi, malzeme bilimi (iyon implantasyonu), kimya, biyoloji, tıpta

teşhis ve tedavi, petrol ve maden aranması, gıda sterilizasyonu, savunma gibi birçok sektörlerde çok fazla kullanım alanı vardır [2,3].

Elektronlar yüklü oldukları için madde ile etkileşimleri ortamdaki çekirdeğin elektrik alanından kaynaklanmaktadır. Hızları yani enerjileri yüksek olan beta parçacıkları bir çekirdek alanından geçerken elektronun ivmelenmesinden dolayı radyasyon yoluyla bir enerji kaybına uğrarlar. Bu enerji Bremsstrahlung denilen sürekli X ışını spektrumu olarak görülür.

Deneysel olarak, hızlandırılarak belli enerji değerine sahip elektron demetleri, parametreleri belirlenmiş ve teorik işlemleri yapılmış Al, Ta, Au gibi bazı metaller üzerine yönlendirilip etkileşmesiyle elektromanyetik radyasyon yani bremsstrahlung oluşturulur [4].

Temel yüklü parçacık demetlerinin toplam enerjileri parçacık hızlandırıcıları ile artırılır ve bu parçacık demetleri sabit hedef deneylerinde, çarpıştırıcılarda veya ışınım kaynağı olarak kullanılır. Bunun sonucunda elde edilen veriler de detektörler ve bilgisayar programları ile analiz edilmektedir. Elektron demeti ile sabit hedef arasındaki etkileşim sırasında hedefte depolanan enerjinin bilinmesi ve bu sonuçlara göre uygun hedef tasarımının yapılması önemlidir.

Literatürde bu konu hakkında yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Rollet (2001) tarafından yapılan çalışmada, Ignitör deneyinde üretilen yüksek akıllı füzyon nötronlarına maruz kalan hedef malzeme bileşenlerinde ciddi hasarlar oluşabileceği için bileşenler üzerinde depo edilen enerji birikimi FLUKA kodu ile hesaplanmıştır. Hedef malzemeler Ignitör' ün ilk duvar bileşenleri için molibden, grafit ve bakır olarak kullanılmış olup molibdendeki toplam enerji birikimi FLUKA kodu ile simüle edilmiştir [5].

Yapmış olduğumuz bu çalışmada farklı enerji değerlerinde hızlandırılmış elektron demetleri ile alüminyum metali arasındaki etkileşimde hedef malzeme üzerinde depolanan enerji FLUKA kodu ile simüle edilmiştir.

## 2. Materyal Metot

FLUKA, parçacık transportu ve madde ile etkileşmelerini hesaplayabilen, proton ve elektron hızlandırıcılarının zırhlaması, hedef tasarımı, kalorimetre, aktivasyon, dozimetri, detektör tasarımı, kozmik ışınlar, nötron fiziği, radyoterapi gibi birçok uygulama alanı olan bir Monte Carlo simülasyon kodudur [6].

FLUKA, herhangi bir hedef materyaldeki elektromanyetik ve hadronik etkileşmeleri ve parçacık transportunu simüle edebilir. Bu kod ile hadronlar, müonlar, elektron ve fotonlar, düşük enerjili nötronlar dört temel radyasyon simüle edilebilir ve yaklaşık 60 farklı parçacığın madde içinde etkileşimlerini yüksek doğrulukta simüle etme yeteneğine sahiptir. Foton ve elektronlar için 1 keV enerjiden TeV seviyelerine kadar, birçok değişik parçacık için kullanılabilir [7].

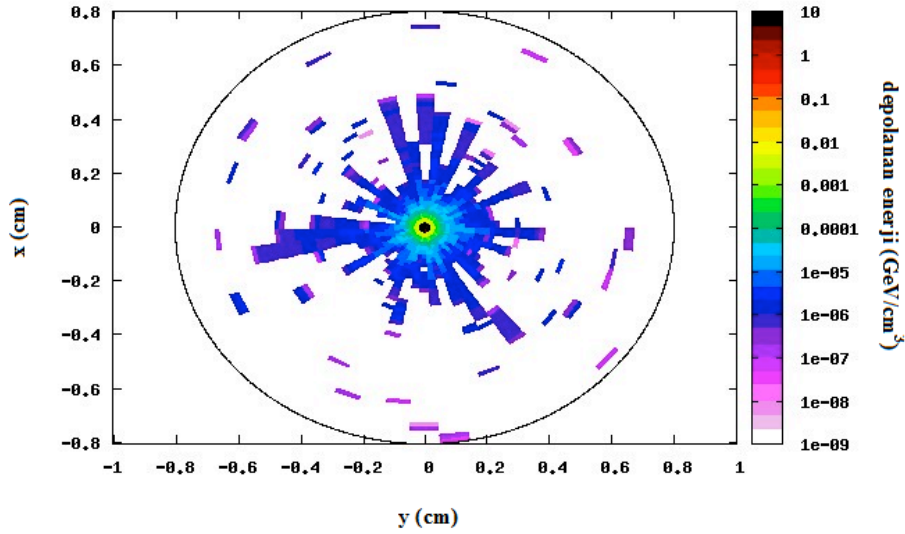
FLUKA kombinasyonel geometri paketinin (CG) geliştirilmiş bir versiyonunu kullanarak çok karışık geometrileri işleyebildiği gibi bu geometri paketiyle yüklü parçacıkları doğru bir şekilde izleyebilir. Aynı zamanda çeşitli görüntüleme ve hata ayıklama araçları da mevcuttur [7].

FLUKA' da istenilen sonuçlar tanımlamak için bir çok detektör tipleri vardır ve sisteme giren birincil parçacıkların çeşitli materyallerden geçerek yaptığı etkileşmeler simülasyon boyunca hesaplanır [7].

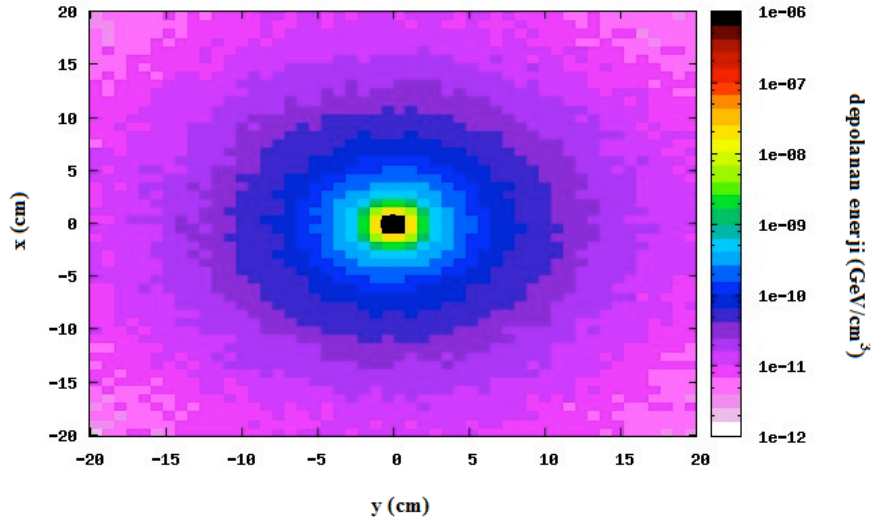
FLUKA simülasyon kodunda bu çalışma için radyasyon kaynağı 2-10 MeV enerji aralığının da  $10^7$  tane elektrondan oluşan hızlandırılmış elektron demetleri ve hedef olarak da disk geometriye sahip 0,8 cm yarıçaplı 100 $\mu$ m kalınlıklı Al metali seçilmiştir. Etkileşime girecek elektron demet ve Al hedef 20 cm' lik boyutlarda küp şeklindeki bir hava ortamının içerisinde tanımlanmıştır.

### 3. Bulgular

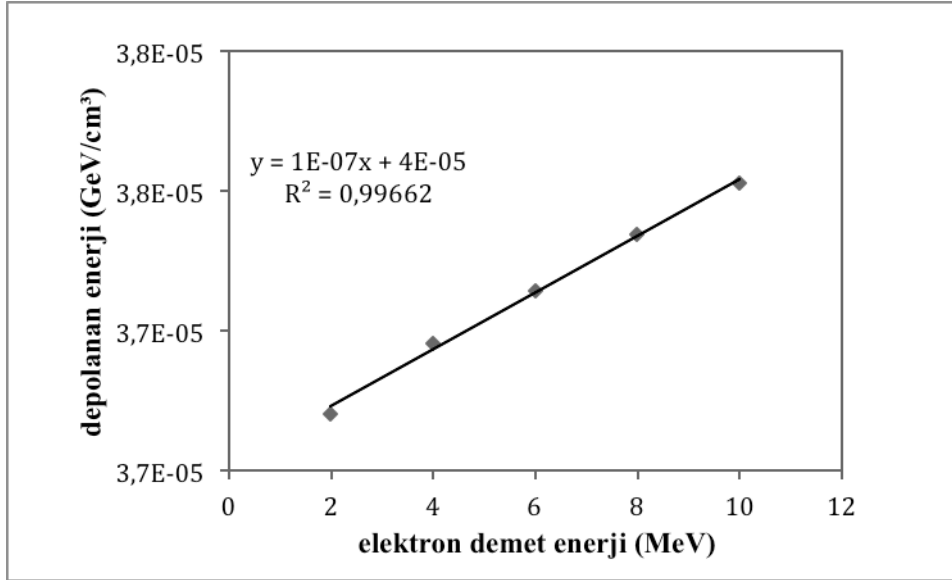
10 MeV enerjili  $10^7$  tane elektrondan oluşan hızlandırılmış elektron demeti ile 100  $\mu$ m kalınlıktaki Al hedefin etkileşmesi sonucu hedefte ve havada depolanan enerjinin FLUKA kodu ile simülasyonu Şekil 1 de verilmiştir. 0.8 cm yarıçaplı disk geometri şeklindeki Al hedefin merkezine doğru gidildikçe depolanan enerjinin arttığı görülmektedir.



Şekil 1. 100  $\mu$ m kalınlıktaki Al hedef ile 10 MeV enerjili elektron demetin etkileşmesi sonucu hedefte ve havada depolanan enerjinin ( $\text{GeV}/\text{cm}^3$ ) FLUKA kodu ile simülasyonu



Şekil 2. 100 µm kalınlıklı Al hedefle 10 MeV enerjili elektron demetinin etkileşmesi sonucu deney alanında depo edilen enerjinin ( $\text{GeV}/\text{cm}^3$ ) FLUKA kodu ile simülasyonu



Şekil 3. Elektron demet enerjisinin 2 - 10 MeV aralığındaki değerleri için 100µm Al hedefte depolanan enerji ( $\text{GeV}/\text{cm}^3$ )

2 MeV - 10 MeV enerji aralığında hızlandırılmış elektron demet ile 100µm kalınlıklı Al hedefin etkileşimi sonucunda depolanan enerjiler Şekil 3' de kıyaslanmıştır. Artan elektron demetin enerjisine bağlı olarak 100µm kalınlıklı Al hedefte depolanan enerjinin neredeyse aynı kaldığı çok az bir artış olduğu gözlenmiştir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada elde edilen bulgular hedef ve zırh materyali olarak kullanılan Al metalinin özelliklerinin bilinmesi açısından önemlidir. Sonuç olarak 2 MeV ile 10 MeV enerji değerlerindeki hızlandırılmış elektron demetleri 0,8cm yarıçaplı disk geometrideki Al hedef etkileştirilerek bir Monte Carlo kodu olan FLUKA kodu ile simüle edilmiş ve

üzerinde depolanan enerji hesaplanmıştır. Hızlandırılmış elektron demetin enerjisi arttıkça Al hedefin üzerinde depo edilen enerjinin lineer bir şekilde arttığı görülmüştür.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma **DPT2006K-120470** nolu proje ile DPT tarafından desteklenmiştir.

## 6. Kaynaklar

- [1] İş, E., 2007. Hızlandırıcılar. <http://w3.gazi.edu.tr/~mkaradag/tezler/ertugrulis.pdf> (Erişim tarihi: 16.08.2012).
- [2] Yavaş, Ö. 2008. Doğrusal ve Dairesel Hızlandırıcılar. [http:// thm.ankara.edu.tr /tac/ YAZOKULU/ yazokulu4/.../ Omer\\_Yavas1.pdf](http://thm.ankara.edu.tr/tac/YAZOKULU/yazokulu4/.../Omer_Yavas1.pdf) (Erişim tarihi: 14.08.2012).
- [3] Demirci, Z. N., 2011. Bremsstrahlung Foton Işınımı için Radyatör Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, SDÜ, Isparta, p. 54.
- [4] Akkurt, I., Demir, N., Cakirli, R. B., Ozkorucuklu, S., Tapan, I., Pilicer, E., Akkuş, B., Yavaş, O., Aksoy, A., Yıldız, H. D. Yıldız, Sultansoy, S. Electron-LINAC-Based Radiation Facilities of the Turkish Accelerator Center (TAC). The 18th International Conference on Particles and Nuclei (PANIC08) 9-14 Kasım 2008, Eilat-İsrail.
- [5] Rollet, S., 2001. Energy deposition in the plasma-facing components of Ignitor, *Radiation Physics and Chemistry*, 61: 505–507,.
- [6] Fassò, A., Ferrari, A., Roesler, S., Sala, P.R., Ballarini, F., Ottolenghi, A., Battistoni, G., Cerrutti, F., Gadioli, E., Garzelli, M.V., Empl, A., Ranft, J. The physics of fluka: status and recent development, in: H. Hiramaya, (Ed.), Proceedings of SARE-3, May 7–9, 1997, KEK-Tsukuba, KEK Report Proceedings 97-5, p. 32.
- [7] Ferrari, A., Sala, P. R., Fassò, A., Ranft, J., FLUKA: a multi-particle transport code. <http://www.fluka.org/content/manuals/FM.pdf> (Erişim tarihi: 01.10.2010).

*Nilgün Demir e-posta: nlgndemir@gmail.com*

*İskender Akkurt e-posta: iskenderakkurt@sdu.edu.tr*