



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



Doktora Tezi

**RADYOLOJİ ÜNİTELERİNDE KULLANILABİLECEK CAM ZIRHLAMA
MALZEMELERİNE FARKLI KİMYASAL KATKILAMALARIN
ETKİSİNİN MONTE CARLO METODU ile İNCELENMESİ**

Duygu ŞEN BAYKAL

Fizik Anabilim Dalı

Nükleer Fizik Programı

DANIŞMAN

Prof. Dr. Rabia Burcu ÇAKIRLI MUTLU

II. DANIŞMAN

Doç. Dr. Hüseyin Ozan TEKİN

Aralık, 2021

İSTANBUL

Bu alışma, 23.12.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı, Nükleer Fizik Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Rabia Burcu ÇAKIRLI MUTLU(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakóltesi

Prof. Dr. Baki AKKUş
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakóltesi

Prof. Dr. Mustafa DEMİR
İstanbul Üniversitesi
Cerrahpaşa Tıp Fakóltesi

Doç. Dr. Lidya AMON SUSAM
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakóltesi

Doç. Dr. Arzu ÇİLLİ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakóltesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu tez, numaralı projesi ile desteklenmiştir

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

Şen Baykal, D. , Tekin, H. , Çakırlı Mutlu, R., (2021). An Investigation on Radiation Shielding Properties of Borosilicate Glass Systems . International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESN), 7 (2), 99-108. DOI: 10.22399/ijcesen.960151

ÖNSÖZ

2013 yılından bu yana derin bilgi birikiminden yararlandığım, sadece doktora çalışmalarım sırasında değil yüksek lisans eğitim sürecimden bu yana emeğini ve yardımlarını esirgemeyip her zaman yanımda olan, birlikte çalışmaktan onur duyduğum değerli danışman hocam Prof. Dr. Rabia Burcu ÇAKIRLI MUTLU'ya sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

2018 yılında tanışma fırsatı bulduğum, doktora sürecimde derin bilgi birikiminden yararlandığım, her zaman desteği ve yardımları ile yanımda olan ve birlikte çalışmaktan onur duyduğum değerli danışman hocam University of Sharjah öğretim üyesi Doç. Dr. Hüseyin Ozan TEKİN'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Her iki danışman hocamın da öğretileri, tavsiyeleri ve bana kattıkları ile kendilerine her zaman minnettar kalacağım ve akademik hayatım boyunca öğretileri yoluma her zaman ışık tutacak.

Danışman hocam aracılığı ile tanışma fırsatı bulduğum ve destekleri ile çalışmamıza önemli katkılar sağlayarak, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Eskişehir Osmangazi Üniversitesi öğretim üyesi değerli hocam Doç. Dr. Gökhan KILIÇ'a, bilgi birikimi ile önemli katkılar sağlayan değerli Araş. Gör. Dr. Erkan İLİK'e ve çalışmamıza kıymetli katkıları ile destek olan Atatürk Üniversitesi öğretim üyesi değerli hocam Doç. Dr. Esra KAVAZ'a sonsuz minnettarlığımı sunarım.

Değerli doktora tez izleme komitesi hocalarım Prof. Dr. Baki AKKUŞ ve Prof. Dr. Mustafa DEMİR'e, derin bilgi birikimleri ile sağladıkları kıymetli desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca her an elimden tutan, bana hep ışık olan ve eğitim süreçlerimi tamamlamamda kelimeler ile ifade edilemeyecek destekleri olan değerli ablam Ebru ŞEN'e, değerli görüşleri ile her zaman her konuda farklı bir bakış açısı edinmemi sağlayan, beni her zaman destekleyip daha da ileriye gidebilmem için bana güç veren değerli eşim Emre BAYKAL'a, 2017 yılından bu yana tanıdığım ve her konuda bir dış göz olarak görüşlerini aldığım ve desteği ile hep yanımda olan değerli çalışma arkadaşım Gülden ŞAHİN HATİPOĞLU'na, bu süreçte neşesi ile desteğini hissettiren kardeşim Tuğçenur DİZDAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyip bu süreçte de tüm desteğini her an hissettiğim değerli annem Hatice ŞEN'e, her zaman bilimin ışığında ilerlememi arzulayan ve bu konuda derin görüşleri ile şiir tadındaki tavsiyelerinden güç aldığım değerli babam İsmet ŞEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarak bu tez çalışmasını kendilerine ithaf ederim.

Aralık 2021

Duygu ŞEN BAYKAL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	5
2.1 RADYASYON MADDE ETKİLEŞİMİ	5
2.1.1 Ağır Yüklü Parçacıkların Madde ile Etkileşimi.....	5
2.1.2 Hafif Yüklü Parçacıkların Madde ile Etkileşimi.....	7
2.1.3 Nötronların Madde ile Etkileşimi.....	7
2.1.4 Fotonların Madde ile Etkileşimi.....	8
2.1.4.1 Fotoelektrik Olay	9
2.1.4.2 Compton Saçılımı.....	10
2.1.4.3 Çift Oluşumu.....	11
2.1.4.4 Koherent Saçılma.....	12
2.1.4.5 Fotonükleer Etkileşim	13
2.2 RADYASYON ŞİDDETİNDE AZALMA VE SOĞURULMA	13
2.3 MALZEMELERİN ZIRHLAMA PARAMETRELERİ.....	15
2.3.1 Kütle Zayıflatma Katsayısı	15
2.3.2 Etkin Atom Numarası (Z_{eff})	16
2.3.3 Etkin Elektron Yoğunluğu (N_{eff}).....	16
2.3.4 Yarı Değer ve Onda Değer Kalınlığı.....	17
2.3.5 Ortalama Serbest Yol	17
2.3.6 Foton Geçirgenlik Faktörü.....	17
2.3.7 Yığılma Faktörü	18
2.4 ZIRHLAMA AMAÇLI KULLANILAN MALZEMELER	18
2.5 YENİ NESİL CAM MALZEMELER.....	19

2.5.1 Katkılı Camlar.....	19
2.5.2 Kurşun Oksit Katkılı Camlara Alternatif Olabilecek Katkılı Camlar	19
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	21
3.1 MONTE CARLO SİMÜLASYON METODU	21
3.2 MONTE CARLO N-PARÇACIKLI RADYASYON TAŞINIM KODU (MCNP)	22
3.2.1 MCNP Kodu ile Geometri Tanımlamaları.....	22
3.2.2 MCNP Dosya Yapısı	26
3.3 WINXCOM PROGRAMI.....	29
3.4 PY-MLBUF	32
3.5 İNCELENEN CAM MALZEME GRUPLARI.....	32
3.6 ZIRHLAMA PARAMETRELERİ HESAPLAMALARI.....	34
3.7 DENEYSEL ÖLÇÜM HESAPLAMALARI	58
4. BULGULAR	59
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	76
KAYNAKLAR	81
EKLER.....	87
5.1 EK-1: EBF-EABF TABLOLARI.....	87
ÖZGEÇMİŞ	143

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. 1: Fotoelektrik olay [23].....	10
Şekil 1. 2: Compton saçılımı [23].	11
Şekil 1. 3: Çift oluşumu olayı [26].	12
Şekil 1. 4: Foton ve madde etkileşim mekanizmalarının enerji bölgelerine göre meydana gelme olasılık dağılımları [27].....	12
Şekil 2. 1: I_0 şiddetine sahip fotonun malzemeden geçtikten sonra I şiddetine düşüşü ve Beer-Lambert kanununun şematik gösterimi [29].	14
Şekil 3. 1: MCNPX Visual Editor Version programı ile çizilen deney düzeneğine ait bileşenlerin 3 boyutlu görselleri [MCNPX Visual Editor Version X_22S-2].....	23
Şekil 3. 2: 3-boyutlu kartezyen koordinat sistemini kullanan MCNP kodunda hücre ve yüzey gösterimleri [44].	25
Şekil 3. 3: MCNP kodu ile kodlanan hücre ve yüzeylerin Visual Editor Version çizim programında 2-boyutlu gösterimi [MCNPX Visual Editor Version X_22S-2].....	26
Şekil 3. 4: MCNP input dosya yapısı [44].	27
Şekil 3. 5: MCNP (a) hücre ve (b) yüzey kartlarının yapısı.	27
Şekil 3. 6: MCNP data kart yapısı.	28
Şekil 3. 7: WinXCom programında malzeme tanımlamaları [45].	30
Şekil 3. 8: MCNP kodu ile tanımlanan transmisyon faktörü ölçümü için tasarlanan deney düzeneğinin Visual Editör yarımı ile elde edilen 3-boyutlu görseli[MCNPX Visual Editor Version X_22S-2].....	49
Şekil 3. 9: Ba-133 radyoiztop kaynağı ile 80.998 keV, 160.612 keV, 223.237 keV, 276.399 keV, 302.851 keV, 356.013 keV ve 383.849 keV enerji değerlerine karşılık μ/ρ (cm ² /g) ölçümünün gerçekleştirildiği deney düzeneği.....	58
Şekil 4. 1: Her bir malzeme grubu için (a) lineer zayıflatma katsayıları, (b) kütle zayıflatma katsayıları ve karşılaştırmaları.	59
Şekil 4. 2: Her bir malzeme grubu için ortalama serbest yol değerleri ve karşılaştırmaları.	60

Şekil 4. 3: Her bir malzeme grubu için (a) etkin atom numaraları (Z_{eff}) , (b) etkin elektron yoğunlukları (N_{eff}) ve (c) etkin atomik ağırlıkları (A_{eff}) ve karşılaştırmaları.	61
Şekil 4. 4: Her bir malzeme grubu için (a) yarı değer (HVL) ve (b) onda değer (TVL) kalınlıkları.....	62
Şekil 4. 5: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1 ve BSBaCa cam örneği için enerji ve ortalama serbest yol dağılımlarına bağlı (a) EBF ve (b) EABF dağılımları.	64
Şekil 4. 6: BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2 ve BSBaNi cam örneği için enerji ve ortalama serbest yol dağılımlarına bağlı (a) EBF ve (b) EABF dağılımları.	65
Şekil 4. 7: BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo ve BSBaFe cam örneği için enerji ve ortalama serbest yol dağılımlarına bağlı (a) EBF ve (b) EABF dağılımları.	66
Şekil 4. 8: BSBaMn4 ve BSBaZn cam örneği için enerji ve ortalama serbest yol dağılımlarına bağlı (a) EBF ve (b) EABF dağılımları.	67
Şekil 4. 9: Simülasyon deney düzeneğinin Visual Editor aracılığı ile çizilen 3-boyutlu görseli[MCNPX Visual Editor Version X_22S-2].	67
Şekil 4. 10: Her bir malzeme grubu için sağlık alanında kullanılan spesifik enerji değerlerindeki transmisyon faktörleri.	68
Şekil 4. 11: Üretilen $7B_2O_3-50SiO_2-38ZnO-5BaO$ (BSBaZn) kompozit cam yapısı. Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
Şekil 4. 13: BSBaZn cam numunesinin dalgaboyuna karşılık geçirgenlik grafiği.	73
Şekil 4. 14: 80.998 keV, 160.612 keV, 223.237 keV, 276.399 keV, 302.851 keV, 356.013 keV, 383.849 keV enerji değerlerine karşılık foton sayım grafiği.	74
Şekil 4. 15: BSBaZn cam yapısının enerji değerlerine karşılık deneysel ve teorik olarak elde edilen μ/p (cm^2/g) kütle zayıflatma katsayıları grafiği.	74

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3. 1: MCNP yüzey kart tanımlamaları [44].	24
Tablo 3. 2: MCNP kod tanımlamalarında yer alan Tally tanımlamalarına yönelik gösterimler [44].	29
Tablo 3. 3: WinXCom programında tasarlanan malzemelerin her bir enerji değeri için foton-madde etkileşim tesir kesitleri ve kütle zayıflatma katsayıları [48].	31
Tablo 3. 4: Her bir numune için WinXCom veri kütüphanesinden elde edilen her bir element için ağırlıklı oranlar ve teorik yoğunluk değerleri.	34
Tablo 3. 5: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki lineer zayıflatma katsayıları.	35
Tablo 3. 6: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki kütle zayıflatma katsayıları.	37
Tablo 3. 7: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki ortalama serbest yol değerleri.	38
Tablo 3. 8: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki etkin atom numaraları.	40
Tablo 3. 9: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki etkin elektron yoğunlukları.	42
Tablo 3. 10: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki etkin atomik ağırlık değerleri.	43
Tablo 3. 11: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki yarı değer kalınlıkları.	45
Tablo 3. 12: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki onda değer kalınlıkları.	47

Tablo 3. 13: BSBaLi cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	49
Tablo 3. 14: BSBaCr1 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	50
Tablo 3. 15: BSBaMn1 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	50
Tablo 3. 16: BSBaCa cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	51
Tablo 3. 17: BSBaMg cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	52
Tablo 3. 18: BSBaAl cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	52
Tablo 3. 19: BSBaMn2 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	53
Tablo 3. 20: BSBaNi cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	53
Tablo 3. 21: BSBaCr2 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	54
Tablo 3. 22: BSBaMn3 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	55
Tablo 3. 23: BSBaCo cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	55
Tablo 3. 24: BSBaFe cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	56
Tablo 3. 25: BSBaMn4 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	56
Tablo 3. 26: BSBaZn cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.....	57
Tablo 3. 27: Ba-133 radyoizotopundan çıkan enerji değerlerine karşılık deneysel I, I ₀ ve μ/ρ değerleri ile teorik μ/ρ değerleri.....	58

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
μ	: Lineer zayıflatma katsayısı
μ_m	: Kütle zayıflatma katsayısı
I	: Radyasyon şiddeti
Z_{eff}	: Etkin atom numarası
N_{eff}	: Etkin elektron yoğunluğu
A_{eff}	: Etkin atomik ağırlık

Kisaltmalar	Açıklama
LAC	: Lineer zayıflatma katsayısı
MAC	: Kütle zayıflatma katsayısı
MFP	: Ortalama serbest yol
HVL	: Yarı değer kalınlığı
TVL	: Onda değer kalınlığı
EBF	: Enerji yığılma faktörü
EABF	: Enerji soğurma yığılma faktörü
TF	: Transmisyon faktörü

ÖZET

DOKTORA TEZİ

RADYOLOJİ ÜNİTELERİNDE KULLANILABİLECEK CAM ZIRHLAMA MALZEMELERİNE FARKLI KİMYASAL KATKILAMALARIN ETKİSİNİN MONTE CARLO METODU ile İNCELENMESİ

Duygu ŞEN BAYKAL

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Rabia Burcu ÇAKIRLI MUTLU

II. Danışman : Doç. Dr. Hüseyin Ozan TEKİN

Maddesel ortamların yapısı, zırhlamanın temelini oluşturmaktadır. Kurşun, özellikleri açısından en iyi zırhlayıcı maddesel ortam olarak tanımlanır. Ancak kurşunun toksik yapısı, kurşunsuz malzeme arayışlarını hızlandıran önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmamız kapsamında radyoloji ünitelerinde kullanılabilecek kurşun oksit katkılı camlara alternatiflerin tasarlanabilmesi amacıyla, farklı metal oksit katkılı 14 cam grubunun zırhlama parametreleri Monte Carlo simülasyon yöntemi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda üretimi de gerçekleştirilen BSBaZn kodlu camın simülasyon sonuçları ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. İncelenen cam grupları arasında kurşunlu cama en yakın sonuçları veren BSBaZn, ölçülen tüm zırhlama parametreleri ile literatüre sunulmuştur.

Aralık 2021, 143 sayfa.

Anahtar kelimeler: Monte Carlo Yöntemi, Kurşunsuz Cam Grupları, Zırhlama Parametreleri, Enerji Yığılma Faktörleri.

SUMMARY

Ph.D. THESIS

INVESTIGATION of the EFFECT of DIFFERENT CHEMICAL ADDITIVES on GLASS SHIELD MATERIALS THAT CAN BE USED IN RADIOLOGY UNITS by USING MONTE CARLO METHOD

Duygu ŞEN BAYKAL

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Physics

Supervisor : Prof. Dr. Rabia Burcu ÇAKIRLI MUTLU

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Ozan TEKİN

The structure of material environments forms the basis of shielding. In terms of properties, lead is the best shielding material medium. However, the toxic nature of lead is an important factor that accelerates the search for lead-free materials. Scope of our study, the shielding parameters of 14 different metal oxide added glass groups are examined by the Monte Carlo simulation method to design alternatives to lead-free glass materials that can be used in radiology units. As a result of the obtained data, the simulation results of the BSBaZn coded glass, which has also produced, has compared with the experimental results and presented to the literature with all measured shielding parameters.

December 2021, 143 pages.

Keywords: Monte Carlo Method, Lead-free Glass Groups, Shielding Parameters, Energy Buildup Factors.

1. GİRİŞ

Dünya'nın oluşumu ile birlikte doğada bulunan çok uzun ömürlü radyoaktif elementlerden, uzay ve güneşten gelen kozmik ışınlardan dolayı doğal olarak radyasyona maruz kalmaktayız. Uzayın bir noktasından başka bir noktasına enerji aktarımı olarak tanımlanan radyasyon, keşfinin ardından içeriği gözle görülemeyen maddelerin iç yapısını gözler önüne sermesinden dolayı sağlık alanında önemli bir etki yaratmıştır ve teknolojik ilerlemeler ile birlikte yapay yollar ile de üretilmeye, tanı ve tedavi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda günümüzde de yaygın bir biçimde kullanılmaya devam etmektedir [1].

Belirli doz sınırlamaları dahilinde tanı ve tedavi amacı ile kullanılan radyasyondan sağlanan faydanın yanı sıra, zararlı etkilerine de maruz kalınmaktadır. Hali hazırda doğada var olan doğal radyasyon düzeyine ek olarak, yapay radyasyon kaynaklarından da maruz kalınan radyasyonun zararlı etkilerinden korunma kavramı, sebep olduğu yıkıcı biyolojik etkilerinden dolayı son derece önem taşıyan ve gündemden hiç düşmeyen bir konudur [2].

Radyasyonun sebep olduğu zararlı etkileri minimum düzeye indirmek, maksimum düzeyde korunmayı gerektirir. Dolayısıyla, maksimum düzeyde korunma sağlayabilmek için öncelikle duyu organlarımız ile algılayamadığımız radyasyonun özelliklerini, hangi şekillerde madde ile etkileşime girebileceğini, madde ile etkileşime girdiğinde meydana gelebilecek saçılma durumlarını, hangi enerji düzeylerinde ne tür etkileşimlerde bulunabileceği gibi radyasyonun meydana getirebileceği tüm durumları iyi bir şekilde tarif etmemiz gerekir. Bu tanımlamaların yanı sıra, radyasyonun etkileşime gireceği malzemelerin de radyasyona karşı geçirgenlikleri, zayıflatma katsayıları, etkin atom numaraları, etkin elektron yoğunlukları, yarı değer kalınlıkları, ortalama serbest yol değerleri, yığılma faktörleri gibi fiziksel özellikleri de tanımlanabildiğinde, maksimum korunmayı hangi malzeme ya da malzeme grupları ile sağlayabileceğimizi daha net bir biçimde ortaya koyabiliriz [3].

Radyasyonun zararlı etkilerinden korunmanın temel ilkelerinden biri olan zırlama, radyasyonun etkileşim sonucunda enerjisini sönmüleyebildiği maddesel bir ortam olarak tanımlanır. Bu maddesel ortama ait ilgili zırlama parametreleri iyi bilinen ve önceden kararlaştırılan malzemelerin kullanımı ile radyasyondan korunma sağlanır. Bu amaç için en yaygın kullanım alanına sahip olan malzeme (Pb) kurşundur [3, 4]. Kurşunun kullanımının

yaygınlığı, sahip olduğu fiziksel ve kimsayal özelliklerinin sağladığı çeşitli avantajlardan dolayı eski çağlara kadar uzanmaktadır. Bu avantajlar arasında erime noktasının düşük olması ve bu nedenle kolayca sıvı hale getirilip istenilen şeklin verilebilmesi, yumuşak bir yapıya sahip olması, bir çok metal ile etkileşime girerek değerli alaşımlar oluşturması yer alır. Gelişen teknoloji ile birlikte spektroskopik analizler ile ağır bir metal olduğu keşfedilen kurşun, yüksek yoğunluğa sahiptir ve bundan dolayı da ağır metaller sınıfında yer almaktadır. Bu özelliği sayesinde de kendisi ile etkileşime girecek radyasyonun enerjisini en iyi sönmüldüğü maddesel ortam olduğu keşfedilerek zırhlama amacı ile kullanılmaya başlanmıştır ve günümüzde de bu anlamda yaygın bir biçimde kullanımı devam etmektedir. Ancak kurşunun malzeme dayanıklılığının düşük olması, kullanımı sırasında ortaya çıkardığı güçlükler, maliyeti, transparan bir yapıya sahip olmayışı gibi dezavantajlarının yanı sıra toksik yapıda olması da en önemli dezavantajı olarak nitelendirilir. Yaygın kullanımı nedeni ile de çevrede biriken kurşunun yapısı biyolojik olarak parçalanmaya elverişli değildir ve bu nedenle de artan konsantrasyonu ile birlikte çevrede yer alarak doğa ve canlılar üzerinde kalıcı bir tehdit oluşturmaktadır [5, 6].

İnsan vücudunda da kurşunun yarattığı toksik etkilerden etkilenmeyen neredeyse hiçbir fonksiyon yoktur. Vücudumuzda toksik etkiler yaratan bu ağır metale solunum, deriden emilim ve sindirim yolu ile maruz kalmaktayız [7]. Kurşuna maruz kalmanın kaynakları arasında temel olarak endüstriyel süreçler yer almaktadır. Bu maruziyetin birincil dereceden etkilediği grup kurşunlu malzemelerin üretiminin yapıldığı endüstriyel meslek gruplarında çalışanlardır. Bu üretimler sırasında da çevreye aktarılan toksik gaz atıklar, çeşitli doğa olayları ile yer yüzüne inmekte ve solunum, deriden emilim gibi yollar ile vücudumuza nüfuz etmektedirler. Vücuttaki kurşun beyin, böbrek, karaciğer ve kemiklere yerleşerek fizyolojik fonksiyonlarımızın işleyişini yıkıcı yönde etkilmektedir ve zararlı etkisinin bulunmadığı herhangi bir doz düzeyi de bulunmamaktadır. Buna ek olarak radyasyonu zırlama özelliği kuvvetli olan bu ağır metal, iskelet ve kas sistemi açısından da olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Kurşunun sahip olduğu bu dezavantajlar göz önüne alındığında, tamamen kurşun kullanımından vazgeçilmesine yönelik çalışmaların da hızlandırılması gerektiği daha net bir biçimde anlaşılmaktadır. Bu anlamda kurşuna alternatif oluşturabilecek malzeme tasarımlarının önemi ve bu malzemelere olan gereksinim oldukça büyüktür [7, 8, 9, 10].

Son zamanlarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, zırhlama amacı ile kullanılan geleneksel malzemelere alternatif oluşturabilecek malzeme arayışlarının büyük bir ivme kazandığı görülmektedir. İnsanı ve çevreyi radyasyonun yıkıcı etkilerinden koruyabilmek için içeriğinde zararlı maddeler barındırmayan sürdürülebilir nitelikteki alternatif malzeme arayışları, yeni nesil alaşım malzemeleri, camsı malzemeler ve nano katkılı betonlara kadar uzanmaktadır ve yapılan çalışmalar malzemelerin kimyasal yapılarına, bu yapılara katkılanacak ek maddelerin oransal ve yapısal değişimleri üzerine odaklanmaktadır [11, 12, 13, 14, 15].

Elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçiminde enerji aktarımı olarak tanımlanabilen radyasyonun bir yerden bir yere taşınımını ve radyasyon etkileşimlerinden kaynaklanan ikincil taşınımları konu edinen Monte Carlo metodu, bir kaynaktan çıkan radyasyonun hangi enerji bölgesinde seçileceği, yayınlanan fotonların hangi doğrultuda harekete başlayacağı, ilk etkileşimini hangi noktada gerçekleştireceği, bu etkileşim sonucunda enerjisinin ne kadarını kaybedeceği, etkileşim sonrasında hangi yönlerde saçılıma uğrayabileceğine dair bilgileri olasılıksal olarak vermektedir ve bu nedenle yeni nesil zırhlama malzemeleri çalışmalarında yaygın bir kullanım alanına sahiptir. İhtiyaç duyulan malzemelerin radyasyona karşı olan dirençleri hakkında tüm durumların olasılık dağılımlarını veren bu metod, parçacık etkileşimlerini tanımlayan niceliklerin belirli olasılık dağılımlarına sahip olduğu varsayımından yola çıkar, dolayısı ile de olasılık teorisi üzerine kuruludur. İstatistiksel ve matematiksel yöntemler ile bir deneyi rastsal sayıları kullanarak simüle eder ve tanımlanan tüm olayların gerçekleşme olasılıklarını verir [16].

Tasarlanacak malzemelerin yapısal özelliklerinin incelenebilmesi için maddesel ortamda parçacık taşınımı problemlerini konu edinen MCNP (Monte Carlo N-Particle) kodu, esnek bir çözüm yöntemi olması, başka bir yöntem ile incelenmesi olanaksız olan problemlerin rahatlıkla modellenebilir olması, modellenen sistemi değiştirmeden açığa çıkabilecek yeni fikirlerin model üzerinde uygulanabilmesine olanak sağlaması, modellenen sistem çalıştırıldığında karşılaşılabilecek birçok durumun önceden görülebilmesine yardımcı olması ve sonuçları ancak aylar yıllar sonra alınabilecek bir deneyin çok kısa bir sürede analizinin yapılabilmesine olanak sağlaması açısından oldukça avantajlı yönleri sahip olmasından dolayı bu çalışmanın yöntemini oluşturmaktadır [17, 18].

Radyasyonun kullanıldığı her yerde özellikle de nükleer tesislerde ve hastanelerde cam bölmeler önemli bir gereksinimdir ve kullanılan bu cam malzemelerin de radyasyonu

zayıflatma özelliğinin güçlü olması gerekmektedir. Günümüzde zırhlama amacı için kullanılan cam malzemeler, kurşun ve daha hafif olan ağır metaller ile katkılanarak radyasyona karşı dirençleri arttırılmaktadır. Ancak bu kompozit kurşunlu camlar hem toksik ağır metal içermesi hem de transparanlık düzeyinin istenilen ölçüde elde edilememesi sebebi ile kurşunlu camların yerini alabilecek, çevreye ve insanlara zarar vermeyen, daha transparan yapıdaki cam malzemelerin geliştirilmesi önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir [19, 20].

Yeni nesil zırhlama malzemelerinin yapısal olarak geliştirilmeye açık olması ve elde edilen iyileştirmelerin bilimsel literatürde kendine yer bulma durumunun güçlü olmasını bilimsel dayanak olarak ele alan bu tez çalışması, zırhlama amacıyla kullanılan malzemelerin özellikle de cam malzeme grubuna ait yelpazenin genişletilmesine katkıda bulunacaktır. Bu amaç doğrultusunda, sağlık alanında kullanılan radyasyondan maksimum düzeyde korunma sağlayabilmek için yaygın olarak kullanılan kurşunlu camlara alternatif oluşturabilecek metal oksit katkılı cam malzemelerin yapısal özellikleri Monte Carlo simülasyon yöntemi ile incelenip, farklı katkı türleri ve katkı oranlarında incelenen bu malzemelerin radyasyonu zayıflatma özellikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 RADYASYON MADDE ETKİLEŞİMİ

Doğada var olan radyoaktif elementler kararsız yapıda olup kararlı yapılarına ulaşabilmek amacıyla fazla olan enerjilerini elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar halinde yayınlarlar. Bu yayınlanım sırasında açığa çıkan radyasyon, yolu boyunca karşılaştığı maddesel ortamlar ile etkileşime girerek enerji aktarımında bulunurlar. Uzayın bir noktasından başka bir noktasına enerji taşınımı olarak tanımlanan radyasyonun, karşılaştığı maddesel ortamlardaki atom veya atom çekirdeği ile yapacağı etkileşimler de yayınlanan radyasyonun enerjisine ve türüne bağlı olduğu gibi etkileşime girdiği ortamın atomik yoğunluğuna da bağlı olarak farklı şekillerde gerçekleşebilmektedir [21].

Radyasyon madde içerisinde yer alan atomlar ile etkileşime girdiğinde, bu atomları iyonize edip etmeme özelliğine göre iki sınıf altında toparlanmaktadır; iyonize ve iyonize olmayan radyasyon. İyonize olmayan radyasyon, etki ettiği maddesel ortamda yük oluşumuna sebep olamayan elektromanyetik radyasyon türüdür ve elektromanyetik spektrumun düşük frekanslı, büyük dalga boylu bölgesinde yer alırlar. İyonize radyasyon sınıfında yer alan radyasyon türleri ise, etki ettiği maddede yüklü parçacıklar yani iyonlar oluşturabilme özelliğine sahiptirler. Etkileşime girdikleri maddeye aktardıkları enerji, o madde içerisinde yer alan atomların yapılarında değişimlere sebep olmaktadır. Yapısal değişime sebep olan iyonize radyasyon türleri arasında hem elektromanyetik hem de parçacık radyasyon türleri yer almaktadır ve bu radyasyon türleri; alfa, beta ve nötron parçacıkları ile X ışınları ve gama ışınlarıdır ve sahip oldukları fiziksel özelliklerine göre madde ile etkileşime girme mekanizmaları da farklılık göstermektedir [22].

2.1.1 Ağır Yüklü Parçacıkların Madde ile Etkileşimi

Yayınlanan iyonize radyasyon türlerinden ağır yüklü parçacıklar (protonlar ve alfa parçacıkları), etkiledikleri maddedeki atomların elektronları ile yükler arasında meydana gelen elektrostatik çekimi sağlayan Coulomb kuvveti ile etkileşirler. Ağır yüklü parçacıklar madde içerisine nüfuz ettiklerinde ortalama olarak fazla bir yol katetmezler ve kısa menzillerde enerjilerini yitirirler. Ağır yüklü bir parçacık, enerjisini sönmüleyebilmek için madde atomları ile binlerce çarpışma gerçekleştirir ve elektron ile yüzey çarpışması yaptığı bir etkileşim

sonucunda, yüklü parçacık küçük bir saçılıma uğrayarak aynı doğrultuda yoluna devam eder. Coulomb etkileşimleri de uzun menzilli etkileşim türü olduğundan bu ağır yüklü parçacık, karşısına çıkan elektronlar ile etkileşerek sürekli olarak enerjisini sönümleyeceği çarpışmalar gerçekleştirir ve tüm enerjisini elektronlara aktarır. Parçacık, madde içerisine girdiğinde elektrostatik kuvvetlerin etkisine maruz kalacağından, herhangi bir etkileşimde bulunmama olasılığı yoktur. Yüklü parçacık ve maddesel ortamın atomları arasındaki etkileşimler iyonizasyon ve uyarma ile sonuçlanırken, parçacığın atom çekirdeği ile yapacağı etkileşimler ise ışımlar şeklindeki enerji kaybı veya Bremsstrahlung ışıınımı ile sonuçlanmaktadır [21].

Ağır yüklü parçacık, madde içerisindeki atomlar ile yaptığı etkileşimler sonucunda binlerce elektron çiftinin oluşmasına sebep olmaktadır . Parçacığın enerjisi sönümlenene kadar oluşumu devam eden iyon çiftlerinden negatif iyonlar (elektronlar) ikincil iyonlaşma durumuna da sebep olabilmektedir. Ağır yüklü parçacıklar, yolları boyunca karşılaştıkları elektronlar ile çarpışmaları sonucunda yollarında önemli sapmalar gerçekleşmemektedir ve neredeyse düz bir menzil şeklinde tarif edilebilecek bir menzile sahip oldukları söylenebilir. Buna ek olarak ağır yüklü parçacıkların madde ile etkileşimi, ışınlamalar ve bremsstrahlung ışıınımı ile de sonuçlanabilmektedir. Ağır yüklü parçacığın enerjisi ortamda iyonlaşma meydana getirebilmek için yeterli değilse, bu durumda ortamdaki elektronların uyarılma durumu söz konusudur. Parçacığın sahip olduğu enerjinin bir kısmı etkilediği ortamda soğurularak ortamdaki elektronların uyarılmış seviyelere çıkmalarına neden olur. Uyarılmış durumdaki bu elektronlar kararlı durumlarına geçmek adına daha düşük olan enerji seviyelerine doğru hareket ederler ve bu sırada da ışımlar yayınlarlar. Ağır yüklü parçacıkların çekirdek ile gerçekleştirebilecekleri etkileşim olasılığı da söz konusudur ve bu durumda Coulomb itmesi ile gelen ağır yüklü parçacık elastik bir saçılıma uğrayarak yönünde bir değişim meydana gelir, bu yön değişimi durumunda da Bremsstrahlung ışımları yayınlanır [21, 22].

Ağır yüklü parçacıklar madde içerisine nüfuz ettiklerinde, her bir etkileşim sonucunda kaybettikleri enerjiden dolayı yavaşlarlar ve enerjilerinin tamamının sönümlenmesine yakın daha fazla iyonizasyona neden olurlar. Enerjilerinin çoğunu depolayarak durma noktasına kadar gelen parçacığın enerjisi yolunun sonunda keskin bir şekilde sıfıra düşer. Menzilin sonunda oluşan bu olay Bragg piki olarak bilinir ve ağır yüklü parçacıkların sahip olduğu bu özellik, sıklıkla tıp alanında kanser hücrelerinin yok edilmesine yönelik kullanılmaktadır [21, 22, 23].

2.1.2 Hafif Yüklü Parçacıkların Madde ile Etkileşimi

Temelde hafif yüklü parçacıkların madde ile etkileşimleri, ağır yüklü parçacık etkileşimlerine benzerdir. Fakat kütlelerinin çok küçük olmasından dolayı elektronlar, saçılarak hareket yönlerinde zikzaklar halinde ilerledikleri bir yol çizerler. Hafif yüklü parçacık sınıfında yer alan elektron, madde içerisindeki atomlar ile Coulomb kuvveti aracılığı ile etkileşime girer. Bu etkileşimler, esnek ve esnek olmayan çarpışmalar şeklinde açığa çıkmaktadır. Esnek çarpışmanın gerçekleştiği durumda elektronun enerjisinde bir kayıp söz konusu değildir. Fakat elektron madde içerisinde esnek olmayan çarpışmalar gerçekleştiriyorsa bu durumda enerjisinin bir kısmını maddesel ortamdaki elektronlara aktararak iyonizasyona sebep olabilir ya Bremsstrahlung ışıması ile enerjisini kaybedebilir. Eğer madde ile etkileşime giren elektron enerji kaybını ortamdaki elektronlara aktararak iyonize etme şeklinde gerçekleştiriyorsa, bu durumda enerji kaybı maddesel ortamın sahip olduğu elektron yoğunluğu ile ilişkilidir. Işımlar yoluyla kaybedilen enerji, maddeye etki eden elektronun sahip olduğu kinetik enerjisine bağlı olduğu gibi ortamın sahip olduğu atomik yoğunluk ile de ilişkilidir. Yüksek kinetik enerjiye sahip olan hızlı elektronlar çekirdeğin Coulomb alanı ile etkileşime girerek hızında bir azalma durumu meydana gelir, yani frenlenir. Çekirdeğin Coulomb alanı tarafından yavaşlatılan elektron enerji kaybedip yolunda bir sapma meydana gelir ve bu sapma sırasında da Bremsstrahlung ışımasını gerçekleştirir [21, 22, 23].

2.1.3 Nötronların Madde ile Etkileşimi

Nötronlar yüksüz yapılarından dolayı madde ile etkileşime girdiklerinde ortamdaki atomların çekirdekleri ile nükleer kuvvetler aracılığı ile etkileşime girerler. Nötronlar, kendi evleri konumunda olan çekirdekler ile etkileşime girebilmek için yüklü parçacıklarda olduğu gibi Coulomb bariyerini aşma durumunda kalmadan çekirdek ile etkileşirler. Dolayısıyla da madde içerisine nüfuz etme kabiliyetleri oldukça güçlüdür. Nötron çekirdeğe doğru ilerlerken çekirdek ile karşılaşınca kadar sahip olduğu enerjisi ile düz bir çizgi boyunca yoluna devam eder. Nüfuz ettikleri ortamlardaki elektronlar ile etkileşim olasılıkları oldukça düşüktür ve enerjilerine bağlı olarak nötronlar madde içerisinde farklı reaksiyonlar gerçekleştirebilmektedirler. Nötron ile çekirdek arasında kinetik enerji aktarımının söz konusu olduğu elastik saçılma, nötronların madde ile temel etkileşim türüdür. Yeterince enerjiye sahip bir nötron, çekirdek ile çarpıştığı sırada çekirdeğin uyarıldığı inelastik saçılımı da gerçekleştirebilir. Gelen nötronun enerjisine bağlı olarak etkileşime girdiği çekirdek içerisine

nüfuz edebilir ve çekirdek tarafından tutulabilir. Gelen nötron çekirdekte tutulduğunda nötronun bağlanma enerjisi çekirdeğin fisyon reaksiyonunu gerçekleştirebileceği enerjiden fazla ise fisyon olayı da gerçekleşebilir. Yüksüz yapıda olmalarından dolayı elektrik yükleri ile doğrudan etkileşime girmeyen nötronlar, etki ettikleri maddede çeşitli reaksiyonların meydana gelmesiyle yüklü parçacıkların serbest kalmasına sebep olurlar. Açığa çıkan bu yüklü serbest parçacıklar madde atomları ile etkileşime girerek tekrardan iyonlaşmaya sebep olurlar [21, 22, 23].

Nötronların çekirdek ile etkileşim biçimleri saçılma ve absorbsiyon etkileşimleri olmak üzere iki şekilde gerçekleşebilmektedir. Saçılma etkileşimleri esnek ve esnek olmayan saçılma olmak üzere iki biçimde meydana gelebilmektedir. Esnek saçılmada, nötron atom çekirdeği ile çarpışıp sahip olduğu kinetik enerjisinin bir kısmını çekirdeğe aktarır ve kalan enerjisi ile geliş doğrultusundan farklı bir doğrultuda saçılıma uğrar. Bu saçılma biçiminde enerji ve momentum korunur ve çekirdeğin fiziksel durumunda bir değişim meydana gelmez. Esnek olmayan saçılmada da maddeye nüfuz eden nötron, hedef çekirdek tarafından önce absorbe edilerek bir bileşik çekirdek oluşturur. Bu durumda da, gelen nötron enerjisinin bir kısmını çekirdeğe aktararak, nötronun geliş doğrultusundan farklı bir doğrultuda saçılıma uğramaktadır. Esnek olmayan çarpışmada çekirdek uyarılmış bir durumda kalır ve ısınım yoluyla kararlı yapısına ulaşmaya çalışır. Nötronların çekirdek ile etkileşim biçimlerinden bir diğeri olan absorbsiyon etkileşimlerinde de gelen nötron hedef çekirdek tarafından absorblanarak birleşik çekirdek oluşturmaktadır. Nötronların çekirdek tarafından yakalanmasının ardından çekirdek içerisinden farklı parçacık veya fotonların yayınlanması olayı absorbsiyon etkileşimi olarak adlandırılmaktadır ve nötron absorbsiyon etkileşimleri; (n,γ) , (n,α) , $(n,2n)$, (n,p) ve fisyon reaksiyonları olarak sıralanabilir [21, 22, 23].

2.1.4 Fotonların Madde ile Etkileşimi

Elektromanyetik radyasyon sınıfında yer alan X-ışınları ve gama ışınları yüksüz yapılarından dolayı yüklü parçacıklar gibi Coulomb kuvvetleri ile etkileşime girmezler, etkileşim mekanizmaları yüklü parçacıklardan oldukça farklıdır. Fotonlar, elektromanyetik dalganın sahip olduğu toplam enerjiyi oluşturan enerji paketçikleri olup kuvvet taşıyıcısı şeklinde tanımlanmaktadır. Madde içerisindeki atomların yörünge elektronları ya da çekirdek kuvvetleri ile etkileşime girmektedirler. Fotonların madde ile etkileşiminde başlıca beş etkileşim şekli dikkate alınmaktadır, fakat bunlar arasında da gerçekleşme olasılığı açısından baskın olan üç

temel etkileşim durumu söz konusur. Bu üç temel etkileşimin baskın olması fotonlar hakkında iki temel bilgiyi açığa çıkarmaktadır; fotonlar madde içerisinde daha fazla nüfuz edebilme özelliğine sahiptirler, ikinci özellikleri ise belirli bir kalınlığa sahip olan bir madde içerisinde geçtiklerinde fotonların enerjilerinde bir azalma gerçekleşmemesi, yalnızca şiddetinde bir azalmanın gerçekleşmesidir. Fotonların şiddetinde meydana gelen azalma eksponansiyel bir fonksiyon ile tarif edilir . Fotonların sahip olduğu enerjiye göre madde ile gerçekleştirebileceği etkileşimler temel olarak;

1. Fotoelektrik Olay
2. Compton Saçılımı
3. Çift Oluşumu
4. Koherent Saçılma
5. Fotonükleer Etkileşim şeklinde gerçekleşebilmektedir [22].

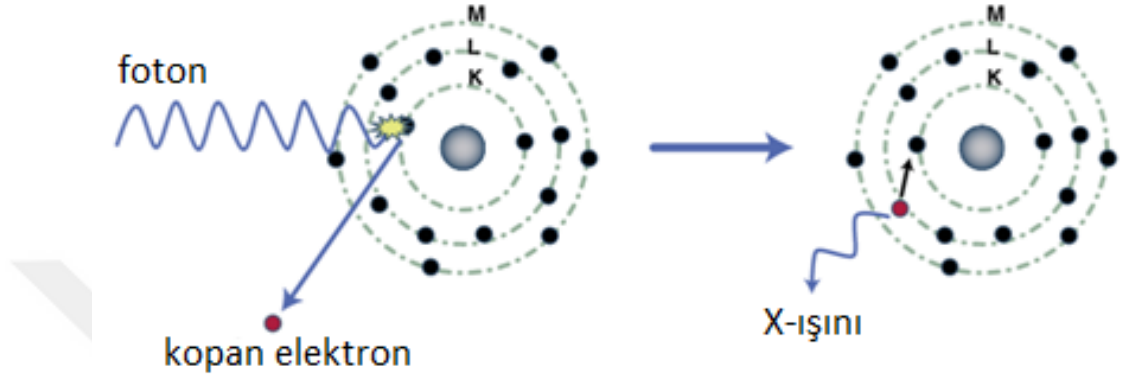
2.1.4.1 Fotoelektrik Olay

Düşük enerjili bir foton genellikle içerisinde geçtiği ortamdaki atomların yörüngesindeki bir elektron ile çarpıştığından bütün enerjisini aktararak, elektronu pozitif yüklü çekirdeğin bağlayıcı kuvvetinden kurtararak koparılmasını sağlar. Maddeye etkiyen foton, etki ettiği ortamdaki atomların elektronları ile etkileşime girerek sahip olduğu enerjiyi çarpıştığı yörünge elektronuna aktarabilir ve yörünge elektronu aktarılan bu enerji ile kopabilir. Kopan elektron fotoelektron olarak adlandırılmaktadır ve gerçekleşen bu olay da fotoelektrik olay olarak tanımlanır. Gelen fotonun bütün enerjisinin etkileştiği atom tarafından soğurulması olarak tarif edilen fotoelektrik olayda, eğer foton atomun iç yörünge elektronlarından biri ile etkileşime girip, bu elektronu yörüngesinden kopmasını sağlıyorsa dış yörüngelerdeki elektronlardan birisi bu boşluğu doldurma eğiliminde bulunacaktır. Bu eğilim sonucunda da yörüngeden koparılan fotoelektron ile birlikte X-ışını yayılımı da gerçekleşecektir. Bunun yanı sıra bu sırada ortaya çıkan enerji bir dış yörünge elektronunu sökmek için kullanılırsa, ışımasız geçiş gerçekleştirerek fazla olan enerjisini dışarı atar. Bu olay, Auger olayı olarak tanımlanmaktadır. Yörünge elektronun kopabilmesi için gelen fotonun enerjisinin, elektronun atoma bağlanması için gerekli olan enerjiden daha büyük bir değere sahip olması gerekir. Dolayısıyla gelen fotonun enerjisi ve elektronun bağlama enerjisi farkı, yayınlanan elektronun kinetik enerjisine eşittir ve

$$E_e = h\nu - E_b$$

(1)

şekilde ifade edilmektedir ve bu ifadedeki E_e -, elektronun atom yörüngesinden koptuktan sonra sahip olduğu kinetik enerjiyi, $h\nu$ gelen fotonun enerjisi ve E_b ise elektronun bağlanma enerjisini belirtmektedir [21, 22, 23].

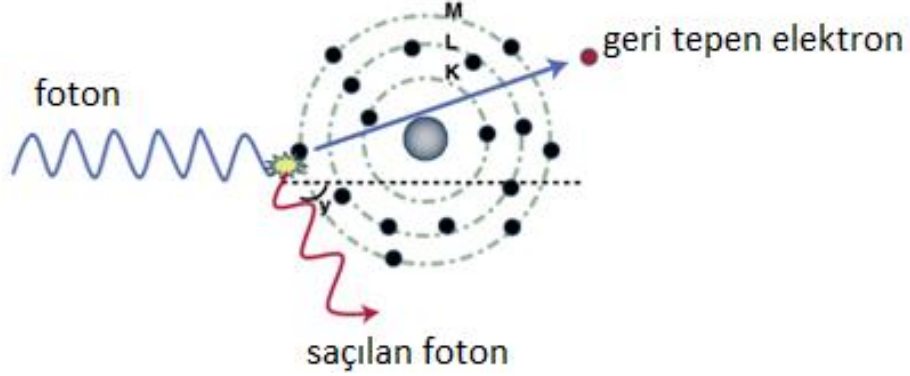


Şekil 1. 1: Fotoelektrik olay [23].

Fotoelektrik olayın meydana gelme olasılığı, düşük enerjiler için oldukça yüksek bir olasılığa sahip olup bu enerji değeri yaklaşık olarak 100keV'dir ve gelen fotonun enerjisi ile ters orantılıdır. Gelen fotonun enerjisi azaldıkça fotoelektrik olayın gerçekleşme olasılığı artmaktadır [22].

2.1.4.2 Compton Saçılımı

Atoma sıkıca bağlanmamış bir dış yörünge elektronu, kendisine kıyasla enerjisi çok daha büyük olan bir foton ile çarpışması durumu Compton saçılımı olarak bilinir. Kütleli bir parçacık olan atom, fotonun tüm enerjisini absorbe etmesi momentum korunumu gereği mümkün değildir. Dolayısıyla foton enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır saçılıma uğrayarak yoluna devam etmektedir. Yüksek enerjili fotonlar enerjileri belirli bir seviyeye düşene kadar Compton saçılımına uğrarlar, bu andan sonra da kalan düşük enerjileri ile fotoelektrik olaya absorblanırlar. Çünkü sadece Compton saçılımı ile fotonların enerjisinin tamamı sönmelenememektedir [21, 22, 24].

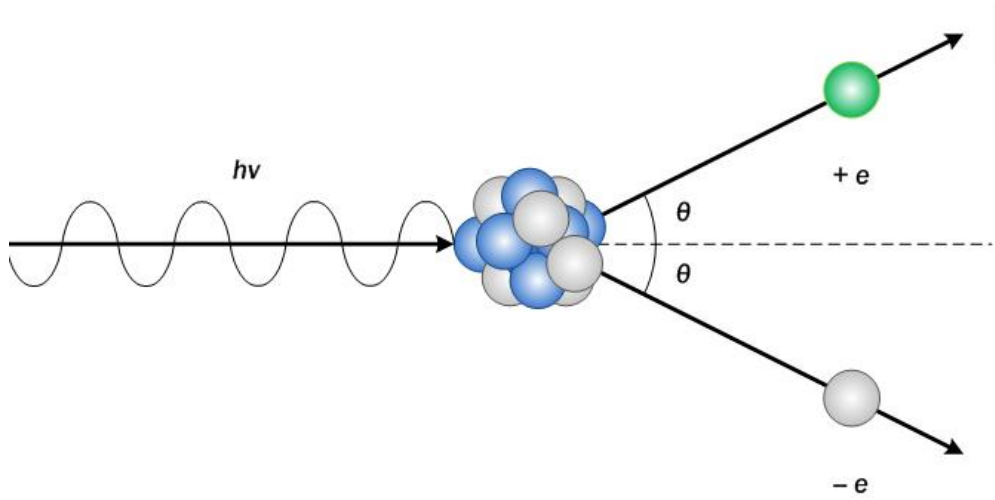


Şekil 1. 2: Compton saçılımı [23].

Compton olayının gerçekleşme olasılığı özellikle gelen fotonun enerjisinin 0.5-1MeV olduğu aralıkta yüksektir ve Compton olayı gerçekleştiği sırada saçılıma uğrayan fotonun dalga boyunda bir farklılık meydana gelecektir. Saçılan fotonun dalga boyu Compton dalga boyu olarak adlandırılmaktadır ve Compton etkileşim katsayısı, gelen fotonun enerjisine ve malzemenin atom numarasına bağlılık göstermektedir [21, 22, 24].

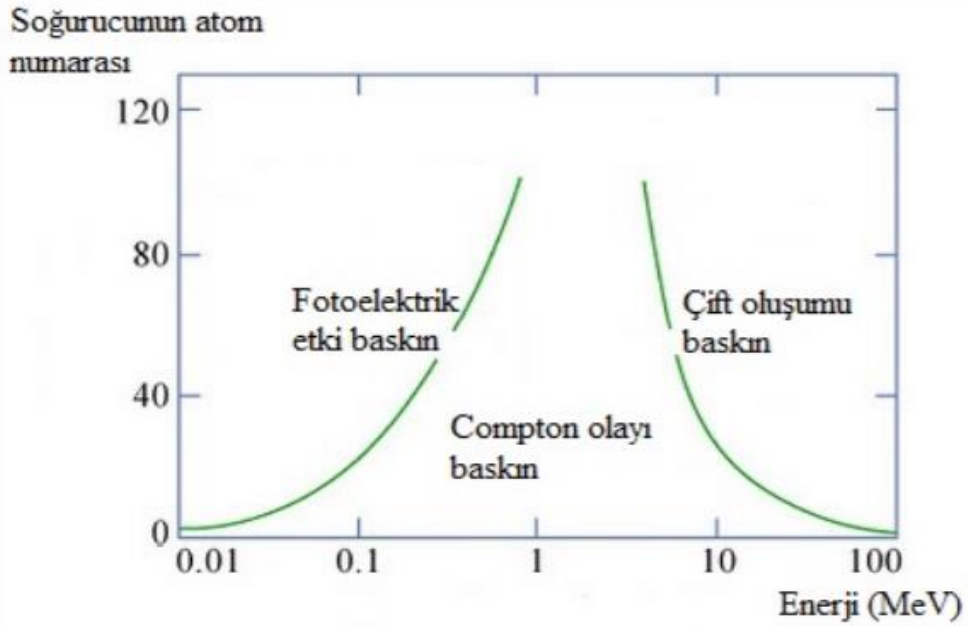
2.1.4.3 Çift Oluşumu

Eğer gelen fotonun enerjisi yeteri kadar fazla ise ve bu foton atom çekirdeğinin çok yakınından geçebilecek enerjiye sahipse, kütlesi olmayan foton çekirdek yakınında çekirdeğin elektromanyetik alanı ile etkileşime girerek aynı anda biri pozitif diğeri negatif olmak üzere iki parçacık meydana gelmesine neden olur. Meydana gelen bu parçacık ikilisinden pozitif yüklü olan pozitron kararlı yapıda değildir ve kısa süre içerisinde bir ortam elektronu ile etkileşime girerek yok olur. Bu olay anihilasyon olarak tanımlanır ve bu yok olma olayı sırasında zıt yönlü 0.511MeV enerji değerine sahip olan iki foton meydana gelmektedir. Gelen fotonun enerjisi 1.022MeV'den daha büyük olduğundan çift oluşumu olayının gerçekleşme olasılığı daha yüksektir. Çift oluşumu olayının etkileşim katsayısı, malzemenin atom numarasına ve fotonun sahip olduğu enerjiye bağlı olup, bu olayın gerçekleşme olasılığı atom numarasının karesi ile doğru orantılıdır [21, 22, 24].



Şekil 1. 3: Çift oluşumu olayı [26].

Fotonun madde ile hangi tür etkileşim mekanizmasını baskın olarak gerçekleştirebileceği enerji bölgeleri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 1. 4: Foton ve madde etkileşim mekanizmalarının enerji bölgelerine göre meydana gelme olasılık dağılımları [27].

2.1.4.4 Koherent Saçılma

Bu etkileşim türü meydana geldiğinde, gelen radyasyonun etkileşim sonrasında dalga boyunda bir değişiklik söz konusu olmayıp yalnızca yönü değişimi gözlenmektedir. Koherent saçılma

Thomson ve Rayleigh saçılımı olmak üzere iki türde meydana gelebilmektedir. Bu türlerden biri olan Thomson saçılımında etkileşim bir elektronla meydana gelirken, diğer tür koherent saçılımı olan Rayleigh saçılımında ise etkileşim atomun tüm elektronları gerçekleşmektedir. Düşük enerjili radyasyon bir atomun elektronları ile etkileşime girdiğinde onları kendi frekansında titreştirmeye başlar ve titreşen elektronlar ivmeli hareket yaptıklarından dolayı radyasyon yayarak atom eski kararlı haline geri dönmektedir. Etkileşmenin bu tipinde iyonizasyon oluşmaz, çünkü bir iyon çiftinin oluşabilmesi için, atoma enerji transferi gerekir. Rayleigh saçılmasında enerji transveri yoktur. Yalnızca gelen radyasyonun yönü değişir [22].

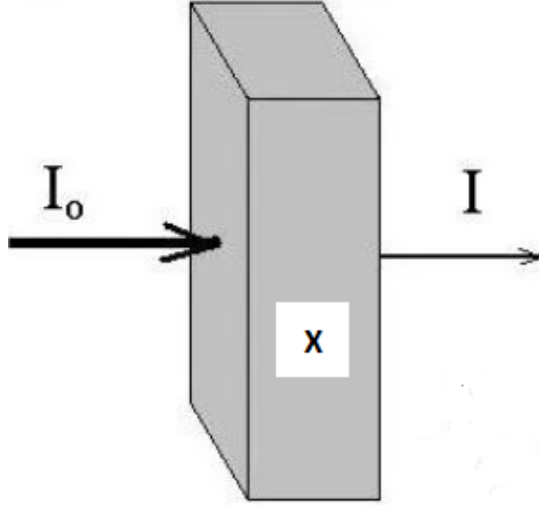
2.1.4.5 Fotonükleer Etkileşim

Fotonun enerjisi yeterince büyükse, foton demetlerinde fotonükleer etkileşim (fotobozunma) de gerçekleşebilen etkileşim türleri arasındadır. Fotonun enerjisi 10MeV'in üzerinde olduğu durumlarda gerçekleşme olasılığı yüksektir ve meydana gelen bu etkileşim atom çekirdeği ile foton arasında oluşmaktadır ve foton çekirdek tarafından soğurulmaktadır. Meydana gelen bu etkileşim bir ya da birden çok nükleonun yayınlanmasına ve nükleer reaksiyonların oluşmasına neden olmaktadır [22].

2.2 RADYASYON ŞİDDETİNDE AZALMA VE SOĞURULMA

Bir foton demetinin soğurucu bir maddesel ortamdan geçtiğinde madde içerisinden geçtikten sonra şiddetinde bir azalma meydana gelir. Madde içerisine nüfuz eden elektromanyetik radyasyonun maddesel ortam tarafından soğurulup, şiddetinin azalması Beer Lambert kanunu olarak tanımlanan çerçevede işler. X ışınları ile gama ışınlarının şiddetinin azaltılması ve sonucunda da durdurulması bu kanunu ile açıklanır [24].

Bu denklemde, malzeme üzerine gelen radyasyon demetinin dar bir demet geometriye sahip olduğu varsayılır (ideal geometri) ve bu durumda geçerliliği söz konusudur. Başka bir deyişle, çevreye saçılan radyasyonun algılanmadığı varsayılır. Denklemde yer alan lineer zayıflatma katsayısı, birim uzunluk başına foton-madde etkileşim olasılığını ifade etmektedir. Dolayısıyla lineer zayıflatma katsayısı, girici radyasyonun nüfuz ettiği maddenin yoğunluğu ile radyasyonun enerjisinin fonksiyonu olarak değişmektedir [24].



Şekil 2. 1: I_0 şiddetine sahip fotonun malzemeden geçtikten sonra I şiddetine düşüşü ve Beer-Lambert kanununun şematik gösterimi [29].

İdeal geometrik şartlarda, radyasyon demetinin şiddetindeki değişim matematiksel olarak, soğurucu kalınlığının fonksiyonu olarak,

$$dI = -\mu \cdot I_0 \cdot dt \quad (2)$$

bağıntısı ile gösterilebilir. Bu ilişki Beer-Lambert kanunu olarak bilinir ve genel diyagramı şekilde gösterilmektedir. Bu ifadedeki, μ ilgilendiğimiz fotonlar için ortamın lineer azaltma katsayısı olarak tanımlanır. Fotonların hepsi aynı enerjiye sahip ise ve fotonlar ideal geometri koşulları altında azalıyorsa, Δx kalınlığındaki bir soğurucuyu geçen fotonların şiddeti I için yeniden düzenlediğimizde,

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot t} \quad (3)$$

ifadesini elde ederiz.

Lineer azaltma katsayısı, soğurucu ortamda birim uzunluk başına etkileşme olasılığıdır. Foton soğurulması için bu üstel bağıntı; teorik olarak bir foton demetinin tam soğurulmasının asla gerçekleşmeyeceğini öne sürer. Ancak pratik anlamda üstel azaltma veya soğurma, demet şiddetini algılanamaz düzeylere getirmek için kullanılabilir [24].

2.3 MALZEMELERİN ZIRHLAMA PARAMETRELERİ

2.3.1 Kütle Zayıflatma Katsayısı

Bir fotonun madde tarafından absorbe edilmesinin bir ölçüsü olarak maddelerin doğrusal zayıflatma katsayılarına bakılır. Doğrusal zayıflatma katsayısı, bir fotonun birim uzunluk başına herhangi bir etkileşim geçirme olasılığını vermektedir ve bu katsayı; fotoelektrik olay, Compton saçılımı, çift oluşumu olaylarının gerçekleşme olasılıklarının toplamını ifade etmektedir. Maddelerin radyasyona karşı zırhlanmalarının bir ölçüsü olan zayıflatma katsayısı, radyasyondan etkin bir biçimde korunabilmek için pek çok malzemede araştırılması gereken bir niceliktir [28].

Bir ışın, hedef maddenin içinden geçerken madde tarafından absorbe olacağından, şiddetinde azalma meydana geleceği açıktır ve gelen ışın şiddetinde meydana gelen bu azalma, gelen ışının şiddeti ve ışının geçtiği maddenin kalınlığıyla orantılıdır. Lineer zayıflatma katsayısı; birim yüzeydeki enerjinin birim kalınlıkta zayıflatılma oranıdır. Gelen ışının enerjisine, içinden geçtiği hedef maddenin kalınlığına, hedef maddenin atom numarasına ve yoğunluğuna bağlıdır. Lineer zayıflatma katsayısının, maddenin özgül ağırlığına bölünmesi ile kütle zayıflatma katsayısı hesaplanmaktadır. Kütle zayıflatma katsayısı, birim kütle başına gelen ışının zayıflama oranını vermektedir [28, 29].

Lineer zayıflatma katsayısı,

$$\mu = \frac{\ln[I/I_0]}{t} \quad (4)$$

olarak ifade edilmekte olup, kütle zayıflatma katsayısı ise,

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (5)$$

olarak ifade edilmektedir.

Fotonun madde ile etkileşim biçimlerinden fotoelektrik, Compton ve çift oluşumu olayları sırasıyla τ , σ ve κ sembolleriyle temsil edilen birer kısmi zayıflatma katsayısı verir ve toplam zayıflatma katsayısı μ bu üç etkileşimin her birisinden gelen zayıflatma katsayılarının toplamına eşittir [29].

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa \quad (6)$$

Gelen radyasyonun şiddetindeki azalmaya radyasyonun zayıflatılması, etkileştiği maddede terk edilen enerjiye ise soğurulma adı verilir.

Zayıflatma katsayısı, her soğurucu malzemeye ait bir sabittir. Doğrusal zayıflatma katsayısı, dokuyu geçen radyasyon demetinden birim mesafede eksilen fotonu temsil eder. Doğrusal zayıflatma, dokunun (maddenin) atom numarası ve fiziksel yoğunluğu arttıkça artar. Doğrusal zayıflatma katsayısının , soğurucunun özgül ağırlığına bölümü ile kütle zayıflatma katsayısı elde edilir. Özgül ağırlık, bir cismin 1 cm³ hacmindeki parçasının ağırlığıdır [28, 29].

2.3.2 Etkin Atom Numarası (Z_{eff})

Bir madde hakkında bilgi sahibi olmak için madde üzerine gönderilen ışık ile maddenin etkileşim mekanizması incelenerek maddenin yapısı hakkında fikir sahibi olunmaktadır. Işığın madde ile etkileşimi ile direkt ilişkili olan fiziksel bir parametredir. Etkin atom numarasının belirlenmesi ile maddeye ait spesifik özellikler elde edilebilmektedir. Bu parametre, elektromanyetik radyasyon madde ile etkileşime girdiğinde gerçekleşecek etkileşim mekanizmaları hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar. Herhangi bir etkileşim mekanizmasının gerçekleşme ihtimali, o etkileşimin tesir kesiti olarak tanımlanır. Madde ile etkileşime geçen fotonun enerjisine bağlı olarak değişen bu parametre, aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir. [30].

$$Z_{eff} = \frac{\sum_i f_i A_i (\mu_{\rho})_i}{\sum_j f_j \frac{A_j}{Z_j} (\mu_{\rho})_j} \quad (7)$$

2.3.3 Etkin Elektron Yoğunluğu (N_{eff})

Birim kütle başına düşen elektron sayısı olarak tanımlanan etkin elektron yoğunluğunun (N_{eff}), etkin atom numarasının elektron yoğunluğu ile arasında doğrusal bir ilişki vardır. Foton zırlamasında önemli rolü olan elektronlar karışım olan malzemeler içerisinde bir çok yörüngelerde bulunmaktadır. Malzemenin kütlesi başına düşen elektronları nitelemektedir. Etkin atom numarasının, elektron yoğunluğuyla arasında doğrusal bir ilişki vardır ve aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir [30, 31].

$$N_{eff} = N_A \frac{Z_{eff}}{A_{eff}} \text{ (elektron/g)} \quad (8)$$

Yukarıdaki bağıntıda N_A Avogadro sayısını, Z_{eff} etkin atom sayısını ve A_{eff} etkin atom ağırlığını göstermektedir.

2.3.4 Yarı Değer ve Onda Değer Kalınlığı

Bir hedeften geçen radyasyon şiddetinin, hedefe gelen radyasyon şiddetinin yarısına düşürülebilmesi için gereken malzeme kalınlığıdır. HVL, bir foton demetinin yoğunluğunu belirli miktarda düşüren madde kalınlığı şeklinde tanımlanabilir. Malzemelerin zırhlama özelliklerinin belirlenebilmesinde HVL ve TVL parametrelerinin belirlenmesi önem taşımaktadır ve gelen radyasyonun malzemeyle etkileşerek başlangıçtaki şiddetini yarıya düşüren uygun malzeme kalınlığı olarak tanımlanan HVL ile gelen radyasyon şiddetinin onda biri değerine düşmesini sağlayan malzeme derinliği olarak tanımlanan TVL değerleri aşağıdaki bağıntılar ile ifade edilmektedir [33].

$$HVL = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (9)$$

$$TVL = \frac{\ln 10}{\mu} \quad (10)$$

2.3.5 Ortalama Serbest Yol

Ortalama serbest yol, bir parçacığın diğer parçacıklar ile olası çarpışmalarından önce katettiği mesafedir ve

$$mfp = \frac{1}{\mu} \quad (11)$$

şeklinde tarif edilmektedir [33].

Gelen radyasyonun malzeme içerisinde gerçekleştireceği temel etkileşimlere bağlı olarak malzeme içerisinde geçen fotonun gerçekleştireceği iki etkileşim arasında ortalama olarak ne kadar yol kat ettiğini tarif etmektedir [33].

2.3.6 Foton Geçirgenlik Faktörü

Transmisyon faktörü, gama ışınlarının veya nötronların malzemeye nüfuz edip, malzemenin içindeki bir mesafeyi katetme kabiliyetini temsil eder. Bu parametre gerekli koruma kalınlığını belirlemek için malzemedan geçirilerek kaynaktan gelen radyasyon ölçülerek belirlenebilir.

Transmisyon faktörü, seçilen kalınlığa bağlı olarak Beer-Lambert yasasından yararlanarak I/I_0 oranından malzemenin kalınlığına bağlı olarak elde edilmektedir. Kaynaktan çıkan fotonları demet olarak bir akı halinde maddeyle etkileşiminden arda kalan fotonların akı sayımını vererek azaltma oranı ortaya çıkmaktadır [34].

2.3.7 Yığılma Faktörü

Yığılma faktörü, bir ortamdan radyasyon geçişi sırasında belirli bir konumdaki radyasyon miktarının, bu konumla etkileşime girmeden gelen radyasyon miktarına oranı olarak tanımlanabilir. Etkileşim derinliğinin, yani ortalama serbest yolun onksiyonu olarak ifade edilmektedir. Bu faktör, radyasyon zırhlama tasarımlarında kullanışlı bir parametre olup zırhlama ve radyasyon ölçümü çalışmalarında belirleyici bir niceliktir. Saçılmış fotonların katkısını içerecek şekilde, çarpışma yapmamış fotonlara etkiyen bir çarpım faktörü olarak da tanımlanabilmektedir. Bu faktör, ortalamda herhangi bir ortamda herhangi bir noktada belirli bir radyasyon miktarının toplamının çarpışma yapmaksızın aynı noktaya ulaşan radyasyon miktarının toplamının, çarpışma yapmaksızın aynı noktaya ulaşan radyasyona katkısının oranıdır [35, 36].

Buildup faktörü EBF (Exposure Buildup Faktörü (Maruz Kalma Buildup Faktörü)) ve EABF (Energy Absorption Buildup Factor (Enerji Soğurma Buildup Faktörü)) olmak üzere iki türdür. EBF havada gerçekleşen soğurulma veya depolanan enerjinin miktarı ile ilgili bir parametredir ve bu parametre kaynak ile detektör arasında bulunan hava ortamında meydana gelebilecek etkileşimin ölçüsünü belirlemektedir. EABF (Enerji Soğurma Buildup Faktörü) ise farklı maddelerde radyasyonun etkileştiği maddede soğurulan enerjinin miktarı ile ilgili bir parametredir [35, 36].

2.4 ZIRHLAMA AMAÇLI KULLANILAN MALZEMELER

Radyasyonu sönmüleyebilen malzemeler sahip oldukları bazı özellikler sebebi ile öne çıkmaktadır. Bir başka deyişle, radyasyon zırhlaması açısından etkin ve kullanımı yaygınlaşmış malzemeler radyasyon zırh malzemesi olarak nitelenmektedir. Bu anlamda kurşun, demir, tungsten, grafit, beton, bor gibi malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir malzemenin radyasyon zırhlama malzemesi olarak seçiminde pek çok karakteristik özellik ve parametre etkindir [37].

Geleneksel radyasyon zırhlama malzemesi olarak nitelendirilen kurşunun radyasyona karşı gösterdiği önemli düzeydeki dirence karşılık hayati düzeyde dezavantajları da bünyesinde barındırmaktadır. Bu anlamda, 27 Ocak 2003 tarihinde AB (Avrupa Birliği) tarafından oluşturulan “Restriction of Hazardous Substances Directive (Belirli Zararlı Maddelerin Kullanımını Kısıtlama) Direktifi” yayınlanmıştır ve bu direktifte kurşun ve kurşun içeren bileşelerin insan sağlığına zararlı maddelerin kullanımının yasaklanması belirtilmektedir. Dolayısıyla da kurşunun yer almadığı malzeme arayışları hayati bir gereksinim taşımaktadır [37, 38].

2.5 YENİ NESİL CAM MALZEMELER

2.5.1 Katkılı Camlar

Hastanelerde, nükleer tesislerde ve diğer radyasyon yayan cihazların kullanıldığı her yerde cam bölmeler bir gereksinimdir ve bu camların da radyasyona karşı zırhlayıcı bir özelliğe sahip olması oldukça önem taşıyan bir konudur. Günümüzde radyasyonu zırhlama amacı ile kullanılan camlar, kurşunun radyasyonu maksimum düzeyde absorbe etme özelliğinden dolayı genellikle kurşun katkılıdır. Ağır metal sınıfında yer alan kurşunun radyasyonuna karşı sağladığı direncin kaynağı da sahip olduğu bu ağırlıktan kaynaklanmaktadır [39].

Ağır metal katkılanarak oluşturulan camların yanı sıra kurşundan daha hafif olan ağır metallerin katkılı olduğu camların kullanımı da söz konusudur. Bu camlar kurşun kompozit malzemeler olarak tarif edilir ve hafif ağır metaller ile kurşunun karışımı sonucunda elde edilen malzeme grubunu temsil etmektedirler. Kurşundan daha hafif olmalarına rağmen, kompozit malzemeler de ağır metaller katkılanarak ve kurşun ile karıştırılarak elde edildiklerinden radyasyona karşı yeterli bir koruma sağlamaktadırlar. Kurşun gibi ağır bir metal içeren camlar toksik malzemeler olup, transparanlıkları istenilen düzeyde elde edilememektedir. Kurşunlu camların yerini alabilecek, çevreye ve insanlara zararı olmayan, kurşunlu camdan daha transparan olan camların geliştirilmesinin yaşam kalitemizi olumlu yönde etkileyen bir gelişim olacaktır [39].

2.5.2 Kurşun Oksit Katkılı Camlara Alternatif Olabilecek Katkılı Camlar

Sahip olduğu fiziksel özelliklerden dolayı radyasyonu en etkili sönümleyebilen ortam olması sebebi ile yayın kullanıma sahip olan kurşunun zararlı etkileri de göz önünde

bulundurulduğunda, kurşunlu cama eş değer düzeyde radyasyon zırhlama özelliğine sahip olan kurşunsuz cam malzeme tasarımlarının önemi daha net bir biçimde anlaşılmaktadır.

Kurşun ile aynı seviyede radyasyon koruması sağlayan çeşitli kompozit malzemelerin özel karışımlarını kullanan, tamamen kurşunsuz malzeme gruplarının avantajları; tipik olarak daha hafif olmaları, dolayısıyla giyilmelerinin daha rahat olmasından dolayı iskelet ve kas sistemi için tehdit oluşturmamaları, buna ek olarak kurşun içermediklerinden toksik etkilerinin bulunmaması ve dolayısıyla da sürdürülebilir kullanıma sahip olmaları en önemli avantajları arasında yer almaktadır [40, 41].

Bu anlamda bu çalışmanın kapsamında da, standartları ve türleri ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından belirlenmiş zırhlama malzemelerinin radyasyon zırhlamasında gösterdiği özelliklerin, farklı türde kimyasal katkılar yapılarak ve gerek maliyet, gerekse malzeme özellikleri açısından daha avantajlı olabilecek alternatif zırhalama malzemelerinin tasarımı amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Monte Carlo metodu ile tasarımı gerçekleştirilecek malzeme grubunun analizi gerçekleştirilecektir. Çalışma sonucunda elde edilecek malzemelerin özellikleri, bilimsel literatürde de önemli bir yere sahip olan zırhalama malzemelerinin optimizasyonu konusunda literatüre katkı sağlayacaktır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 MONTE CARLO SİMÜLASYON METODU

Monte Carlo metodu, olasılık teorisi üzerine kuruludur ve tanımlanan tüm olayların gerçekleşme olasılıklarını veren bir yöntemdir. İstatistiksel olarak bir deneyi (tanımlanan bir olayı) defalarca tekrar edip, simüle etmemize olanak sağlar ve tanımlanan olaya ait tüm olasılıkları sunar. Monte Carlo Simülasyon metodu ile tercih edilen kararlara göre mümkün olan bütün çıktıları olasılıksal olarak verir. Bu sayede deney ile ilgili alınan kararlara ait risklerin değerlendirilebilmesi mümkündür [42].

Monte Carlo metodu ilk olarak Los Alamos laboratuvarlarında geliştirilmiştir. Monte Carlo metodu, çok zaman alan, yüksek maliyetli, pratik olmayan deneylerin gerçekleştirilebilmesine olanak sağlaması için geliştirilmiş ve bu tür problemler için kullanışlı bilimsel bir araç olmuştur. Monte Carlo simülasyon metodu, bir olaya ait tanımlanan tüm girdilerin olasılıksal olarak nasıl bir dağılıma sahip olabileceğini göstererek, ilgili girdilere göre elde edilecek çıktının nasıl bir dağılım göstereceğinin bulunması prensibiyle çalışan bir metottur. Simülasyon işlemi sırasında girdiler rastgele belirlenen bir olasılık dağılımı ile örneklenir. Defalarca tekrarı gerçekleşen simülasyon işlemi sonucunda ilgili deneye ait tüm olasılıksal veriler elde edilir [42].

Tanımlaması yapılan deneye dair tüm senaryoların elde edilebildiği Monte Carlo simülasyon metodu, esnek bir çözüm yöntemi olması, başka bir yöntemde incelenmesi olanaksız olan koşulların rahatlıkla modellenebilir olması, modellenen sistemi değiştirmeden yeni fikirlerin model üzerinde uygulanabilmesine olanak sağlaması, problemlerin aşama aşama incelenmesine olanak tanınması ve klasik çözüm yöntemlerinin kullanılmadığı büyük karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkili olması, kullanıcıya istediği zaman simülasyonu durdurup başlatabilme olanağı sağladığından, deney koşulları üzerinde tam bir kontrol şansı sunması, yeni bir sistemi kurmadan veya işletme evresini test etmeden önce bilgisayarda sistemi modelleyerek, sistem ilk çalıştırıldığında karşılaşılabilecek birçok olumsuzluğu önceden görülebilmeye yardımcı olması, sonuçları ancak aylar, yıllar sonra alınabilecek bir deneyin sonuçlarının simülasyon yöntemi ile çok kısa bir sürede analizini yapabilmemizi sağlaması açısından oldukça fazla avantajlı yönleri sahiptir ve çalışmamızın yöntemini oluşturmaktadır.

3.2 MONTE CARLO N-PARÇACIKLI RADYASYON TAŞINIM KODU (MCNP)

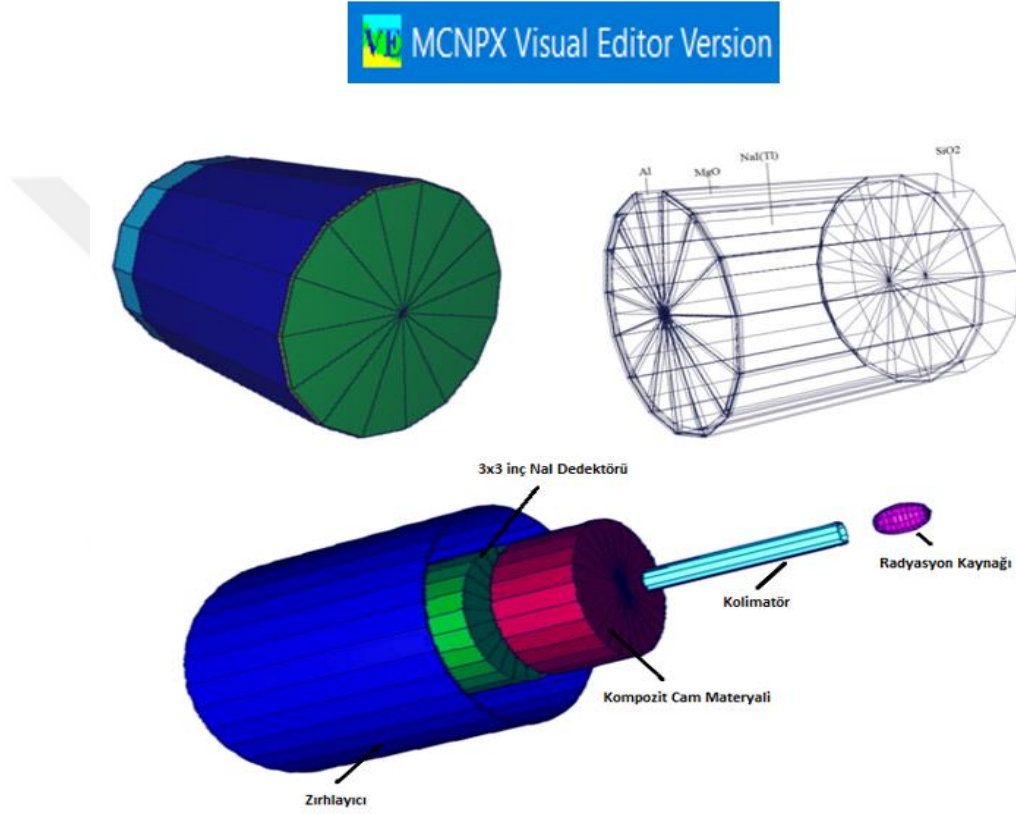
Çözümü analitik açıdan mümkün olmayan fiziksel problemlere rastgele sayılar ile olasılıksal bir temel çerçevesinde sayısal çözümler sunan Monte Carlo simülasyon metodunun uygulama alanlarından biri de radyasyon taşınım problemleridir. Radyasyonun madde içerisinde taşınımı problemi radyasyonun madde ile etkileşiminin de olasılıksal bir doğaya sahip olduğundan rastgele özelliktedir. Radyasyon madde etkileşimleri incelendiğinde etkileşimler sonucunda yayınlanan parçacıkların türü, hangi açılarda saçılacakları, enerji aralıkları gibi fiziksel parametrelerde olasılık dağılım fonksiyonları esastır. Bu nedenle de radyasyon taşınım problemlerinde olasılık temeline dayanan Monte Carlo simülasyon metodu oldukça başarılı bir yöntemdir [42, 43].

Bir radyasyon kaynağından yayınlanan herhangi bir parçacığın özelliklerinin neler olduğu, madde ile gerçekleştireceği etkileşimlerin belirli olasılıksal dağılımlara sahip olduğu varsayımı ile hareket eden Monte Carlo metodu, maddesel bir ortama giren her parçacığın yollarını takip eder. İzleri takip edilen her bir parçacık için tüm olasılıklar kaydedilir. Radyasyon kaynağından çıkan ışınlar madde ile etkileştiğinde enerjilerinde ve doğrultularında değişimler gerçekleşir, bu nedenle herhangi bir maddesel ortamdaki parçacık taşınımının analitik çözüme ulaştırılabileceği bir fonksiyon oluşturmak oldukça zor ve karmaşıktır. Bu sebeple radyasyon kaynağını, etkileşeceği maddeleri ve sayısal ölçümlerin alınacağı dedektörleri bilgisayar ortamında simüle edebilmek için Monte Carlo N-Parçacıklı Simülasyon Metodu (MCNP) kodu ile tanımlamalar yapılır. MCNP kodu ile radyasyon taşınımı problemini bilgisayar ortamında simüle edebilmek için input verilerini temel olarak üç grup altında topalayabiliriz; hücre, yüzey ve dedektör tanımlamaları. Bu tanımlamaları bilgisayar ortamına aktarabilmek için öncelikle boş bir uzay tanımlaması yapılır ve ardından da bu boş uzayda hücre, yüzey ve veri analizi için dedektör tanımını içeren kodlarla deney düzeneği oluşturularak simülasyon için gerekli bilgilerin tanımlaması yapılır [42, 43].

3.2.1 MCNP Kodu ile Geometri Tanımlamaları

Monte Carlo N-Parçacıklı Simülasyon kodu (MCNP), parçacık ve fotonların bir yerden bir yere taşınımını konu edinir ve bu taşınımı analiz ederek, gerçekleştirebilecek olasılıkların çıktısını verir. Monte Carlo N-Parçacıklı Simülasyon Metodu (MCNP) kodu ile foton, elektron ve nötronların zamana bağlı olarak uzayın bir noktasından farklı bir noktasına enerji taşınımını

problemlerine 3 boyutlu geometride çözüm sağlanamaktadır [44]. Los Alamos laboratuvarlarında geliştirilen MCNP kodu, 1000 satır C ve 40000 satır fortran dilinde kodlayıcı içermektedir. Malzemelerin üç boyutlu konfigürasyonlarının tanımlanması hücre ve yüzey bilgilerini içeren MCNP kodlamaları ile simülasyon programına tanımlanmaktadır ve geometrik kodların kontrolünün sağlanabileceği 3 boyutlu çizim programı ile de desteklenmektedir (MCNPX Visual Editor Version X_22S-2) [42, 44].

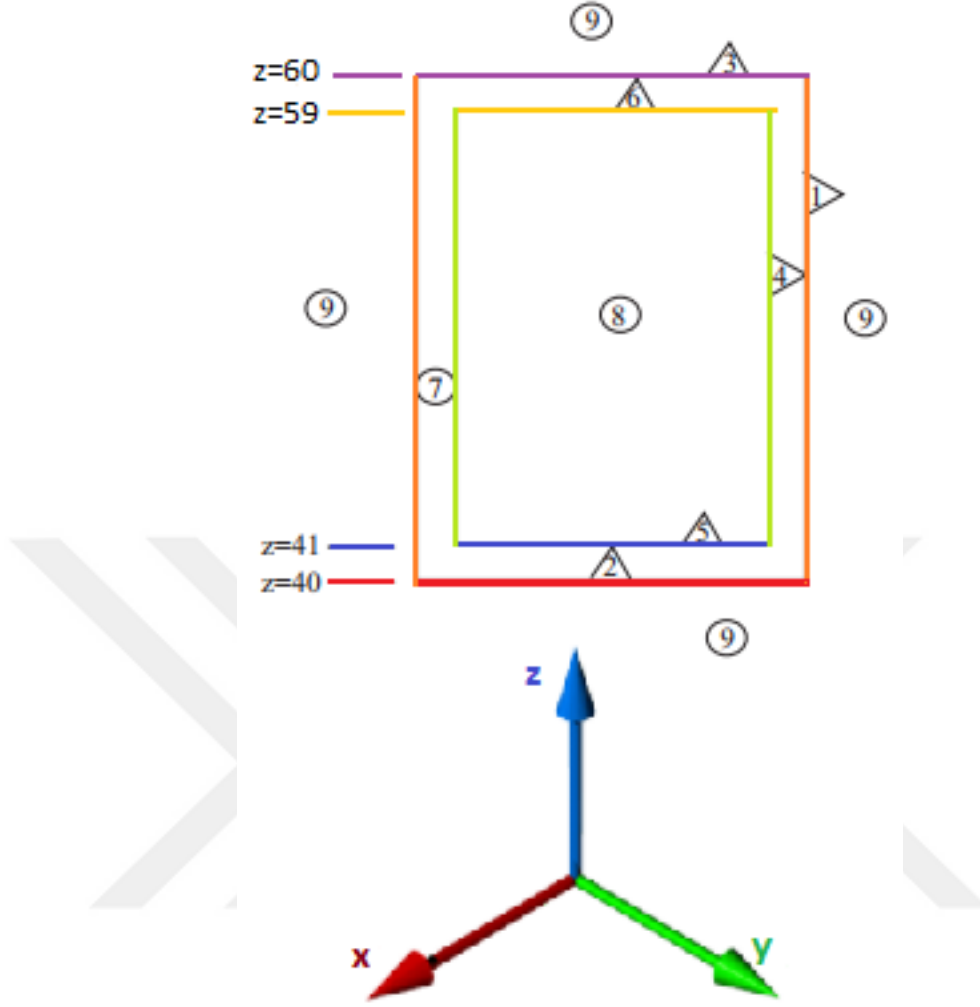


Şekil 3. 1: MCNPX Visual Editor Version programı ile çizilen deney düzeneğine ait bileşenlerin 3 boyutlu görselleri [MCNPX Visual Editor Version X_22S-2].

MCNP kodu ile ilgili deney düzeneğinin simülasyonu için geometri tanımlamaları yapılırken öncelikle boş bir uzay tanımlaması yapılır ve deney düzeneğinde bulunan her bir parçanın tüm yüzeyleri bu boş uzaya kodlanarak tanımlanır. MCNP kodu ile yüzey kartına yapılacak geometri tanımlamaları için her bir yüzeye ait kodları Tablo 3.1’de gösterilen kodlamalar ile yapılmaktadır. Kartezyen koordinat sistemine göre tanımlamaları yapılan geometri bilgisi hücre ve yüzeylerin kodlamaları ile programa tanımlanır. Geometrik tanımlamalarına yönelik temel bir gösterim Şekil 3.1’de gösterilmektedir. MCNP kodunda tanımlanan deney düzeneğinin 2 boyutlu görseli Şekik 3.2’de gösterilmektedir [44].

Tablo 3. 1: MCNP yüzey kart tanımlamaları [44].

İnput Kodu	Yüzey Türü	Tanım	Denklem	Kart İnput
P PX PY PZ	Düzlem	Genel x-eksenine dik y-eksenine dik z-eksenine dik	$Ax + By + Cz - D = 0$ $x - D = 0$ $y - D = 0$ $z - D = 0$	$A \ B \ C \ D$ D D D
SO S SX SY SZ	Küre	Orijinde merkezlenmiş Genel x-ekseninde merkezlenmiş y-ekseninde merkezlenmiş z-ekseninde merkezlenmiş	$x^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0$ $(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$ $(x - \bar{x})^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0$ $x^2 + (y - \bar{y})^2 + z^2 - R^2 = 0$ $x^2 + y^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$	R $\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ R$ $\bar{x} \ R$ $\bar{y} \ R$ $\bar{z} \ R$
C/X C/Y C/Z CX CY CZ	Silindir	x-eksenine paralel y-eksenine paralel z-eksenine paralel x-ekseninde y-ekseninde z-ekseninde	$(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$ $(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$ $(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 - R^2 = 0$ $y^2 + z^2 - R^2 = 0$ $x^2 + z^2 - R^2 = 0$ $x^2 + y^2 - R^2 = 0$	$\bar{y} \ \bar{z} \ R$ $\bar{x} \ \bar{z} \ R$ $\bar{x} \ \bar{y} \ R$ R R R
K/X K/Y K/Z KX KY KZ	Koni	x-eksenine paralel y-eksenine paralel z-eksenine paralel x-ekseninde y-ekseninde z-ekseninde	$\sqrt{(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2} - t(x - \bar{x}) = 0$ $\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2} - t(y - \bar{y}) = 0$ $\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} - t(z - \bar{z}) = 0$ $\sqrt{y^2 + z^2} - t(x - \bar{x}) = 0$ $\sqrt{x^2 + z^2} - t(y - \bar{y}) = 0$ $\sqrt{x^2 + y^2} - t(z - \bar{z}) = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$ $\bar{x} \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$ $\bar{x} \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$ $\bar{x} \ t^2 \pm 1$ $\bar{y} \ t^2 \pm 1$ $\bar{z} \ t^2 \pm 1$
SQ	Elipsoid Hiperbolik Parabolik	Eksenler; x, y ve z eksenlerine paralel	$A(x - \bar{x})^2 + B(y - \bar{y})^2 + C(z - \bar{z})^2$ $+ 2D(x - \bar{x}) + 2E(y - \bar{y})$ $+ 2F(z - \bar{z}) + G = 0$	$A \ B \ C \ D \ E$ $F \ G \ \bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z}$
GQ	Silindir, Koni Elipsoid Parabolik Hiperbolik	Eksenler; x,y ve z eksenlerine paralel değildir	$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz$ $+ Fzx + Gz + Hy + Jz + K = 0$	$A \ B \ C \ D \ E$ $F \ G \ H \ J \ K$
TX TY TZ	Eliptik veya daireSEL halka. Eksenler; x,y- veya z- eksenlerin e paralel	$(x - \bar{x})^2 / B^2 + (\sqrt{(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2} - A)^2 / C^2 - 1 = 0$ $(y - \bar{y})^2 / B^2 + (\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2} - A)^2 / C^2 - 1 = 0$ $(z - \bar{z})^2 / B^2 + (\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} - A)^2 / C^2 - 1 = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ A \ B \ C$ $\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ A \ B \ C$ $\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ A \ B \ C$	
XYZP	Yüzeyler, noktalar ile tanımlanır.			

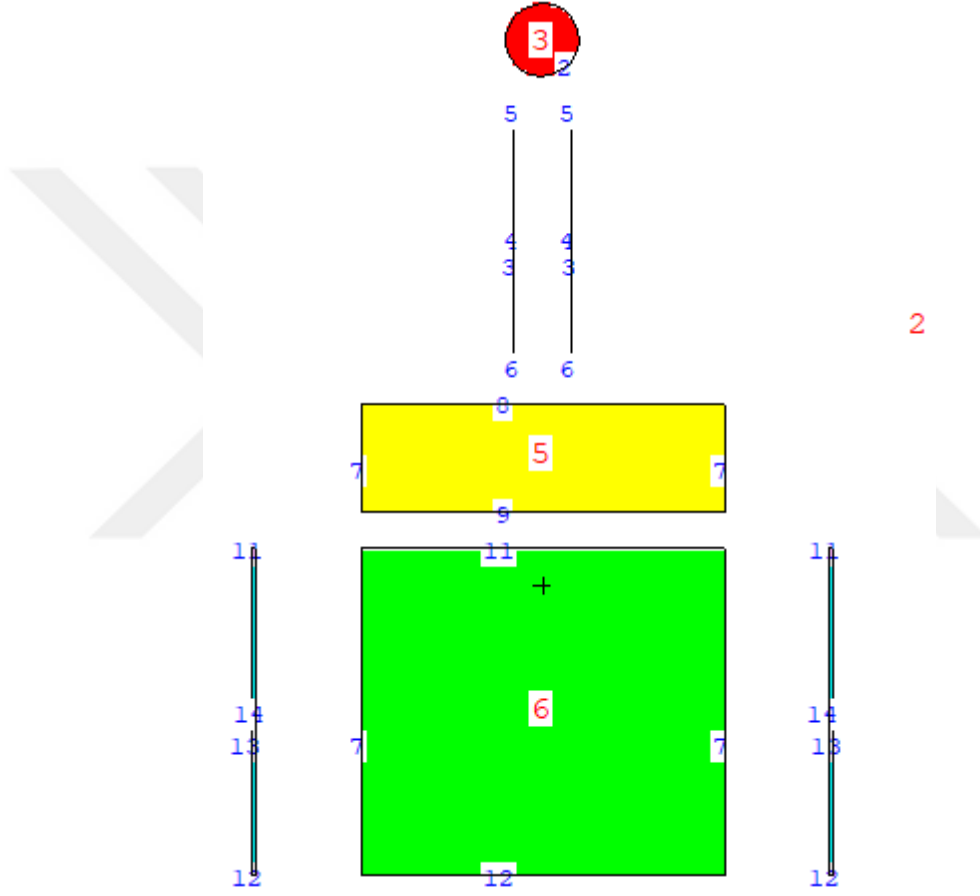


Şekil 3. 2: 3-boyutlu kartezyen koordinat sistemini kullanan MCNP kodunda hücre ve yüzey gösterimleri [44].

Hücre tanımlamaları daire içerisine alınan numaralar aracılığıyla, yüzeyler ise üçgen içerisindeki numaralar ile gösterilmektedir. Örneğin 9. Hücre içerisinde dikdörtgen bir nesne tanımlaması yapılmıştır ve bu nesnenin sahip olduğu yüzeyler tek tek 3-boyutlu kartezyen koordinat sistemine göre konumları kodlanmaktadır. Görseldeki 2. Yüzey 9. Hücrenin içinde fakat 8. Hücrenin dışında konumlandırılmıştır. Bu şekilde tüm hücre ve yüzey kodlamaları yapılarak simülasyon programına deneye ait tüm veriler aktarılmaktadır [44, 45].

Rafyasyon taşınımına ait tasarlanan deney düzeneğimizin tüm hücre ve yüzey bilgilerinin gösterildiği 2-boyutlu göreseli Şekil 3.2'deki gibidir. Boş uzay olarak tanımladığımız 1. hücre içerisine sınırlarını belirlediğimiz bir boşluk ortamı olan 2. hücre tanımlanmıştır. 3. hücre deney sırasında kullanılacak radyasyon kaynağına yönelik kodların yer aldığı hücreyi, 4. Hücre

dedektörü çevreleyen zırhlayıcı malzeme yüzeyinin ve hangi materyalden oluştuğuna yönelik kodların yer aldığı hücreyi, 5. hücre tasarlanan kompozit cam yapısına dair kodları içeren hücreyi ve 6. hücre de dedektör tanımlamalarını içeren kodların yer aldığı hücreyi göstermektedir. Hücre kartına yapılan bu tanımlamaların ardında bu hücreler içerisinde hangi yüzeylerin, hangi şekillerde konumlandıklarına dair yüzey kodlamaları Tablo 3.1'deki kodlamalar ile yazılmaktadır [44, 45].



Şekil 3. 3: MCNP kodu ile kodlanan hücre ve yüzeylerin Visual Editor Version çizim programında 2-boyutlu gösterimi [MCNPX Visual Editor Version X_22S-2].

3.2.2 MCNP Dosya Yapısı

MCNP input dosyasının yapısı, simülasyonu gerçekleştirilecek deneye dair tüm geometrilere ait bilgilerin kodlanması, deneyde kullanılacak tüm malzemelerin özellikleri ve bu özelliklerine dair kodlamalarını, kullanılacak radyasyon kaynağının yapısını, sayımı gerçekleştirecek dedektör sistemlerinin seçimine dair kodlamaları ve radyasyonun bir ortamdan diğerine

taşımasına dair özellikleri ile ilgili tüm bilgileri içerecek şekilde kodlardan oluşmaktadır. Şekil 3.3’de bir input dosyasının yapısı gösterilmektedir ve bu yapı içerisinde hücre, yüzey ve data kartlarını bulunmaktadır. Dosyada yer alan her bir satıra 80 sütunluk kod yazılımı gerçekleştirilebilmektedir. MCNP input dosya yapısının algıladığı birim sistemleri de, uzunluk birimi cm, enerji birimi MeV, atomik ve kütle yoğunluğu g/cm^3 şeklindedir [44, 45]. Şekil 3.3 bir MCNP input dosyasının ana yapısını gösterilmektedir.

Mesaj Bloğu +
Sınırlayıcı Boşluk Kartı {opsiyonel}
 Tek Satır Problem Başlık Kartı
 Hücre Kartı [Blok 1]
Sınırlayıcı Boşluk Kartı
 Yüzey Kartı [Blok 2]
Sınırlayıcı Boşluk Kartı
 Data Kartı [Blok 3]
Sınırlayıcı Boşluk Kartı {opsiyonel}

Şekil 3. 4: MCNP input dosya yapısı [44].

Hücre ve yüzey kartlarının ilgililenen deneye ait kodlamalarının yer aldığı input dosyasının yapısı Şekil 3.4’de gösterildiği gibidir.

c cell transmission	1 so 100
1 0 1 imp:p 0	2 cz 10
2 0 -1 #3 #4 #5 #6 imp:p 1	3 pz 20
3 0 -3 4 -2 imp:p 1	4 pz 19.5
4 1 -3.824 -5 6 -2 imp:p 1	5 pz 6
5 0 -7 8 -2 imp:p 1	6 pz 3.5
6 0 -9 imp:p 1	7 pz -10
	8 pz -10.5
	9 sz -25 1

(a)

(b)

Şekil 3. 5: MCNP (a) hücre ve (b) yüzey kartlarının yapısı.

Monte Carlo N-Parçacıklı (MCNP) Simülasyon Metodu ile gerçekleştirilen hesaplamaların sonuçlarını elde ettiğimiz veri sayım kartı olan “tally” tanımlamaları MCNP kodunda

tanımlanarak yanıtı alınmak istenen duruma göre kodlamaları yapılmaktadır. Programın data kart olarak adlandırılan bölümü, ilgilenilen deneyde hangi parçacık türünün veya fotonun taşınımının önemli olduğunu, hangi kaynak ile çalışıldığını, hangi materyalleri içerdiğini ve veri sayımının yapılacağı dedeksiyon türünün tanımlamasının yapıldığı tally seçiminin kodlarını içeren bir bloktur [44, 45]. Kullanılan kaynak ve tally tanımlamalarına yönelik kodlamaların yer aldığı dosya yapısı Şekil 3.5’de gösterilmektedir.

```
mode p
sdef pos=0 0 -25 erg=0.120 par=2 cell=6
f4:p 3
f14:p 5
m1 5000 -0.02174 &
8000 -0.40547 &
14000 -0.23372 &
25000 -0.29429 &
56000 -0.04478
ctme 30
```

Şekil 3. 6: MCNP data kart yapısı.

Kullanılacak tally türüne göre MCNP kod tanımları Tablo 3.2’de yer almaktadır. MCNP kodu ile simülasyonu gerçekleştirilecek deneyin sonuçlarının istenilen parametrelerde elde edilebilmesi için MCNP kod tanımlamalarında tally tanımları yapılması gerekmektedir. Tablo 3.2’de modellenen deney düzeneğine ait istenen şekilde yüzey akımlarının veya bir hücrede veya herhangi bir alandaki enerji birikimlerinin ölçümünün yapılmasını sağlayan tally tanımlamaları bulunmaktadır. MCNP data kartına yapılacak olan tanımlamalarda, ölçümü gerçekleştirilecek yüzey veya hücre akımları veya hücrelerde enerji birikimlerinin ölçümü için uygun tally türü ve hangi parçacık kaynağından çıkan enerjinin önemli olduğu bilgisinin de data kartına tanımlanması gerekmektedir. Hangi parçacık türünün veya fotonun taşınımının önemli olduğunu, [44, 45].

Tablo 3. 2: MCNP kod tanımlamalarında yer alan Tally tanımlamalarına yönelik gösterimler [44].

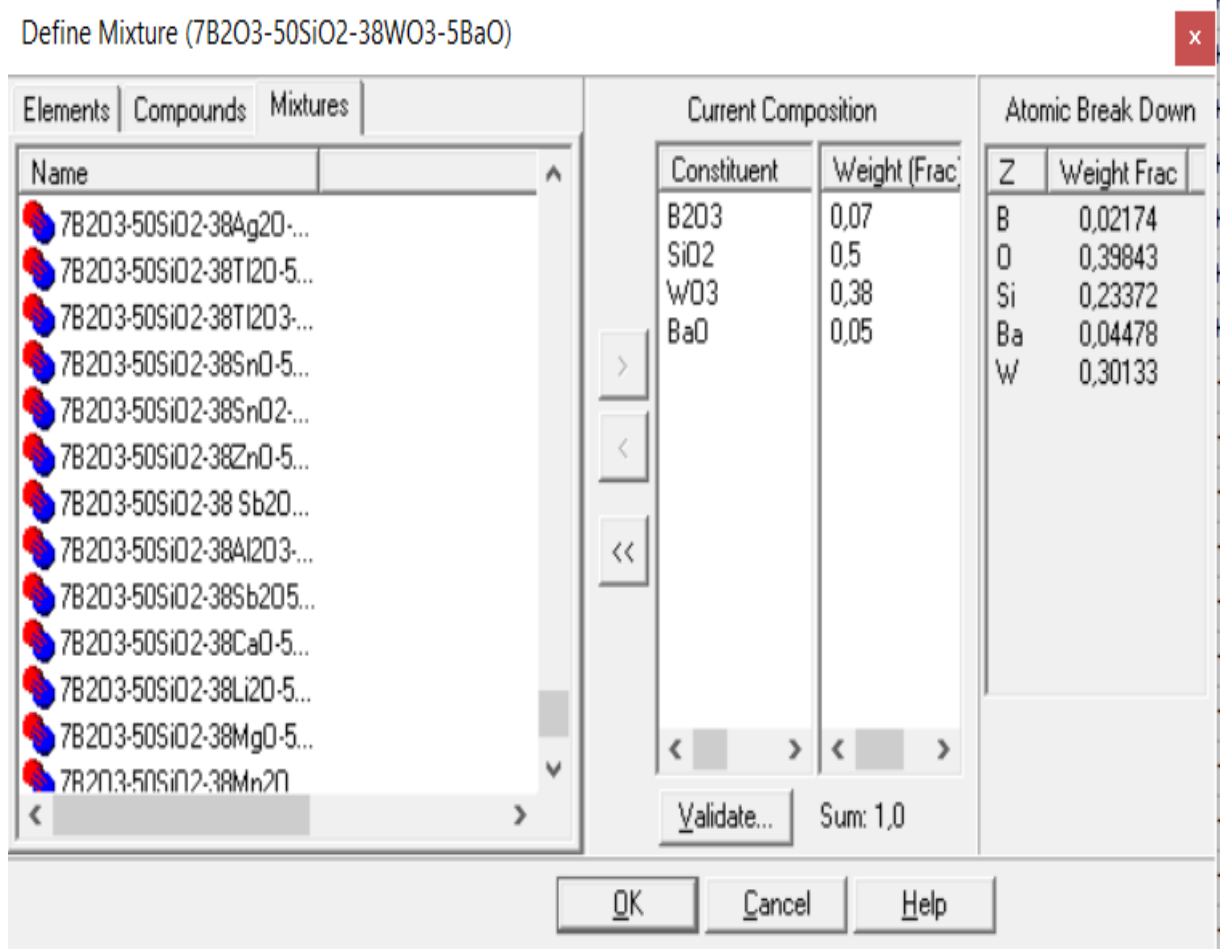
Simge	Tally Tipi	Parçacık <i>pl</i>	Fn Birimleri
F1: <i>pl</i>	Yüzey akımı	N ya da P ya da N, P ya da E	MeV
F2: <i>pl</i>	Ortalama yüzey akısı	N ya da P ya da N, P ya da E	MeV/cm ²
F4: <i>pl</i>	Bir hücredeki ortalama akı	N ya da P ya da N, P ya da E	MeV/cm ²
FMESH4: <i>pl</i>	3D ağ üzerinden tally iz uzunluğu	N ya da P ya da E	MeV/cm ²
F5a: <i>pl</i>	Bir nokta veya halkadaki akı	N ya da P	MeV/cm ²
FIP5: <i>pl</i>	İğne deliği akı görüntüsü	N ya da P	MeV/cm ²
FIR5: <i>pl</i>	Düzlemsel radyograf akı görüntüsü	N ya da P	MeV/cm ²
FIC5: <i>pl</i>	Silindirik radyograf akı görüntüsü	N ya da P	MeV/cm ²
F6: <i>pl</i>	Enerji birikimi	N ya da P ya da N, P	jerks/g
F7: <i>pl</i>	Hücrede fisyon enerji birikimi	N	jerks/g
F8: <i>pl</i>	Bir hücrede puls yüksekliği dağılımı	P ya da E ya da P, E	MeV

3.3 WINXCOM PROGRAMI

Windows işletim sisteminde çalışan XCom programı, Berger ve Hubbel tarafından temelleri atılan ve daha sonra da Gerward ve arkadaşları tarafından geliştirilen bir ara yüzdür. WinXCom programında tasarlanacak malzemelerin yoğunluk değerleri tanımlanarak mazlemeler kayıt altına alınabilmekte ve bileşik veya karışımların kütle zayıflatma katsayıları, foton madde etkileşimleri – fotoelektrik olay, koherent ve inkoherent saçılmalar, çift oluşumu- için ayrı ayrı teorik olarak hesaplanabilmektedir [46, 47].

İlgilenilen malzemeleri tanımlamaları WinXCom programında element-bileşik-karışım şeklinde tanımlanabilmektedir. WinXCom programında enerji değerlerine karşılık etkileşim olasılıklarına dair veriler ve toplam etkileşim olasılıkları elde edilir. Aynı zamanda ilgili bileşiği veya karışımı oluşturan elementlerin yüzdelik sağılımlarına göre ağırlıklı oranları da elde

edilebilmektedir. WinXCom aracılığı ile elde edilen ağırlıklı oranlara ait veriler kullanılarak MCNP kodu ile yazılan ve simüle edilecek deneye ait data kartında yer alacak veriler elde edilmektedir.



Şekil 3. 7: WinXCom programında malzeme tanımlamaları [45].

WinXCom programı, fotonların herhangi bir element ile gerçekleştirebileceği etkileşimlerin tesir kesitleri hakkında 1keV-100GeV enerji aralığındaki hesaplamalarına dair bilgileri elde edebildiğimiz bir kütüphanedir. WinXCom programında malzeme tanımlamaları ve programın her bir element için verdiği ağırlıklı oranların gösterimi Şekil 3.6'da verilmiştir. Tablo 3.3'de ise WinXCom programında tasarlanan malzemelerin ilgilenilen her bir enerji değeri için foton-madde etkileşim tesir kesitlerine dair program çıktıları gösterilmektedir [48].

Tablo 3. 3: WinXCom programında tasarlanan malzemelerin her bir enerji değeri için foton-madde etkileşim tesir kesitleri ve kütle zayıflatma katsayıları [48].

Partial Interaction Coefficients and Total Attenuation Coefficients									
		Energy (MeV)	Coherent (cm ² /g)	InCoherent (cm ² /g)	Photo Electric (cm ² /g)	PAIR Nuclear (cm ² /g)	PAIR Electron (cm ² /g)	Sum (cm ² /g)	Sum NonCoherent (cm ² /g)
		1,500E-002	5,14E-001	1,23E-001	3,01E+001	0	0	3,08E+001	3,03E+001
		2,000E-002	3,52E-001	1,34E-001	1,36E+001	0	0	1,41E+001	1,37E+001
		2,634E-002	2,38E-001	1,41E-001	6,22E+000	0	0	6,60E+000	6,36E+000
		3,000E-002	1,95E-001	1,44E-001	4,28E+000	0	0	4,62E+000	4,42E+000
		4,000E-002	1,23E-001	1,47E-001	2,74E+000	0	0	3,01E+000	2,89E+000
		5,000E-002	8,53E-002	1,47E-001	1,46E+000	0	0	1,69E+000	1,61E+000
		5,954E-002	6,35E-002	1,46E-001	8,83E-001	0	0	1,09E+000	1,03E+000
		6,000E-002	6,27E-002	1,46E-001	8,63E-001	0	0	1,07E+000	1,01E+000
		8,000E-002	3,81E-002	1,42E-001	3,74E-001	0	0	5,54E-001	5,16E-001
		1,000E-001	2,56E-002	1,37E-001	1,94E-001	0	0	3,57E-001	3,32E-001
		1,500E-001	1,21E-002	1,26E-001	5,87E-002	0	0	1,97E-001	1,85E-001
		2,000E-001	7,05E-003	1,16E-001	2,52E-002	0	0	1,49E-001	1,42E-001
		3,000E-001	3,23E-003	1,02E-001	7,87E-003	0	0	1,13E-001	1,10E-001
		4,000E-001	1,85E-003	9,15E-002	3,57E-003	0	0	9,69E-002	9,51E-002
		5,000E-001	1,19E-003	8,37E-002	1,99E-003	0	0	8,69E-002	8,57E-002
		6,000E-001	8,31E-004	7,75E-002	1,27E-003	0	0	7,96E-002	7,88E-002
		6,620E-001	6,84E-004	7,42E-002	1,00E-003	0	0	7,59E-002	7,52E-002
		8,000E-001	4,70E-004	6,81E-002	6,54E-004	0	0	6,93E-002	6,88E-002
		1,000E+000	3,02E-004	6,13E-002	4,08E-004	0	0	6,20E-002	6,17E-002
		1,173E+000	2,20E-004	5,66E-002	2,95E-004	1,85E-005	0	5,72E-002	5,70E-002
		1,333E+000	1,70E-004	5,30E-002	2,33E-004	1,04E-004	0	5,36E-002	5,34E-002
		1,500E+000	1,34E-004	4,98E-002	1,88E-004	2,59E-004	0	5,04E-002	5,03E-002
		2,000E+000	7,57E-005	4,26E-002	1,15E-004	9,71E-004	0	4,37E-002	4,36E-002
		2,506E+000	4,82E-005	3,73E-002	8,07E-005	1,83E-003	2,09E-006	3,93E-002	3,92E-002
		3,000E+000	3,37E-005	3,35E-002	6,16E-005	2,67E-003	1,17E-005	3,62E-002	3,62E-002
		4,000E+000	1,89E-005	2,79E-002	4,11E-005	4,24E-003	4,78E-005	3,23E-002	3,23E-002
		5,000E+000	1,21E-005	2,41E-002	3,05E-005	5,63E-003	9,53E-005	2,99E-002	2,99E-002
		6,000E+000	8,42E-006	2,13E-002	2,42E-005	6,87E-003	1,46E-004	2,84E-002	2,84E-002
		8,000E+000	4,74E-006	1,74E-002	1,70E-005	8,96E-003	2,47E-004	2,67E-002	2,67E-002
		1,000E+001	3,03E-006	1,49E-002	1,30E-005	1,07E-002	3,39E-004	2,59E-002	2,59E-002
		1,500E+001	1,35E-006	1,10E-002	8,20E-006	1,39E-002	5,31E-004	2,54E-002	2,54E-002

WinXCom kütüphanesinden elde edilen lineer zayıflatma katsayısı μ (cm²/g) ile ilgilenilen karışımın etkin atom numarası (denk. (6)), etkin elektron yoğunluk değeri (denk. (7)), ortalama

serbest yol (denk. (8)), yarı değer kalınlığı (denk. (9)) ve onda değer kalınlığı (denk. (10)) gibi zırlama parametreleri hesaplanabilmektedir.

3.4 PY-MLBUF

Radyoloji ünitelerinde kullanılan radyoaktif maddelerin depolanması ve işlenmesi nükleer teknolojiye ileriye iletilmesi ile birlikte önemi artan bir konu olarak gündemimizden düşmeyen bir konu haline gelmiştir. Radyoaktif kaynaklardan salınan iyonize radyasyonun biyolojik yıkımlara sebep olan etkilerinden korunabilmek için, radyasyonun enerjisini sönümleyebilen yapıya sahip, uygun zırhlayıcı malzemelerin tasarlanması gerekmektedir. Tasarlanacak malzemelerin yüksek enerjili gama fotonlarına karşı zırlama özelliğini araştırmak için gama ışını zırlama parametreleri (Gamma-ray Shielding Parameters (GSP)) hakkında ayrıntılı bilgi elde edilmelidir. Bu amaç ile yapılan çalışmaların tasarımında bilgisayar programları oldukça önemli bir role sahiptir [49].

Çok katmanlı malzemeler, tek katmanlı malzemelere göre radyasyona karşı daha yüksek direnç gösterirler. Bu iki tür için de tasarlanan GSP hesaplamalarına yönelik Python dilinde yazılan çevrimiçi bir platform oluşturulmuştur (<https://pymilbuf.pythonanywhere.com/enter>). Bu platform, 0.015-15 MeV enerji aralığında GSP'nin hesaplanabilmesine olanak sağlamaktadır ve Py-MLBUF olarak isimlendirilmiştir [49].

Py-MLBUF çevrimiçi programı aracılığı ile kütle zayıflatma katsayısı, etkin atom numarası, etkin elektron yoğunluğu, etkin atomik ağırlık, ortalama serbest yol, yarı değer kalınlığı, onda değer kalınlığı gibi zırlama parametreleri hesaplanabildiği gibi, enerji yığılma faktörleri de 40 mfp derinliğine kadar hesaplanabilmektedir.

3.5 İNCELENEN CAM MALZEME GRUPLARI

Yeni nesil zırlama malzemelerinin yapısal olarak geliştirilmeye açık olması ve elde edilen iyileştirmelerin bilimsel literatürde kendine yer bulma durumunun güçlü olmasını bilimsel dayanak olarak ele alan bu tez çalışmasında, zırlama amacıyla kullanılan cam malzeme grubuna ait yelpazenin genişletilmesine katkıda bulunma amacı ile, sağlık alanında kullanılan radyasyondan maksimum düzeyde korunma sağlayabilmek için yaygın olarak kullanılan kurşunlu camlara alternatif oluşturabilecek kompozit cam malzemelerin yapısal özellikleri Monte Carlo metodu ile incelenmiştir. Farklı katkı türleri ve katkı oranlarında incelenen

malzemelerin radyasyonu zayıflatma özellikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda kurşun katkılı cam malzemelere borosilikat camların iyi bir alternatif oluşturabileceği yönündeki çalışmalar dayanak alınarak, farklı türdeki ağır metal oksitlerin farklı katkı oranları ile zırhlama parametrelerinin incelenmesi için geniş bir skala oluşturulmuştur. $x\text{B}_2\text{O}_3 - y\text{SiO}_2 - z(\text{MO} - \text{AMO}) - t\text{BaO}$ ana formülüne bağlı kalınarak 14 farklı metal-ağır metal oksit katkılı cam malzemelerinin Monte Carlo metodu ile simülasyon işlemlerinin gerçekleştirilmektedir ve zırhlama parametleri ölçülebilecek ilgili kompozit cam grupları;

1. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{Li}_2\text{O} - 5\text{BaO}$
2. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{CrO}_3 - 5\text{BaO}$
3. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{Mn}_2\text{O}_7 - 5\text{BaO}$
4. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{CaO} - 5\text{BaO}$
5. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{MgO} - 5\text{BaO}$
6. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{Al}_2\text{O}_3 - 5\text{BaO}$
7. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{Mn}_2\text{O}_3 - 5\text{BaO}$
8. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{CrO}_2 - 5\text{BaO}$
9. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{Ni}_2\text{O}_3 - 5\text{BaO}$
10. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{MnO}_2 - 5\text{BaO}$
11. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{Co}_2\text{O}_3 - 5\text{BaO}$
12. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{Fe}_2\text{O}_3 - 5\text{BaO}$
13. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{MnO} - 5\text{BaO}$
14. $7\text{B}_2\text{O}_3 - 50\text{SiO}_2 - 38\text{ZnO} - 5\text{BaO}$

olarak belirlenmiştir.

İlgili metal oksit ve ağır metal oksit katkılı cam malzeme grupları belirlenirken yoğunluk değerleri $\sim 2.5 \leq \rho \leq 4$ arasında yer alan kompozit malzeme grubu üzerine odaklanılmıştır. Kompozit malzeme yapısı içerisinde yer alan her bir bileşiğin teorik olarak bilinen yoğunluk değerleri ile, karışımın toplam yoğunluk değeri teorik olarak hesaplanmıştır.

Çalışmamız kapsamında incelenen metal oksit ve ağır metal oksit katkılı cam yapılarının yoğunluk değerleri $\sim 2.5 \leq \rho \leq 4$ arasında değişen ve sırasıyla artan yoğunluk değerlerine göre BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn kodları ile sıralanmıştır.

Tablo 3. 4: Her bir numune için WinXCom veri kütüphanesinden elde edilen her bir element için ağırlıklı oranlar ve teorik yoğunluk değerleri.

Numune Kodu	B	Si	Ba	X	O	Teorik Yoğunluk (g/cm ³)
BSBaLi	0.0217	0.2337	0.0448	0.1765 (X=Li)	0.5232	2.547
BSBaCr1	0.0217	0.2337	0.0448	0.1976 (X=Cr)	0.5022	2.809
BSBaMn1	0.0217	0.2337	0.0448	0.1882 (X=Mn)	0.5116	2.843
BSBaCa	0.0217	0.2337	0.0448	0.2716 (X=Ca)	0.4282	3.052
BSBaMg	0.0217	0.2337	0.0448	0.2291 (X=Mg)	0.4706	3.143
BSBaAl	0.0217	0.2337	0.0448	0.2011 (X=Al)	0.4986	3.284
BSBaMn2	0.0217	0.2337	0.0448	0.2645 (X=Mn)	0.4353	3.493
BSBaNi	0.0217	0.2337	0.0448	0.2697 (X=Ni)	0.4300	3.622
BSBaCr2	0.0217	0.2337	0.0448	0.2352 (X=Cr)	0.4645	3.641
BSBaMn3	0.0217	0.2337	0.0448	0.2401 (X=Mn)	0.4596	3.695
BSBaCo	0.0217	0.2337	0.0448	0.2700 (X=Co)	0.4297	3.752
BSBaFe	0.0217	0.2337	0.0448	0.2658 (X=Fe)	0.4340	3.774
BSBaMn4	0.0217	0.2337	0.0448	0.2943 (X=Mn)	0.4055	3.823
BSBaZn	0.0217	0.2337	0.0448	0.3053 (X=Zn)	0.3945	3.915

3.6 ZIRHLAMA PARAMETRELERİ HESAPLAMALARI

Bu tanımlamaların yanı sıra, radyasyonun etkileşime gireceği malzemelerin de radyasyona karşı geçirgenlikleri, zayıflatma katsayıları, etkin atom numaraları, etkin elektron yoğunlukları, yarı değer kalınlıkları, ortalama serbest yol değerleri, yığılma faktörleri gibi fiziksel özellikleri de tanımlanabildiğinde, maksimum korunmayı hangi malzeme ya da malzeme grupları ile sağlayabileceğimizi daha net bir biçimde ortaya koyabiliriz.

Her bir kompozit cam grubu WinXCom programına tanımlanmıştır ve WinXCom veri tabanından yararlanılarak linner zayıflatma katsayıları elde edilmiştir. Tablo 4, ilgilenilen 14 kompozit cam grubu için WinXCom veri tabanından elde edilen lineer zayıflatma katsayılarına dair verileri içermektedir.

Tablo 3. 5: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki lineer zayıflatma katsayıları.

Enerji	μ (cm ⁻¹)						
	BSBaLi	BSBaCr1	BSBaMn1	BSBaCa	BSBaMg	BSBaAl	BSBaMn2
0,015	15,9640	42,7700	44,5560	43,1770	23,8590	25,5650	67,6390
0,020	7,2610	19,1780	20,0420	19,1770	10,7060	11,4590	30,3920
0,026	3,5331	8,9635	9,3557	8,9040	5,1242	5,4690	14,1110
0,030	2,5733	6,3058	6,6001	6,2670	3,6925	3,9373	9,9099
0,040	3,6438	5,5120	5,6786	5,7253	4,7200	4,9631	7,7500
0,050	2,1942	3,1947	3,2858	3,3323	2,8275	2,9690	4,4356
0,060	1,5140	2,1328	2,1900	2,2366	1,9436	2,0389	2,9265
0,060	1,4891	2,0949	2,1516	2,1972	1,9117	2,0049	2,8744
0,080	0,8775	1,1629	1,1901	1,2328	1,1206	1,1726	1,5585
0,100	0,6319	0,7996	0,8159	0,8560	0,8042	0,8401	1,0505
0,150	0,4158	0,4924	0,4999	0,5352	0,5268	0,5490	0,6269
0,200	0,3408	0,3925	0,3976	0,4295	0,4311	0,4488	0,4926
0,300	0,2754	0,3110	0,3146	0,3419	0,3479	0,3620	0,3862
0,400	0,2411	0,2705	0,2735	0,2979	0,3044	0,3166	0,3348
0,500	0,2181	0,2440	0,2466	0,2688	0,2752	0,2863	0,3015
0,600	0,2007	0,2242	0,2266	0,2471	0,2532	0,2634	0,2769
0,662	0,1918	0,2142	0,2164	0,2361	0,2421	0,2518	0,2644
0,800	0,1754	0,1957	0,1978	0,2158	0,2213	0,2302	0,2415
1,000	0,1574	0,1755	0,1773	0,1935	0,1986	0,2065	0,2164
1,173	0,1451	0,1618	0,1635	0,1784	0,1831	0,1905	0,1996
1,333	0,1360	0,1516	0,1532	0,1672	0,1716	0,1785	0,1870
1,500	0,1280	0,1427	0,1442	0,1574	0,1615	0,1679	0,1760
2,000	0,1103	0,1234	0,1247	0,1361	0,1393	0,1449	0,1524
2,506	0,0981	0,1103	0,1114	0,1217	0,1242	0,1292	0,1365
3,000	0,0895	0,1013	0,1024	0,1118	0,1137	0,1183	0,1256
4,000	0,0778	0,0892	0,0901	0,0985	0,0994	0,1034	0,1110
5,000	0,0703	0,0817	0,0825	0,0903	0,0904	0,0941	0,1021
6,000	0,0652	0,0767	0,0775	0,0849	0,0843	0,0877	0,0963
8,000	0,0587	0,0708	0,0715	0,0785	0,0767	0,0800	0,0895
10,000	0,0550	0,0676	0,0683	0,0751	0,0725	0,0756	0,0860
15,000	0,0505	0,0646	0,0652	0,0719	0,0679	0,0708	0,0830

Enerji	μ (cm ⁻¹)						
	BSBaNi	BSBaCr2	BSBaMn3	BSBaCo	BSBaFe	BSBaMn4	BSBaZn
0,015	91,1270	61,4540	67,1830	85,5460	80,1650	79,5630	120,4800
0,020	41,3750	27,5330	30,1960	38,6640	36,1060	35,7390	55,0480
0,026	19,3130	12,8320	14,0410	17,9930	16,8000	16,5660	25,8710
0,030	13,5290	9,0037	9,8730	12,6280	11,7780	11,6190	18,0780
0,040	9,4900	7,5008	7,9351	9,2056	8,8498	8,8154	11,7990
0,050	5,3706	4,3243	4,5563	5,2306	5,0438	5,0265	6,6190
0,060	3,5010	2,8730	3,0153	3,4248	3,3169	3,3047	4,2823
0,060	3,4378	2,8215	2,9619	3,3624	3,2555	3,2455	4,1971
0,080	1,8184	1,5516	1,6157	1,7936	1,7505	1,7473	2,1703
0,100	1,1977	1,0587	1,0948	1,1912	1,1712	1,1707	1,3985
0,150	0,6871	0,6441	0,6587	0,6930	0,6902	0,6916	0,7703
0,200	0,5298	0,5107	0,5196	0,5380	0,5393	0,5410	0,5816
0,300	0,4095	0,4031	0,4086	0,4180	0,4210	0,4227	0,4422
0,400	0,3533	0,3502	0,3545	0,3613	0,3644	0,3660	0,3794
0,500	0,3175	0,3156	0,3194	0,3249	0,3280	0,3294	0,3401
0,600	0,2912	0,2900	0,2933	0,2982	0,3011	0,3024	0,3116
0,662	0,2780	0,2770	0,2801	0,2847	0,2875	0,2887	0,2973
0,800	0,2538	0,2530	0,2559	0,2599	0,2625	0,2637	0,2712
1,000	0,2274	0,2268	0,2294	0,2329	0,2353	0,2363	0,2428
1,173	0,2095	0,2091	0,2115	0,2146	0,2169	0,2179	0,2237
1,333	0,1964	0,1960	0,1982	0,2012	0,2033	0,2042	0,2097
1,500	0,1849	0,1845	0,1866	0,1894	0,1913	0,1922	0,1974
2,000	0,1601	0,1596	0,1614	0,1640	0,1656	0,1664	0,1711
2,506	0,1436	0,1428	0,1445	0,1470	0,1484	0,1492	0,1537
3,000	0,1323	0,1313	0,1329	0,1354	0,1366	0,1374	0,1419
4,000	0,1174	0,1158	0,1173	0,1200	0,1210	0,1217	0,1264
5,000	0,1083	0,1063	0,1078	0,1106	0,1114	0,1121	0,1170
6,000	0,1024	0,1000	0,1015	0,1044	0,1051	0,1059	0,1110
8,000	0,0957	0,0926	0,0941	0,0974	0,0979	0,0986	0,1044
10,000	0,0924	0,0887	0,0903	0,0939	0,0942	0,0951	0,1013
15,000	0,0899	0,0851	0,0869	0,0911	0,0912	0,0921	0,0994

Her bir malzeme grubu için WinXCom veri tabanından elde edilen μ katsayıları aracılığı ve teorik yoğunluk değerleri ile birim kütle başına radyasyon şiddetini zayıflatma katsayıları denklem x ile elde edilmektedir ve Tablo 3.5’de tüm cam grupları için hesaplanan 0.015-15 MeV aralığındaki kütle zayıflatma katsayıları yer almaktadır.

Tablo 3. 6: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki kütle zayıflatma katsayıları.

Enerji	μ/ρ (cm ² /g)						
	BSBaLi	BSBaCr1	BSBaMn1	BSBaCa	BSBaMg	BSBaAl	BSBaMn2
0,015	6,2679	15,2250	15,6700	14,1450	7,5896	7,7843	19,3630
0,020	2,8508	6,8269	7,0486	6,2826	3,4056	3,4890	8,7004
0,026	1,3872	3,1908	3,2903	2,9170	1,6301	1,6653	4,0394
0,030	1,0103	2,2447	2,3212	2,0531	1,1746	1,1989	2,8369
0,040	1,4306	1,9621	1,9971	1,8757	1,5015	1,5112	2,2186
0,050	0,8615	1,1372	1,1556	1,0917	0,8994	0,9040	1,2698
0,060	0,5944	0,7592	0,7702	0,7327	0,6183	0,6208	0,8378
0,060	0,5847	0,7458	0,7567	0,7198	0,6081	0,6105	0,8228
0,080	0,3445	0,4140	0,4186	0,4039	0,3565	0,3570	0,4462
0,100	0,2481	0,2847	0,2869	0,2804	0,2558	0,2558	0,3007
0,150	0,1633	0,1753	0,1758	0,1753	0,1676	0,1672	0,1795
0,200	0,1338	0,1397	0,1399	0,1407	0,1371	0,1367	0,1410
0,300	0,1081	0,1107	0,1106	0,1120	0,1107	0,1102	0,1106
0,400	0,0947	0,0963	0,0962	0,0976	0,0968	0,0964	0,0958
0,500	0,0856	0,0868	0,0867	0,0881	0,0875	0,0872	0,0863
0,600	0,0788	0,0798	0,0797	0,0810	0,0806	0,0802	0,0793
0,662	0,0753	0,0762	0,0761	0,0773	0,0770	0,0767	0,0757
0,800	0,0689	0,0697	0,0696	0,0707	0,0704	0,0701	0,0691
1,000	0,0618	0,0625	0,0624	0,0634	0,0632	0,0629	0,0620
1,173	0,0570	0,0576	0,0575	0,0585	0,0582	0,0580	0,0571
1,333	0,0534	0,0540	0,0539	0,0548	0,0546	0,0543	0,0535
1,500	0,0502	0,0508	0,0507	0,0516	0,0514	0,0511	0,0504
2,000	0,0433	0,0439	0,0438	0,0446	0,0443	0,0441	0,0436
2,506	0,0385	0,0393	0,0392	0,0399	0,0395	0,0394	0,0391
3,000	0,0352	0,0361	0,0360	0,0366	0,0362	0,0360	0,0359
4,000	0,0306	0,0318	0,0317	0,0323	0,0316	0,0315	0,0318
5,000	0,0276	0,0291	0,0290	0,0296	0,0287	0,0286	0,0292
6,000	0,0256	0,0273	0,0273	0,0278	0,0268	0,0267	0,0276
8,000	0,0230	0,0252	0,0251	0,0257	0,0244	0,0243	0,0256
10,000	0,0216	0,0241	0,0240	0,0246	0,0231	0,0230	0,0246
15,000	0,0198	0,0230	0,0229	0,0235	0,0216	0,0216	0,0238
Enerji	μ/ρ (cm ² /g)						
	BSBaNi	BSBaCr2	BSBaMn3	BSBaCo	BSBaFe	BSBaMn4	BSBaZn
0,015	25,1570	16,8760	18,1840	22,8020	21,2390	20,8070	30,7740
0,020	11,4220	7,5612	8,1731	10,3060	9,5660	9,3465	14,0610
0,026	5,3316	3,5240	3,8003	4,7961	4,4510	4,3324	6,6082
0,030	3,7349	2,4726	2,6723	3,3660	3,1206	3,0386	4,6176
0,040	2,6198	2,0599	2,1478	2,4538	2,3447	2,3054	3,0137
0,050	1,4826	1,1875	1,2332	1,3942	1,3363	1,3145	1,6907

0,060	0,9665	0,7890	0,8161	0,9129	0,8788	0,8642	1,0938
0,060	0,9490	0,7748	0,8017	0,8963	0,8625	0,8488	1,0720
0,080	0,5020	0,4261	0,4373	0,4781	0,4638	0,4570	0,5544
0,100	0,3306	0,2907	0,2963	0,3175	0,3103	0,3062	0,3572
0,150	0,1897	0,1769	0,1783	0,1847	0,1829	0,1809	0,1968
0,200	0,1463	0,1403	0,1406	0,1434	0,1429	0,1415	0,1485
0,300	0,1130	0,1107	0,1106	0,1114	0,1116	0,1105	0,1129
0,400	0,0975	0,0962	0,0960	0,0963	0,0966	0,0957	0,0969
0,500	0,0876	0,0867	0,0864	0,0866	0,0869	0,0861	0,0869
0,600	0,0804	0,0796	0,0794	0,0795	0,0798	0,0791	0,0796
0,662	0,0768	0,0761	0,0758	0,0759	0,0762	0,0755	0,0759
0,800	0,0701	0,0695	0,0693	0,0693	0,0696	0,0690	0,0693
1,000	0,0628	0,0623	0,0621	0,0621	0,0623	0,0618	0,0620
1,173	0,0578	0,0574	0,0572	0,0572	0,0575	0,0570	0,0571
1,333	0,0542	0,0538	0,0536	0,0536	0,0539	0,0534	0,0536
1,500	0,0510	0,0507	0,0505	0,0505	0,0507	0,0503	0,0504
2,000	0,0442	0,0438	0,0437	0,0437	0,0439	0,0435	0,0437
2,506	0,0396	0,0392	0,0391	0,0392	0,0393	0,0390	0,0393
3,000	0,0365	0,0360	0,0360	0,0361	0,0362	0,0359	0,0362
4,000	0,0324	0,0318	0,0318	0,0320	0,0320	0,0318	0,0323
5,000	0,0299	0,0292	0,0292	0,0295	0,0295	0,0293	0,0299
6,000	0,0283	0,0275	0,0275	0,0278	0,0278	0,0277	0,0284
8,000	0,0264	0,0254	0,0255	0,0260	0,0259	0,0258	0,0267
10,000	0,0255	0,0244	0,0244	0,0250	0,0250	0,0249	0,0259
15,000	0,0248	0,0234	0,0235	0,0243	0,0242	0,0241	0,0254

Kütle zayıflatma katsayısı ile teorik yoğunluk değerleri kullanılarak denklem 5 aracılığı ile ilgilenilen her bir cam grubu için ortalama serbest yol değerleri hesaplanmıştır ve Tablo 3.6'da 0.015-15 MeV enerji aralığındaki ortalama serbest yol değerleri yer almaktadır.

Tablo 3. 7: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki ortalama serbest yol değerleri.

Enerji	mfp						
	BSBaLi	BSBaCr1	BSBaMn1	BSBaCa	BSBaMg	BSBaAl	BSBaMn2
0,015	0,0626	0,0234	0,0224	0,0232	0,0419	0,0391	0,0148
0,020	0,1377	0,0521	0,0499	0,0521	0,0934	0,0873	0,0329
0,026	0,2830	0,1116	0,1069	0,1123	0,1951	0,1828	0,0709
0,030	0,3886	0,1586	0,1515	0,1596	0,2708	0,2540	0,1009
0,040	0,2744	0,1814	0,1761	0,1747	0,2119	0,2015	0,1290
0,050	0,4557	0,3130	0,3043	0,3001	0,3537	0,3368	0,2254
0,060	0,6605	0,4689	0,4566	0,4471	0,5145	0,4905	0,3417
0,060	0,6715	0,4773	0,4648	0,4551	0,5231	0,4988	0,3479
0,080	1,1396	0,8599	0,8402	0,8111	0,8924	0,8528	0,6416

0,100	1,5824	1,2506	1,2257	1,1682	1,2434	1,1903	0,9519
0,150	2,4050	2,0310	2,0003	1,8685	1,8981	1,8213	1,5953
0,200	2,9339	2,5476	2,5148	2,3281	2,3197	2,2281	2,0300
0,300	3,6307	3,2151	3,1790	2,9246	2,8746	2,7628	2,5893
0,400	4,1473	3,6966	3,6566	3,3572	3,2854	3,1582	2,9867
0,500	4,5858	4,0989	4,0555	3,7203	3,6338	3,4935	3,3168
0,600	4,9829	4,4605	4,4136	4,0471	3,9491	3,7966	3,6120
0,662	5,2131	4,6693	4,6207	4,2355	4,1311	3,9718	3,7827
0,800	5,6999	5,1098	5,0565	4,6349	4,5181	4,3441	4,1409
1,000	6,3530	5,6990	5,6401	5,1692	5,0364	4,8424	4,6202
1,173	6,8896	6,1813	6,1168	5,6047	5,4622	5,2501	5,0109
1,333	7,3517	6,5948	6,5271	5,9802	5,8271	5,6027	5,3470
1,500	7,8144	7,0078	6,9352	6,3547	6,1929	5,9547	5,6806
2,000	9,0697	8,1063	8,0220	7,3497	7,1768	6,9001	6,5639
2,506	10,1963	9,0680	8,9733	8,2178	8,0509	7,7376	7,3284
3,000	11,1679	9,8720	9,7700	8,9435	8,7948	8,4531	7,9650
4,000	12,8508	11,2114	11,0954	10,1472	10,0603	9,6672	9,0070
5,000	14,2227	12,2429	12,1160	11,0717	11,0673	10,6312	9,7931
6,000	15,3463	13,0374	12,9019	11,7774	11,8692	11,3985	10,3857
8,000	17,0363	14,1298	13,9849	12,7455	13,0302	12,5067	11,1763
10,000	18,1979	14,7848	14,6319	13,3170	13,7846	13,2248	11,6219
15,000	19,8102	15,4872	15,3276	13,9143	14,7306	14,1202	12,0423
Enerji	mfp						
	BSBaNi	BSBaCr2	BSBaMn3	BSBaCo	BSBaFe	BSBaMn4	BSBaZn
0,015	0,0110	0,0163	0,0149	0,0117	0,0125	0,0126	0,0083
0,020	0,0242	0,0363	0,0331	0,0259	0,0277	0,0280	0,0182
0,026	0,0518	0,0779	0,0712	0,0556	0,0595	0,0604	0,0387
0,030	0,0739	0,1111	0,1013	0,0792	0,0849	0,0861	0,0553
0,040	0,1054	0,1333	0,1260	0,1086	0,1130	0,1134	0,0848
0,050	0,1862	0,2313	0,2195	0,1912	0,1983	0,1990	0,1511
0,060	0,2856	0,3481	0,3316	0,2920	0,3015	0,3026	0,2335
0,060	0,2909	0,3544	0,3376	0,2974	0,3072	0,3081	0,2383
0,080	0,5499	0,6445	0,6189	0,5575	0,5713	0,5723	0,4608
0,100	0,8350	0,9446	0,9134	0,8395	0,8538	0,8542	0,7151
0,150	1,4554	1,5526	1,5181	1,4431	1,4489	1,4459	1,2982
0,200	1,8876	1,9579	1,9245	1,8588	1,8544	1,8486	1,7196
0,300	2,4421	2,4808	2,4477	2,3923	2,3751	2,3658	2,2616
0,400	2,8305	2,8557	2,8208	2,7677	2,7440	2,7321	2,6357
0,500	3,1497	3,1683	3,1313	3,0776	3,0490	3,0357	2,9401
0,600	3,4336	3,4488	3,4093	3,3537	3,3215	3,3067	3,2091
0,662	3,5967	3,6108	3,5700	3,5124	3,4781	3,4635	3,3639
0,800	3,9404	3,9520	3,9076	3,8473	3,8090	3,7918	3,6873
1,000	4,3985	4,4084	4,3595	4,2939	4,2504	4,2314	4,1185
1,173	4,7735	4,7815	4,7281	4,6591	4,6102	4,5892	4,4697
1,333	5,0919	5,1011	5,0452	4,9710	4,9198	4,8970	4,7682

1,500	5,4091	5,4204	5,3602	5,2802	5,2265	5,2023	5,0657
2,000	6,2450	6,2670	6,1957	6,0982	6,0375	6,0085	5,8430
2,506	6,9629	7,0044	6,9217	6,8019	6,7371	6,7036	6,5047
3,000	7,5565	7,6190	7,5271	7,3856	7,3193	7,2808	7,0469
4,000	8,5172	8,6353	8,5233	8,3352	8,2671	8,2195	7,9134
5,000	9,2315	9,4109	9,2802	9,0455	8,9802	8,9222	8,5453
6,000	9,7617	10,0022	9,8546	9,5755	9,5139	9,4470	9,0060
8,000	10,4465	10,8029	10,6289	10,2670	10,2172	10,1376	9,5784
10,000	10,8174	11,2706	11,0738	10,6498	10,6109	10,5176	9,8701
15,000	11,1207	11,7449	11,5138	10,9806	10,9657	10,8533	10,0610

μ değerleri ve teorik yoğunluk değerleri ile her bir cam grubu için 0.015-15 MeV enerji aralığındaki Z_{eff} ve N_{eff} elde edilmiştir ve sonuçlar Tablo 6 ve 7’de yer almaktadır.

Tablo 3. 8: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki etkin atom numaraları.

Enerji	Z_{eff}						
	BSBaLi	BSBaCr1	BSBaMn1	BSBaCa	BSBaMg	BSBaAl	BSBaMn2
0,015	17,4913	21,2305	21,7244	19,4239	16,6857	16,8138	22,5897
0,020	17,0885	21,2398	21,7379	19,4530	16,7786	16,8963	22,6142
0,026	15,8889	20,8728	21,3450	19,2026	16,4650	16,5797	22,3122
0,030	15,0391	20,5026	20,9642	18,9398	16,1376	16,2459	22,0077
0,040	24,5964	27,3010	27,5374	26,4867	26,5016	26,4956	27,8302
0,050	20,6208	25,1428	25,3318	24,6294	23,7285	23,7516	26,0149
0,060	17,4336	22,8602	23,0076	22,5870	21,0964	21,1299	23,9784
0,060	17,3074	22,7683	22,9146	22,5036	20,9900	21,0280	23,8946
0,080	13,0062	18,7265	18,8033	18,8048	16,8689	16,9089	20,0271
0,100	10,7164	16,0224	16,0519	16,2895	14,3992	14,4307	17,2605
0,150	8,4586	12,8883	12,8617	13,3419	11,7587	11,7737	13,8744
0,200	7,7468	11,7964	11,7492	12,3058	10,8828	10,8909	12,6493
0,300	7,3050	11,0924	11,0322	11,6344	10,3281	10,3313	11,8480
0,400	7,1714	10,8768	10,8135	11,4284	10,1598	10,1615	11,6020
0,500	7,1155	10,7854	10,7204	11,3409	10,0887	10,0897	11,4969
0,600	7,0866	10,7391	10,6734	11,2966	10,0526	10,0535	11,4438
0,662	7,0759	10,7194	10,6531	11,2784	10,0380	10,0386	11,4206
0,800	7,0590	10,6938	10,6275	11,2531	10,0177	10,0181	11,3919
1,000	7,0466	10,6728	10,6060	11,2326	10,0015	10,0017	11,3674
1,173	7,0410	10,6652	10,5988	11,2264	9,9947	9,9956	11,3598
1,333	7,0405	10,6642	10,5968	11,2246	9,9935	9,9938	11,3574
1,500	7,0413	10,6653	10,5986	11,2256	9,9936	9,9938	11,3601
2,000	7,0618	10,6957	10,6296	11,2544	10,0096	10,0105	11,3982
2,506	7,0911	10,7498	10,6848	11,3062	10,0394	10,0423	11,4657
3,000	7,1316	10,8051	10,7401	11,3590	10,0690	10,0726	11,5332

4,000	7,2188	10,9354	10,8724	11,4833	10,1405	10,1469	11,6938
5,000	7,3100	11,0694	11,0086	11,6100	10,2137	10,2234	11,8585
6,000	7,4024	11,2003	11,1418	11,7347	10,2855	10,2982	12,0188
8,000	7,5804	11,4425	11,3871	11,9612	10,4188	10,4373	12,3117
10,000	7,7450	11,6543	11,6030	12,1590	10,5364	10,5600	12,5672
15,000	8,0862	12,0629	12,0189	12,5373	10,7679	10,8015	13,0526
Enerji	Z_{eff}						
	BSBaNi1	BSBaCr2	BSBaMn3	BSBaCo1	BSBaFe	BSBaMn4	BSBaZn
0,015	25,0007	21,6314	22,3447	24,1486	23,3742	22,8582	26,9470
0,020	25,0488	21,6465	22,3658	24,1857	23,4026	22,8867	27,0166
0,026	24,7644	21,3237	22,0360	23,8894	23,1069	22,6169	26,7832
0,030	24,4584	20,9908	21,7079	23,5846	22,8002	22,3402	26,4992
0,040	29,0010	27,4166	27,7415	28,5922	28,1645	27,9321	30,2375
0,050	27,2698	25,4518	25,8056	26,8268	26,3848	26,2595	28,6462
0,060	25,2865	23,3086	23,6766	24,8200	24,3736	24,3375	26,7762
0,060	25,2050	23,2210	23,5896	24,7370	24,2898	24,2574	26,6941
0,080	21,2783	19,2938	19,6359	20,8205	20,4126	20,5061	22,7940
0,100	18,3307	16,5822	16,8674	17,9334	17,5942	17,7511	19,7007
0,150	14,5602	13,3600	13,5385	14,2984	14,0934	14,3028	15,5202
0,200	13,1524	12,2184	12,3488	12,9574	12,8148	13,0356	13,8946
0,300	12,2207	11,4776	11,5745	12,0742	11,9758	12,2012	12,8003
0,400	11,9330	11,2500	11,3374	11,8024	11,7169	11,9444	12,4601
0,500	11,8101	11,1533	11,2361	11,6861	11,6069	11,8344	12,3143
0,600	11,7481	11,1044	11,1851	11,6274	11,5510	11,7789	12,2406
0,662	11,7226	11,0836	11,1628	11,6032	11,5284	11,7546	12,2092
0,800	11,6873	11,0564	11,1351	11,5698	11,4964	11,7246	12,1684
1,000	11,6591	11,0342	11,1116	11,5428	11,4710	11,6990	12,1346
1,173	11,6469	11,0262	11,1041	11,5320	11,4627	11,6911	12,1218
1,333	11,6468	11,0252	11,1019	11,5304	11,4598	11,6886	12,1209
1,500	11,6502	11,0267	11,1043	11,5345	11,4629	11,6916	12,1241
2,000	11,6962	11,0603	11,1401	11,5774	11,5037	11,7325	12,1788
2,506	11,7770	11,1198	11,2036	11,6540	11,5760	11,8047	12,2740
3,000	11,8588	11,1808	11,2672	11,7305	11,6475	11,8770	12,3720
4,000	12,0514	11,3238	11,4189	11,9107	11,8190	12,0486	12,5999
5,000	12,2479	11,4706	11,5745	12,0952	11,9935	12,2241	12,8320
6,000	12,4387	11,6138	11,7262	12,2744	12,1638	12,3946	13,0554
8,000	12,7890	11,8776	12,0043	12,6042	12,4763	12,7051	13,4670
10,000	13,0910	12,1073	12,2476	12,8882	12,7463	12,9750	13,8186
15,000	13,6648	12,5475	12,7118	13,4292	13,2600	13,4846	14,4804

Tablo 3. 9: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki etkin elektron yoğunlukları.

Enerji	N _{eff}						
	BSBaLi	BSBaCr1	BSBaMn1	BSBaCa	BSBaMg	BSBaAl	BSBaMn2
0,015	7,2466	5,8615	6,0255	5,1700	4,9741	4,9898	5,8061
0,020	7,0798	5,8641	6,0293	5,1777	5,0018	5,0143	5,8124
0,026	6,5828	5,7628	5,9203	5,1111	4,9084	4,9203	5,7348
0,030	6,2307	5,6606	5,8147	5,0411	4,8108	4,8213	5,6565
0,040	10,1902	7,5374	7,6378	7,0498	7,9004	7,8630	7,1530
0,050	8,5432	6,9416	7,0261	6,5554	7,0736	7,0487	6,6865
0,060	7,2227	6,3114	6,3814	6,0118	6,2890	6,2707	6,1630
0,060	7,1704	6,2860	6,3556	5,9896	6,2573	6,2404	6,1415
0,080	5,3885	5,1701	5,2153	5,0052	5,0288	5,0180	5,1475
0,100	4,4398	4,4236	4,4522	4,3357	4,2925	4,2826	4,4364
0,150	3,5044	3,5583	3,5673	3,5511	3,5054	3,4940	3,5660
0,200	3,2095	3,2568	3,2588	3,2754	3,2442	3,2321	3,2512
0,300	3,0265	3,0625	3,0599	3,0967	3,0789	3,0660	3,0452
0,400	2,9711	3,0030	2,9992	3,0418	3,0287	3,0156	2,9820
0,500	2,9480	2,9777	2,9734	3,0186	3,0075	2,9943	2,9550
0,600	2,9360	2,9650	2,9604	3,0068	2,9968	2,9836	2,9413
0,662	2,9316	2,9595	2,9548	3,0019	2,9924	2,9791	2,9354
0,800	2,9246	2,9524	2,9477	2,9952	2,9863	2,9730	2,9280
1,000	2,9194	2,9466	2,9417	2,9897	2,9815	2,9682	2,9217
1,173	2,9171	2,9446	2,9397	2,9881	2,9795	2,9664	2,9197
1,333	2,9169	2,9443	2,9391	2,9876	2,9791	2,9658	2,9191
1,500	2,9172	2,9446	2,9397	2,9879	2,9791	2,9658	2,9198
2,000	2,9257	2,9530	2,9482	2,9955	2,9839	2,9708	2,9296
2,506	2,9378	2,9679	2,9636	3,0093	2,9928	2,9802	2,9470
3,000	2,9546	2,9832	2,9789	3,0234	3,0016	2,9892	2,9643
4,000	2,9908	3,0191	3,0156	3,0565	3,0229	3,0113	3,0056
5,000	3,0285	3,0561	3,0534	3,0902	3,0448	3,0340	3,0479
6,000	3,0668	3,0923	3,0903	3,1234	3,0662	3,0562	3,0891
8,000	3,1406	3,1592	3,1583	3,1837	3,1059	3,0975	3,1644
10,000	3,2088	3,2176	3,2182	3,2363	3,1410	3,1339	3,2301
15,000	3,3501	3,3304	3,3336	3,3370	3,2100	3,2055	3,3548
Enerji	N _{eff}						
	BSBaNi1	BSBaCr2	BSBaMn3	BSBaCo1	BSBaFe	BSBaMn4	BSBaZn
0,015	6,3436	5,7601	5,8882	6,1225	5,9885	5,6933	6,4883
0,020	6,3558	5,7641	5,8938	6,1319	5,9958	5,7004	6,5051
0,026	6,2836	5,6782	5,8069	6,0568	5,9200	5,6332	6,4489
0,030	6,2059	5,5895	5,7204	5,9795	5,8414	5,5643	6,3805
0,040	7,3586	7,3006	7,3104	7,2492	7,2158	6,9570	7,2806
0,050	6,9193	6,7774	6,8002	6,8016	6,7598	6,5404	6,8974

0,060	6,4161	6,2066	6,2392	6,2928	6,2446	6,0618	6,4472
0,060	6,3954	6,1834	6,2163	6,2717	6,2231	6,0418	6,4274
0,080	5,3991	5,1376	5,1744	5,2788	5,2297	5,1074	5,4884
0,100	4,6511	4,4156	4,4449	4,5468	4,5076	4,4212	4,7436
0,150	3,6944	3,5575	3,5676	3,6252	3,6108	3,5624	3,7370
0,200	3,3372	3,2536	3,2541	3,2852	3,2832	3,2468	3,3456
0,300	3,1008	3,0563	3,0501	3,0612	3,0682	3,0390	3,0821
0,400	3,0278	2,9957	2,9876	2,9923	3,0019	2,9750	3,0002
0,500	2,9966	2,9700	2,9609	2,9628	2,9737	2,9476	2,9651
0,600	2,9809	2,9569	2,9475	2,9479	2,9594	2,9338	2,9473
0,662	2,9744	2,9514	2,9416	2,9418	2,9536	2,9277	2,9398
0,800	2,9655	2,9441	2,9343	2,9333	2,9454	2,9202	2,9299
1,000	2,9583	2,9382	2,9281	2,9265	2,9389	2,9138	2,9218
1,173	2,9552	2,9361	2,9261	2,9238	2,9368	2,9119	2,9187
1,333	2,9552	2,9358	2,9255	2,9234	2,9360	2,9113	2,9185
1,500	2,9561	2,9362	2,9262	2,9244	2,9368	2,9120	2,9193
2,000	2,9677	2,9452	2,9356	2,9353	2,9473	2,9222	2,9324
2,506	2,9882	2,9610	2,9524	2,9547	2,9658	2,9402	2,9554
3,000	3,0090	2,9773	2,9691	2,9741	2,9841	2,9582	2,9790
4,000	3,0579	3,0153	3,0091	3,0198	3,0280	3,0009	3,0338
5,000	3,1077	3,0544	3,0501	3,0666	3,0728	3,0446	3,0897
6,000	3,1561	3,0926	3,0901	3,1120	3,1164	3,0871	3,1435
8,000	3,2450	3,1628	3,1634	3,1956	3,1964	3,1644	3,2426
10,000	3,3216	3,2240	3,2275	3,2676	3,2656	3,2317	3,3273
15,000	3,4672	3,3412	3,3498	3,4048	3,3972	3,3586	3,4866

0.015-15 MeV enerji aralığında tüm cam grupları için elde edilen A_{eff} değerleri Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 3. 10: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki etkin atomik ağırlık değerleri.

Enerji	A_{eff}						
	BSBaLi	BSBaCr1	BSBaMn1	BSBaCa	BSBaMg	BSBaAl	BSBaMn2
0,015	14,5358	21,8123	21,7123	22,6254	20,2014	20,2924	23,4302
0,020	14,5356	21,8122	21,7121	22,6256	20,2013	20,2923	23,4302
0,026	14,5356	21,8121	21,7122	22,6254	20,2010	20,2925	23,4301
0,030	14,5357	21,8121	21,7121	22,6256	20,2010	20,2923	23,4303
0,040	14,5358	21,8126	21,7123	22,6257	20,2010	20,2925	23,4304
0,050	14,5357	21,8125	21,7121	22,6259	20,2014	20,2925	23,4301
0,060	14,5358	21,8125	21,7123	22,6259	20,2012	20,2923	23,4304
0,060	14,5358	21,8126	21,7123	22,6259	20,2012	20,2925	23,4302
0,080	14,5356	21,8127	21,7123	22,6255	20,2010	20,2925	23,4300
0,100	14,5357	21,8124	21,7121	22,6256	20,2013	20,2923	23,4301

0,150	14,5357	21,8124	21,7125	22,6259	20,2010	20,2928	23,4306
0,200	14,5357	21,8127	21,7121	22,6254	20,2015	20,2922	23,4301
0,300	14,5355	21,8122	21,7123	22,6254	20,2011	20,2924	23,4304
0,400	14,5358	21,8121	21,7126	22,6259	20,2013	20,2925	23,4302
0,500	14,5355	21,8125	21,7124	22,6252	20,2014	20,2924	23,4301
0,600	14,5356	21,8119	21,7122	22,6253	20,2009	20,2921	23,4305
0,662	14,5354	21,8124	21,7119	22,6257	20,2013	20,2927	23,4300
0,800	14,5354	21,8126	21,7119	22,6255	20,2016	20,2928	23,4302
1,000	14,5357	21,8126	21,7122	22,6258	20,2014	20,2923	23,4302
1,173	14,5356	21,8119	21,7122	22,6254	20,2012	20,2922	23,4306
1,333	14,5356	21,8121	21,7126	22,6256	20,2015	20,2927	23,4305
1,500	14,5358	21,8121	21,7118	22,6253	20,2017	20,2927	23,4304
2,000	14,5357	21,8121	21,7126	22,6258	20,2015	20,2924	23,4304
2,506	14,5359	21,8123	21,7119	22,6257	20,2014	20,2926	23,4299
3,000	14,5358	21,8121	21,7122	22,6254	20,2015	20,2926	23,4303
4,000	14,5355	21,8126	21,7121	22,6252	20,2016	20,2923	23,4302
5,000	14,5359	21,8126	21,7120	22,6254	20,2011	20,2923	23,4304
6,000	14,5358	21,8122	21,7123	22,6253	20,2011	20,2923	23,4304
8,000	14,5355	21,8120	21,7125	22,6253	20,2014	20,2921	23,4303
10,000	14,5355	21,8125	21,7124	22,6256	20,2011	20,2922	23,4301
15,000	14,5358	21,8125	21,7121	22,6255	20,2012	20,2927	23,4305
Enerji	A_{eff}						
	BSBaNi1	BSBaCr2	BSBaMn3	BSBaCo1	BSBaFe	BSBaMn4	BSBaZn
0,015	23,7338	22,6155	22,8530	23,7528	23,5055	24,1785	25,0110
0,020	23,7338	22,6155	22,8528	23,7528	23,5054	24,1785	25,0108
0,026	23,7340	22,6153	22,8528	23,7527	23,5056	24,1785	25,0108
0,030	23,7342	22,6155	22,8530	23,7528	23,5057	24,1784	25,0109
0,040	23,7339	22,6155	22,8528	23,7524	23,5054	24,1787	25,0109
0,050	23,7340	22,6155	22,8530	23,7525	23,5056	24,1787	25,0111
0,060	23,7339	22,6159	22,8529	23,7525	23,5053	24,1783	25,0109
0,060	23,7339	22,6154	22,8528	23,7527	23,5054	24,1785	25,0110
0,080	23,7338	22,6156	22,8529	23,7524	23,5057	24,1788	25,0107
0,100	23,7342	22,6154	22,8527	23,7524	23,5058	24,1789	25,0106
0,150	23,7342	22,6158	22,8531	23,7523	23,5052	24,1785	25,0107
0,200	23,7341	22,6152	22,8531	23,7524	23,5053	24,1783	25,0105
0,300	23,7341	22,6155	22,8528	23,7530	23,5056	24,1781	25,0106
0,400	23,7341	22,6154	22,8529	23,7529	23,5054	24,1784	25,0105
0,500	23,7343	22,6151	22,8530	23,7530	23,5055	24,1785	25,0104
0,600	23,7340	22,6157	22,8527	23,7531	23,5054	24,1783	25,0109
0,662	23,7342	22,6154	22,8529	23,7528	23,5054	24,1787	25,0104
0,800	23,7338	22,6158	22,8529	23,7531	23,5054	24,1789	25,0110
1,000	23,7342	22,6157	22,8529	23,7527	23,5054	24,1791	25,0107
1,173	23,7342	22,6155	22,8531	23,7524	23,5052	24,1785	25,0109
1,333	23,7340	22,6157	22,8533	23,7524	23,5056	24,1783	25,0107
1,500	23,7337	22,6157	22,8527	23,7527	23,5056	24,1787	25,0105

2,000	23,7343	22,6153	22,8530	23,7525	23,5052	24,1786	25,0111
2,506	23,7343	22,6157	22,8525	23,7527	23,5054	24,1785	25,0104
3,000	23,7339	22,6152	22,8529	23,7526	23,5055	24,1785	25,0104
4,000	23,7337	22,6158	22,8528	23,7525	23,5058	24,1789	25,0110
5,000	23,7341	22,6158	22,8528	23,7524	23,5051	24,1790	25,0109
6,000	23,7342	22,6153	22,8526	23,7526	23,5054	24,1787	25,0108
8,000	23,7341	22,6156	22,8525	23,7527	23,5058	24,1790	25,0108
10,000	23,7343	22,6153	22,8526	23,7528	23,5056	24,1784	25,0105
15,000	23,7342	22,6155	22,8528	23,7525	23,5057	24,1786	25,0109

Denklem 9 ile elde edilen 0.015-15 MeV enerji aralığındaki yarı değer kalınlık değerleri Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 3. 11: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki yarı değer kalınlıkları.

Enerji	HVL						
	BSBaLi	BSBaCr1	BSBaMn1	BSBaCa	BSBaMg	BSBaAl	BSBaMn2
0,015	0,0434	0,0162	0,0156	0,0161	0,0291	0,0271	0,0102
0,020	0,0955	0,0361	0,0346	0,0361	0,0647	0,0605	0,0228
0,026	0,1962	0,0773	0,0741	0,0778	0,1353	0,1267	0,0491
0,030	0,2694	0,1099	0,1050	0,1106	0,1877	0,1760	0,0699
0,040	0,1902	0,1258	0,1221	0,1211	0,1469	0,1397	0,0894
0,050	0,3159	0,2170	0,2110	0,2080	0,2451	0,2335	0,1563
0,060	0,4578	0,3250	0,3165	0,3099	0,3566	0,3400	0,2369
0,060	0,4655	0,3309	0,3222	0,3155	0,3626	0,3457	0,2411
0,080	0,7899	0,5961	0,5824	0,5622	0,6186	0,5911	0,4448
0,100	1,0969	0,8668	0,8496	0,8097	0,8619	0,8250	0,6598
0,150	1,6670	1,4078	1,3865	1,2951	1,3157	1,2625	1,1058
0,200	2,0337	1,7659	1,7431	1,6137	1,6080	1,5444	1,4071
0,300	2,5165	2,2286	2,2036	2,0271	1,9925	1,9150	1,7947
0,400	2,8747	2,5623	2,5346	2,3271	2,2773	2,1891	2,0702
0,500	3,1786	2,8412	2,8111	2,5787	2,5187	2,4215	2,2990
0,600	3,4539	3,0918	3,0593	2,8052	2,7373	2,6316	2,5037
0,662	3,6134	3,2365	3,2028	2,9359	2,8635	2,7531	2,6220
0,800	3,9508	3,5418	3,5049	3,2127	3,1317	3,0111	2,8702
1,000	4,4035	3,9503	3,9094	3,5830	3,4910	3,3565	3,2025
1,173	4,7756	4,2846	4,2399	3,8849	3,7861	3,6391	3,4733
1,333	5,0959	4,5712	4,5242	4,1451	4,0390	3,8835	3,7062
1,500	5,4166	4,8574	4,8071	4,4047	4,2926	4,1275	3,9375
2,000	6,2866	5,6188	5,5604	5,0944	4,9747	4,7828	4,5497
2,506	7,0675	6,2855	6,2199	5,6962	5,5804	5,3633	5,0797
3,000	7,7410	6,8428	6,7722	6,1992	6,0960	5,8592	5,5210

4,000	8,9074	7,7711	7,6907	7,0335	6,9733	6,7009	6,2431
5,000	9,8585	8,4861	8,3981	7,6743	7,6713	7,3689	6,7881
6,000	10,6372	9,0368	8,9430	8,1633	8,2270	7,9009	7,1989
8,000	11,8087	9,7940	9,6936	8,8345	9,0319	8,6691	7,7468
10,000	12,6137	10,2479	10,1421	9,2308	9,5547	9,1666	8,0557
15,000	13,7315	10,7347	10,6241	9,6445	10,2105	9,7872	8,3470
Enerji	HVL						
	BSBaNi1	BSBaCr2	BSBaMn3	BSBaCo1	BSBaFe	BSBaMn4	BSBaZn
0,015	0,0076	0,0113	0,0103	0,0081	0,0086	0,0087	0,0058
0,020	0,0168	0,0252	0,0230	0,0179	0,0192	0,0194	0,0126
0,026	0,0359	0,0540	0,0494	0,0385	0,0413	0,0418	0,0268
0,030	0,0512	0,0770	0,0702	0,0549	0,0588	0,0597	0,0383
0,040	0,0730	0,0924	0,0874	0,0753	0,0783	0,0786	0,0587
0,050	0,1291	0,1603	0,1521	0,1325	0,1374	0,1379	0,1047
0,060	0,1980	0,2413	0,2299	0,2024	0,2090	0,2097	0,1619
0,060	0,2016	0,2457	0,2340	0,2061	0,2129	0,2136	0,1652
0,080	0,3812	0,4467	0,4290	0,3865	0,3960	0,3967	0,3194
0,100	0,5787	0,6547	0,6331	0,5819	0,5918	0,5921	0,4956
0,150	1,0088	1,0762	1,0523	1,0003	1,0043	1,0022	0,8999
0,200	1,3084	1,3571	1,3340	1,2885	1,2854	1,2813	1,1919
0,300	1,6928	1,7195	1,6966	1,6582	1,6464	1,6399	1,5676
0,400	1,9619	1,9795	1,9552	1,9184	1,9020	1,8938	1,8269
0,500	2,1832	2,1961	2,1704	2,1332	2,1134	2,1042	2,0379
0,600	2,3800	2,3905	2,3631	2,3246	2,3023	2,2920	2,2244
0,662	2,4930	2,5028	2,4745	2,4346	2,4108	2,4007	2,3316
0,800	2,7313	2,7393	2,7085	2,6667	2,6402	2,6283	2,5559
1,000	3,0488	3,0556	3,0218	2,9763	2,9462	2,9330	2,8548
1,173	3,3087	3,3142	3,2773	3,2295	3,1956	3,1810	3,0981
1,333	3,5294	3,5358	3,4971	3,4456	3,4102	3,3943	3,3051
1,500	3,7493	3,7571	3,7154	3,6599	3,6228	3,6060	3,5113
2,000	4,3287	4,3439	4,2945	4,2269	4,1848	4,1648	4,0501
2,506	4,8263	4,8551	4,7977	4,7147	4,6697	4,6465	4,5087
3,000	5,2377	5,2810	5,2174	5,1193	5,0734	5,0467	4,8845
4,000	5,9036	5,9855	5,9079	5,7776	5,7303	5,6973	5,4851
5,000	6,3989	6,5231	6,4325	6,2699	6,2245	6,1843	5,9233
6,000	6,7662	6,9330	6,8306	6,6372	6,5946	6,5482	6,2425
8,000	7,2410	7,4879	7,3673	7,1167	7,0822	7,0269	6,6392
10,000	7,4981	7,8123	7,6759	7,3818	7,3549	7,2902	6,8413
15,000	7,7082	8,1409	7,9807	7,6110	7,6008	7,5230	6,9738

Tablo 10'da da denklem 10 ile elde edilen 0.015-15 MeV enerji aralığındaki yarı değer kalınlık değerleri yer almaktadır.

Tablo 3. 12: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSBaCo, BSBaFe, BSBaMn4 ve BSBaZn cam gruplarına ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki onda değer kalınlıkları.

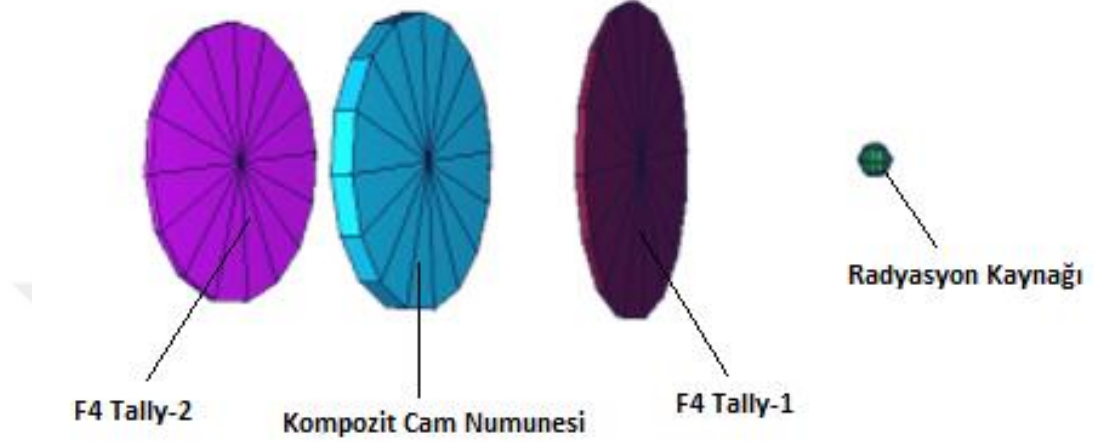
Enerji	TVL						
	BSBaLi	BSBaCr1	BSBaMn1	BSBaCa	BSBaMg	BSBaAl	BSBaMn2
0,015	0,1442	0,0538	0,0517	0,0533	0,0965	0,0901	0,0340
0,020	0,3171	0,1201	0,1149	0,1201	0,2151	0,2009	0,0758
0,026	0,6517	0,2569	0,2461	0,2586	0,4494	0,4210	0,1632
0,030	0,8948	0,3652	0,3489	0,3674	0,6236	0,5848	0,2324
0,040	0,6319	0,4177	0,4055	0,4022	0,4878	0,4639	0,2971
0,050	1,0494	0,7208	0,7008	0,6910	0,8144	0,7756	0,5191
0,060	1,5208	1,0796	1,0514	1,0295	1,1847	1,1294	0,7868
0,060	1,5463	1,0991	1,0702	1,0480	1,2045	1,1485	0,8011
0,080	2,6240	1,9801	1,9347	1,8677	2,0548	1,9637	1,4774
0,100	3,6437	2,8795	2,8222	2,6899	2,8631	2,7407	2,1918
0,150	5,5378	4,6765	4,6057	4,3024	4,3706	4,1939	3,6733
0,200	6,7557	5,8661	5,7906	5,3607	5,3416	5,1303	4,6744
0,300	8,3595	7,4033	7,3201	6,7338	6,6191	6,3615	5,9618
0,400	9,5494	8,5118	8,4196	7,7303	7,5649	7,2721	6,8771
0,500	10,5591	9,4382	9,3381	8,5663	8,3671	8,0441	7,6372
0,600	11,4736	10,2707	10,1628	9,3187	9,0933	8,7421	8,3170
0,662	12,0036	10,7515	10,6395	9,7527	9,5123	9,1454	8,7101
0,800	13,1244	11,7657	11,6430	10,6724	10,4034	10,0026	9,5347
1,000	14,6283	13,1226	12,9866	11,9024	11,5969	11,1499	10,6386
1,173	15,8641	14,2330	14,0846	12,9052	12,5770	12,0888	11,5381
1,333	16,9281	15,1851	15,0292	13,7698	13,4173	12,9007	12,3119
1,500	17,9934	16,1360	15,9688	14,6323	14,2598	13,7111	13,0801
2,000	20,8836	18,6653	18,4714	16,9231	16,5255	15,8881	15,1138
2,506	23,4777	20,8801	20,6621	18,9224	18,5376	17,8166	16,8744
3,000	25,7152	22,7312	22,4966	20,5934	20,2504	19,4638	18,3402
4,000	29,5897	25,8149	25,5478	23,3649	23,1649	22,2598	20,7392
5,000	32,7494	28,1902	27,8978	25,4934	25,4836	24,4789	22,5497
6,000	35,3359	30,0197	29,7079	27,1180	27,3296	26,2462	23,9143
8,000	39,2277	32,5350	32,2015	29,3477	30,0035	28,7982	25,7342
10,000	41,9019	34,0428	33,6913	30,6640	31,7401	30,4509	26,7605
15,000	45,6151	35,6598	35,2926	32,0384	33,9187	32,5123	27,7282
Enerji	TVL						
	BSBaNi1	BSBaCr2	BSBaMn3	BSBaCo1	BSBaFe	BSBaMn4	BSBaZn
0,015	0,0253	0,0375	0,0343	0,0269	0,0287	0,0289	0,0191
0,020	0,0557	0,0836	0,0763	0,0596	0,0638	0,0644	0,0418
0,026	0,1192	0,1794	0,1640	0,1280	0,1371	0,1390	0,0890
0,030	0,1702	0,2557	0,2332	0,1823	0,1955	0,1982	0,1274
0,040	0,2426	0,3070	0,2902	0,2501	0,2602	0,2612	0,1952
0,050	0,4287	0,5325	0,5054	0,4402	0,4565	0,4581	0,3479

0,060	0,6577	0,8015	0,7636	0,6723	0,6942	0,6968	0,5377
0,060	0,6698	0,8161	0,7774	0,6848	0,7073	0,7095	0,5486
0,080	1,2663	1,4841	1,4251	1,2838	1,3154	1,3178	1,0610
0,100	1,9226	2,1750	2,1032	1,9330	1,9660	1,9669	1,6465
0,150	3,3512	3,5750	3,4956	3,3228	3,3362	3,3293	2,9892
0,200	4,3464	4,5083	4,4314	4,2802	4,2700	4,2564	3,9594
0,300	5,6232	5,7119	5,6359	5,5084	5,4691	5,4476	5,2075
0,400	6,5174	6,5756	6,4951	6,3729	6,3183	6,2910	6,0689
0,500	7,2525	7,2954	7,2100	7,0864	7,0206	6,9899	6,7698
0,600	7,9062	7,9411	7,8501	7,7222	7,6481	7,6140	7,3893
0,662	8,2817	8,3141	8,2202	8,0876	8,0086	7,9750	7,7455
0,800	9,0731	9,0998	8,9975	8,8587	8,7706	8,7310	8,4904
1,000	10,1278	10,1506	10,0381	9,8872	9,7870	9,7432	9,4833
1,173	10,9913	11,0097	10,8868	10,7281	10,6154	10,5670	10,2918
1,333	11,7244	11,7458	11,6170	11,4461	11,3284	11,2757	10,9793
1,500	12,4550	12,4810	12,3423	12,1581	12,0346	11,9787	11,6643
2,000	14,3798	14,4301	14,2662	14,0416	13,9017	13,8352	13,4542
2,506	16,0327	16,1283	15,9377	15,6618	15,5126	15,4355	14,9776
3,000	17,3994	17,5432	17,3319	17,0061	16,8534	16,7647	16,2261
4,000	19,6114	19,8834	19,6256	19,1928	19,0356	18,9260	18,2210
5,000	21,2566	21,6691	21,3681	20,8281	20,6773	20,5439	19,6766
6,000	22,4768	23,0308	22,6908	22,0484	21,9066	21,7525	20,7371
8,000	24,0542	24,8743	24,4737	23,6412	23,5264	23,3429	22,0551
10,000	24,9082	25,9520	25,4988	24,5219	24,4324	24,2176	22,7265
15,000	25,6060	27,0435	26,5112	25,2832	25,2492	24,9907	23,1666

Çalışma kapsamında yer alan 14 cam malzeme grubu için Python dilinde yazılan ve çevrimiçi bir program olan Py-MLBUF yardımı ile EBF ve EABF hesaplamaları yapılmıştır ve Ek-1’de yer alan tablolarda tüm cam grupları için 0.015-15 MeV aralığında ve ortalama serbest yol değerleri 0.5-40 mfp aralığında olacak şekilde elde edilen EBF ve EABF değerleri yer almaktadır.

Foton geçirgenlik faktörü hesaplamaları için Şekil 3.7’de yer alan Visual Editor aracılığı ile çizimi gerçekleştirilen simülasyon düzeneğinin görseli yer almaktadır. 0.015 ve 15 MeV enerji aralığı için 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 cm kalınlık değerleri için foton geçirgenlik faktörleri hesaplanmıştır ve 14 cam grubu için yapılan hesaplamalara ait veriler Tablo 13 – 18’de yer almaktadır. MCNPX kodu ile yazılan transmisyon simülasyon kodu ile deney düzeneğinin tüm geometrik bilgileri ile birlikte hangi enerji değerinde bir radyasyon kaynağı kullanılacağı ve hangi kalınlık değerindeki cam malzeme ile simülasyon işleminin gerçekleştirileceği, cam malzemenin kimyasal bileşenlerinin bilgisi ve hangi yoğunluk değerinde olduğu bilgisinin tanımlarına ait kodlar yazılarak, her bir cam grubu ve belirli kalınlık değeri için değişen enerji

değerlerinde Monte Carlo simülasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda data analizinin simülasyon ortamında gerçekleştirilebilmesi için uygun tally tanımlamaları da yapılmıştır.



Şekil 3. 8: MCNP kodu ile tanımlanan transmisyon faktörü ölçümü için tasarlanan deney düzeneğinin Visual Editör yarımı ile elde edilen 3-boyutlu görseli[MCNPX Visual Editor Version X_22S-2].

Tablo 3. 13: BSBaLi cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaLi									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	1.574	0.001	0.631	0.002	0.247	0.003	0.096	0.005	0.037	0.009
0.060	2.105	0.001	1.117	0.002	0.582	0.002	0.298	0.003	0.152	0.004
0.070	2.486	0.001	1.566	0.001	0.970	0.002	0.596	0.002	0.362	0.003
0.080	2.744	0.001	1.916	0.001	1.323	0.001	0.907	0.002	0.618	0.002
0.090	2.926	0.001	2.187	0.001	1.623	0.001	1.195	0.002	0.876	0.002
0.100	3.055	0.001	2.390	0.001	1.859	0.001	1.439	0.001	1.108	0.002
0.110	3.150	0.001	2.547	0.001	2.048	0.001	1.643	0.001	1.311	0.001
0.120	3.221	0.001	2.668	0.001	2.200	0.001	1.809	0.001	1.483	0.001
0.122	3.233	0.001	2.688	0.001	2.226	0.001	1.839	0.001	1.514	0.001
0.356	3.583	0.001	3.315	0.001	3.072	0.001	2.842	0.001	2.631	0.001
0.511	3.636	0.001	3.414	0.001	3.208	0.001	3.013	0.001	2.830	0.001
0.662	3.670	0.001	3.476	0.001	3.294	0.001	3.121	0.001	2.956	0.001
1.250	3.740	0.001	3.606	0.001	3.477	0.001	3.352	0.001	3.231	0.001
1.330	3.746	0.001	3.617	0.001	3.493	0.001	3.373	0.001	3.256	0.001
2.000	3.781	0.001	3.683	0.001	3.589	0.001	3.494	0.001	3.400	0.001
5.000	3.846	0.001	3.806	0.001	3.762	0.001	3.716	0.001	3.668	0.001

8.000	3.880	0.001	3.867	0.001	3.848	0.001	3.825	0.001	3.798	0.001
10.000	3.899	0.001	3.902	0.001	3.896	0.001	3.884	0.001	3.867	0.001
15.000	3.944	0.001	3.981	0.001	4.007	0.001	4.024	0.001	4.033	0.001
20.000	3.993	0.001	4.067	0.001	4.124	0.001	4.170	0.001	4.205	0.001

Tablo 3. 14: BSBaCr1 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaCr1									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.942	0.002	0.214	0.004	0.048	0.007	0.010	0.016	0.002	0.034
0.060	1.551	0.001	0.594	0.002	0.224	0.003	0.084	0.006	0.031	0.009
0.070	2.035	0.001	1.039	0.002	0.525	0.002	0.263	0.003	0.132	0.005
0.080	2.386	0.001	1.441	0.001	0.862	0.002	0.514	0.002	0.304	0.003
0.090	2.641	0.001	1.774	0.001	1.183	0.002	0.786	0.002	0.521	0.002
0.100	2.824	0.001	2.034	0.001	1.460	0.001	1.041	0.002	0.741	0.002
0.110	2.960	0.001	2.241	0.001	1.691	0.001	1.270	0.001	0.951	0.002
0.120	3.060	0.001	2.402	0.001	1.879	0.001	1.465	0.001	1.138	0.002
0.122	3.078	0.001	2.430	0.001	1.912	0.001	1.501	0.001	1.173	0.002
0.356	3.547	0.001	3.249	0.001	2.979	0.001	2.727	0.001	2.495	0.001
0.511	3.608	0.001	3.362	0.001	3.135	0.001	2.920	0.001	2.720	0.001
0.662	3.646	0.001	3.432	0.001	3.232	0.001	3.042	0.001	2.861	0.001
1.250	3.726	0.001	3.577	0.001	3.434	0.001	3.297	0.001	3.165	0.001
1.330	3.732	0.001	3.590	0.001	3.452	0.001	3.321	0.001	3.192	0.001
2.000	3.771	0.001	3.664	0.001	3.559	0.001	3.454	0.001	3.351	0.001
5.000	3.846	0.001	3.804	0.001	3.756	0.001	3.704	0.001	3.650	0.001
8.000	3.891	0.001	3.883	0.001	3.866	0.001	3.842	0.001	3.813	0.001
10.000	3.918	0.001	3.930	0.001	3.932	0.001	3.924	0.001	3.910	0.001
15.000	3.988	0.001	4.052	0.001	4.102	0.001	4.133	0.001	4.153	0.001
20.000	4.064	0.001	4.188	0.001	4.289	0.001	4.365	0.001	4.423	0.001

Tablo 3. 15: BSBaMn1 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaMn1									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.906	0.001	0.198	0.003	0.042	0.007	0.009	0.015	0.002	0.032
0.060	1.515	0.001	0.566	0.002	0.208	0.003	0.076	0.005	0.028	0.008
0.070	2.004	0.001	1.006	0.001	0.500	0.002	0.246	0.003	0.122	0.004
0.080	2.360	0.001	1.408	0.001	0.832	0.002	0.490	0.002	0.287	0.003
0.090	2.618	0.001	1.744	0.001	1.152	0.001	0.759	0.002	0.499	0.002
0.100	2.806	0.001	2.007	0.001	1.429	0.001	1.014	0.001	0.717	0.002
0.110	2.945	0.001	2.217	0.001	1.664	0.001	1.242	0.001	0.926	0.002
0.120	3.048	0.001	2.381	0.001	1.854	0.001	1.438	0.001	1.112	0.001
0.122	3.065	0.001	2.410	0.001	1.888	0.001	1.474	0.001	1.147	0.001

0.356	3.544	0.001	3.243	0.001	2.969	0.001	2.716	0.001	2.482	0.001
0.511	3.605	0.001	3.357	0.001	3.128	0.001	2.912	0.001	2.709	0.001
0.662	3.644	0.001	3.428	0.001	3.225	0.001	3.034	0.001	2.853	0.001
1.250	3.724	0.001	3.575	0.001	3.431	0.001	3.293	0.001	3.158	0.001
1.330	3.730	0.001	3.587	0.001	3.449	0.001	3.315	0.001	3.186	0.001
2.000	3.770	0.001	3.662	0.001	3.557	0.001	3.450	0.001	3.346	0.001
5.000	3.846	0.001	3.803	0.001	3.754	0.001	3.702	0.001	3.648	0.001
8.000	3.891	0.001	3.882	0.001	3.864	0.001	3.840	0.001	3.809	0.001
10.000	3.919	0.001	3.930	0.001	3.931	0.001	3.922	0.001	3.907	0.001
15.000	3.988	0.001	4.054	0.001	4.102	0.001	4.133	0.001	4.152	0.001
20.000	4.065	0.001	4.191	0.001	4.290	0.001	4.366	0.001	4.426	0.001

Tablo 3. 16: BSBaCa cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaCa									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.894	0.002	0.192	0.003	0.040	0.007	0.008	0.016	0.002	0.035
0.060	1.493	0.001	0.547	0.002	0.197	0.003	0.070	0.005	0.025	0.009
0.070	1.974	0.001	0.974	0.001	0.476	0.002	0.230	0.003	0.111	0.004
0.080	2.328	0.001	1.367	0.001	0.795	0.002	0.460	0.002	0.264	0.003
0.090	2.584	0.001	1.697	0.001	1.103	0.001	0.715	0.002	0.462	0.002
0.100	2.771	0.001	1.955	0.001	1.372	0.001	0.958	0.001	0.667	0.002
0.110	2.910	0.001	2.163	0.001	1.601	0.001	1.178	0.001	0.865	0.002
0.120	3.012	0.001	2.325	0.001	1.788	0.001	1.368	0.001	1.045	0.001
0.122	3.029	0.001	2.351	0.001	1.819	0.001	1.401	0.001	1.077	0.001
0.356	3.517	0.001	3.196	0.001	2.905	0.001	2.639	0.001	2.394	0.001
0.511	3.583	0.001	3.316	0.001	3.072	0.001	2.843	0.001	2.629	0.001
0.662	3.624	0.001	3.392	0.001	3.176	0.001	2.971	0.001	2.779	0.001
1.250	3.709	0.001	3.549	0.001	3.393	0.001	3.245	0.001	3.102	0.001
1.330	3.717	0.001	3.563	0.001	3.414	0.001	3.271	0.001	3.132	0.001
2.000	3.761	0.001	3.644	0.001	3.529	0.001	3.415	0.001	3.303	0.001
5.000	3.843	0.001	3.796	0.001	3.744	0.001	3.687	0.001	3.627	0.001
8.000	3.894	0.001	3.884	0.001	3.864	0.001	3.836	0.001	3.803	0.001
10.000	3.924	0.001	3.937	0.001	3.939	0.001	3.929	0.001	3.911	0.001
15.000	4.002	0.001	4.075	0.001	4.128	0.001	4.161	0.001	4.178	0.001
20.000	4.088	0.001	4.229	0.001	4.337	0.001	4.418	0.001	4.479	0.001

Tablo 3. 17: BSBaMg cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaMg									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	1.199	0.001	0.357	0.002	0.103	0.005	0.008	0.008	0.008	0.016
0.060	1.759	0.001	0.766	0.002	0.324	0.003	0.136	0.004	0.056	0.006
0.070	2.184	0.001	1.195	0.001	0.641	0.002	0.340	0.002	0.179	0.003
0.080	2.486	0.001	1.562	0.001	0.966	0.001	0.592	0.002	0.361	0.002
0.090	2.703	0.001	1.857	0.001	1.261	0.001	0.851	0.002	0.571	0.002
0.100	2.860	0.001	2.085	0.001	1.508	0.001	1.082	0.001	0.775	0.002
0.110	2.977	0.001	2.265	0.001	1.714	0.001	1.287	0.001	0.966	0.001
0.120	3.064	0.001	2.407	0.001	1.881	0.001	1.462	0.001	1.133	0.001
0.122	3.079	0.001	2.430	0.001	1.910	0.001	1.494	0.001	1.163	0.001
0.356	3.512	0.001	3.189	0.001	2.896	0.001	2.628	0.001	2.383	0.001
0.511	3.577	0.001	3.306	0.001	3.059	0.001	2.828	0.001	2.612	0.001
0.662	3.618	0.001	3.382	0.001	3.163	0.001	2.956	0.001	2.762	0.001
1.250	3.705	0.001	3.541	0.001	3.383	0.001	3.232	0.001	3.086	0.001
1.330	3.713	0.001	3.555	0.001	3.403	0.001	3.258	0.001	3.117	0.001
2.000	3.757	0.001	3.638	0.001	3.520	0.001	3.405	0.001	3.289	0.001
5.000	3.840	0.001	3.790	0.001	3.736	0.001	3.677	0.001	3.616	0.001
8.000	3.886	0.001	3.871	0.001	3.849	0.001	3.818	0.001	3.782	0.001
10.000	3.913	0.001	3.920	0.001	3.914	0.001	3.898	0.001	3.876	0.001
15.000	3.979	0.001	4.036	0.001	4.074	0.001	4.096	0.001	4.102	0.001
20.000	4.051	0.001	4.162	0.001	4.247	0.001	4.307	0.001	4.352	0.001

Tablo 3. 18: BSBaAl cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaAl									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	1.123	0.001	0.310	0.003	0.083	0.005	0.022	0.010	0.006	0.019
0.060	1.684	0.001	0.699	0.002	0.282	0.003	0.112	0.004	0.044	0.007
0.070	2.120	0.001	1.121	0.001	0.582	0.002	0.298	0.003	0.152	0.004
0.080	2.430	0.001	1.489	0.001	0.897	0.002	0.537	0.002	0.319	0.003
0.090	2.655	0.001	1.789	0.001	1.190	0.001	0.788	0.002	0.519	0.002
0.100	2.818	0.001	2.022	0.001	1.439	0.001	1.017	0.001	0.716	0.002
0.110	2.940	0.001	2.207	0.001	1.648	0.001	1.221	0.001	0.903	0.002
0.120	3.031	0.001	2.354	0.001	1.818	0.001	1.397	0.001	1.069	0.001
0.122	3.045	0.001	2.378	0.001	1.846	0.001	1.427	0.001	1.099	0.001
0.356	3.498	0.001	3.164	0.001	2.862	0.001	2.588	0.001	2.335	0.001
0.511	3.566	0.001	3.287	0.001	3.031	0.001	2.794	0.001	2.572	0.001
0.662	3.609	0.001	3.364	0.001	3.138	0.001	2.925	0.001	2.725	0.001
1.250	3.698	0.001	3.528	0.001	3.365	0.001	3.209	0.001	3.057	0.001

1.330	3.706	0.001	3.543	0.001	3.386	0.001	3.236	0.001	3.089	0.001
2.000	3.753	0.001	3.628	0.001	3.507	0.001	3.387	0.001	3.268	0.001
5.000	3.838	0.001	3.786	0.001	3.729	0.001	3.668	0.001	3.604	0.001
8.000	3.885	0.001	3.871	0.001	3.846	0.001	3.813	0.001	3.775	0.001
10.000	3.914	0.001	3.921	0.001	3.914	0.001	3.897	0.001	3.872	0.001
15.000	3.982	0.001	4.041	0.001	4.080	0.001	4.101	0.001	4.109	0.001
20.000	4.058	0.001	4.172	0.001	4.259	0.001	4.321	0.001	4.366	0.001

Tablo 3. 19: BSBaMn2 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaMn2									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.526	0.002	0.066	0.007	0.008	0.019	0.001	0.054	0.000	0.143
0.060	1.078	0.002	0.285	0.003	0.074	0.006	0.019	0.012	0.005	0.024
0.070	1.595	0.001	0.633	0.002	0.249	0.003	0.098	0.005	0.038	0.009
0.080	2.001	0.001	1.008	0.002	0.504	0.002	0.249	0.003	0.124	0.005
0.090	2.311	0.001	1.352	0.001	0.785	0.002	0.454	0.003	0.260	0.003
0.100	2.539	0.001	1.642	0.001	1.052	0.002	0.671	0.002	0.427	0.003
0.110	2.713	0.001	1.878	0.001	1.293	0.002	0.885	0.002	0.603	0.002
0.120	2.844	0.001	2.067	0.001	1.497	0.001	1.078	0.002	0.774	0.002
0.122	2.866	0.001	2.101	0.001	1.534	0.001	1.114	0.002	0.807	0.002
0.356	3.474	0.001	3.118	0.001	2.797	0.001	2.505	0.001	2.240	0.001
0.511	3.550	0.001	3.255	0.001	2.984	0.001	2.734	0.001	2.502	0.001
0.662	3.596	0.001	3.338	0.001	3.100	0.001	2.876	0.001	2.665	0.001
1.250	3.692	0.001	3.514	0.001	3.342	0.001	3.180	0.001	3.019	0.001
1.330	3.700	0.001	3.529	0.001	3.364	0.001	3.207	0.001	3.051	0.001
2.000	3.749	0.001	3.618	0.001	3.490	0.001	3.363	0.001	3.239	0.001
5.000	3.842	0.001	3.787	0.001	3.727	0.001	3.662	0.001	3.591	0.001
8.000	3.896	0.001	3.887	0.001	3.863	0.001	3.832	0.001	3.791	0.001
10.000	3.931	0.001	3.948	0.001	3.948	0.001	3.935	0.001	3.910	0.001
15.000	4.024	0.001	4.109	0.001	4.166	0.001	4.201	0.001	4.220	0.001
20.000	4.126	0.001	4.289	0.001	4.414	0.001	4.503	0.001	4.569	0.001

Tablo 3. 20: BSBaNi cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaNi1									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.327	0.002	0.025	0.009	0.002	0.031	0.000	0.111	0.000	0.451
0.060	0.819	0.002	0.165	0.003	0.033	0.008	0.006	0.017	0.001	0.038
0.070	1.339	0.001	0.448	0.002	0.149	0.004	0.049	0.006	0.016	0.012
0.080	1.776	0.001	0.795	0.002	0.352	0.002	0.156	0.004	0.068	0.005

0.090	2.120	0.001	1.140	0.001	0.608	0.002	0.323	0.002	0.170	0.003
0.100	2.381	0.001	1.444	0.001	0.868	0.002	0.520	0.002	0.309	0.003
0.110	2.580	0.001	1.701	0.001	1.111	0.001	0.723	0.002	0.469	0.002
0.120	2.732	0.001	1.909	0.001	1.326	0.001	0.916	0.002	0.631	0.002
0.122	2.759	0.001	1.946	0.001	1.365	0.001	0.953	0.001	0.663	0.002
0.356	3.451	0.001	3.077	0.001	2.740	0.001	2.437	0.001	2.164	0.001
0.511	3.533	0.001	3.223	0.001	2.941	0.001	2.680	0.001	2.436	0.001
0.662	3.581	0.001	3.311	0.001	3.062	0.001	2.828	0.001	2.609	0.001
1.250	3.681	0.001	3.495	0.001	3.316	0.001	3.145	0.001	2.978	0.001
1.330	3.690	0.001	3.511	0.001	3.339	0.001	3.174	0.001	3.012	0.001
2.000	3.740	0.001	3.605	0.001	3.471	0.001	3.337	0.001	3.204	0.001
5.000	3.838	0.001	3.780	0.001	3.717	0.001	3.647	0.001	3.573	0.001
8.000	3.897	0.001	3.887	0.001	3.863	0.001	3.828	0.001	3.784	0.001
10.000	3.936	0.001	3.955	0.001	3.955	0.001	3.941	0.001	3.913	0.001
15.000	4.038	0.001	4.133	0.001	4.196	0.001	4.233	0.001	4.251	0.001
20.000	4.152	0.001	4.334	0.001	4.469	0.001	4.567	0.001	4.634	0.001

Tablo 3. 21: BSBaCr2 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	GF $\pm \sigma_{GF}$ BSBaCr2									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.555	0.002	0.073	0.006	0.009	0.016	0.001	0.047	0.000	0.119
0.060	1.107	0.002	0.299	0.003	0.080	0.006	0.021	0.011	0.006	0.021
0.070	1.615	0.001	0.648	0.002	0.257	0.003	0.102	0.005	0.040	0.008
0.080	2.012	0.001	1.017	0.002	0.510	0.002	0.253	0.003	0.126	0.005
0.090	2.314	0.001	1.355	0.001	0.787	0.002	0.455	0.002	0.260	0.003
0.100	2.536	0.001	1.637	0.001	1.046	0.002	0.667	0.002	0.422	0.003
0.110	2.705	0.001	1.867	0.001	1.280	0.001	0.873	0.002	0.593	0.002
0.120	2.833	0.001	2.051	0.001	1.480	0.001	1.061	0.002	0.757	0.002
0.122	2.854	0.001	2.084	0.001	1.516	0.001	1.095	0.002	0.789	0.002
0.356	3.456	0.001	3.089	0.001	2.757	0.001	2.461	0.001	2.190	0.001
0.511	3.534	0.001	3.229	0.001	2.950	0.001	2.692	0.001	2.453	0.001
0.662	3.582	0.001	3.315	0.001	3.068	0.001	2.837	0.001	2.619	0.001
1.250	3.681	0.001	3.495	0.001	3.317	0.001	3.149	0.001	2.983	0.001
1.330	3.690	0.001	3.511	0.001	3.340	0.001	3.176	0.001	3.016	0.001
2.000	3.739	0.001	3.604	0.001	3.470	0.001	3.339	0.001	3.209	0.001
5.000	3.836	0.001	3.778	0.001	3.715	0.001	3.646	0.001	3.572	0.001
8.000	3.892	0.001	3.880	0.001	3.853	0.001	3.819	0.001	3.775	0.001
10.000	3.927	0.001	3.941	0.001	3.937	0.001	3.921	0.001	3.892	0.001
15.000	4.019	0.001	4.100	0.001	4.154	0.001	4.185	0.001	4.198	0.001
20.000	4.119	0.001	4.278	0.001	4.395	0.001	4.479	0.001	4.537	0.001

Tablo 3. 22: BSBaMn3 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaMn3									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.499	0.002	0.059	0.007	0.007	0.019	0.001	0.056	0.000	0.161
0.060	1.038	0.002	0.264	0.003	0.066	0.006	0.016	0.012	0.004	0.025
0.070	1.550	0.001	0.596	0.002	0.227	0.003	0.086	0.005	0.032	0.009
0.080	1.954	0.001	0.960	0.002	0.468	0.002	0.225	0.003	0.109	0.005
0.090	2.264	0.001	1.298	0.001	0.738	0.002	0.418	0.003	0.234	0.003
0.100	2.496	0.001	1.585	0.001	0.998	0.002	0.625	0.002	0.389	0.003
0.110	2.672	0.001	1.820	0.001	1.232	0.001	0.830	0.002	0.557	0.002
0.120	2.804	0.001	2.010	0.001	1.435	0.001	1.018	0.002	0.720	0.002
0.122	2.827	0.001	2.043	0.001	1.471	0.001	1.052	0.002	0.750	0.002
0.356	3.451	0.001	3.079	0.001	2.743	0.001	2.443	0.001	2.171	0.001
0.511	3.530	0.001	3.221	0.001	2.938	0.001	2.679	0.001	2.437	0.001
0.662	3.578	0.001	3.308	0.001	3.058	0.001	2.826	0.001	2.605	0.001
1.250	3.679	0.001	3.490	0.001	3.311	0.001	3.140	0.001	2.973	0.001
1.330	3.688	0.001	3.507	0.001	3.334	0.001	3.168	0.001	3.006	0.001
2.000	3.738	0.001	3.601	0.001	3.465	0.001	3.332	0.001	3.201	0.001
5.000	3.836	0.001	3.777	0.001	3.713	0.001	3.643	0.001	3.568	0.001
8.000	3.893	0.001	3.880	0.001	3.854	0.001	3.819	0.001	3.774	0.001
10.000	3.929	0.001	3.943	0.001	3.939	0.001	3.923	0.001	3.893	0.001
15.000	4.023	0.001	4.107	0.001	4.162	0.001	4.193	0.001	4.207	0.001
20.000	4.126	0.001	4.290	0.001	4.412	0.001	4.496	0.001	4.556	0.001

Tablo 3. 23: BSBaCo cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaCo									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.356	0.002	0.030	0.008	0.003	0.028	0.000	0.098	0.000	0.409
0.060	0.856	0.002	0.179	0.003	0.037	0.007	0.008	0.016	0.002	0.035
0.070	1.372	0.001	0.469	0.002	0.159	0.004	0.053	0.006	0.018	0.011
0.080	1.801	0.001	0.816	0.002	0.366	0.002	0.163	0.004	0.073	0.005
0.090	2.137	0.001	1.157	0.001	0.621	0.002	0.332	0.002	0.176	0.003
0.100	2.392	0.001	1.455	0.001	0.878	0.002	0.527	0.002	0.314	0.003
0.110	2.586	0.001	1.707	0.001	1.116	0.001	0.727	0.002	0.472	0.002
0.120	2.734	0.001	1.910	0.001	1.327	0.001	0.917	0.002	0.631	0.002
0.122	2.759	0.001	1.946	0.001	1.364	0.001	0.953	0.001	0.662	0.002
0.356	3.442	0.001	3.063	0.001	2.721	0.001	2.414	0.001	2.138	0.001
0.511	3.525	0.001	3.210	0.001	2.922	0.001	2.658	0.001	2.412	0.001
0.662	3.574	0.001	3.300	0.001	3.047	0.001	2.808	0.001	2.585	0.001
1.250	3.677	0.001	3.486	0.001	3.303	0.001	3.129	0.001	2.960	0.001
1.330	3.686	0.001	3.502	0.001	3.327	0.001	3.158	0.001	2.993	0.001

2.000	3.738	0.001	3.598	0.001	3.460	0.001	3.325	0.001	3.191	0.001
5.000	3.836	0.001	3.777	0.001	3.712	0.001	3.640	0.001	3.564	0.001
8.000	3.896	0.001	3.885	0.001	3.859	0.001	3.822	0.001	3.777	0.001
10.000	3.935	0.001	3.953	0.001	3.951	0.001	3.935	0.001	3.904	0.001
15.000	4.036	0.001	4.130	0.001	4.189	0.001	4.226	0.001	4.241	0.001
20.000	4.151	0.001	4.332	0.001	4.462	0.001	4.558	0.001	4.622	0.001

Tablo 3. 24: BSBaFe cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaFe									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.385	0.003	0.035	0.009	0.003	0.029	0.000	0.097	0.000	0.448
0.060	0.895	0.002	0.196	0.004	0.043	0.008	0.009	0.017	0.002	0.036
0.070	1.411	0.001	0.496	0.002	0.172	0.004	0.060	0.007	0.020	0.011
0.080	1.833	0.001	0.847	0.002	0.388	0.003	0.176	0.004	0.080	0.006
0.090	2.164	0.001	1.187	0.002	0.645	0.002	0.349	0.003	0.187	0.004
0.100	2.413	0.001	1.482	0.001	0.902	0.002	0.546	0.002	0.328	0.003
0.110	2.603	0.001	1.729	0.001	1.138	0.002	0.747	0.002	0.488	0.002
0.120	2.747	0.001	1.928	0.001	1.347	0.001	0.935	0.002	0.647	0.002
0.122	2.771	0.001	1.963	0.001	1.384	0.001	0.971	0.002	0.678	0.002
0.356	3.440	0.001	3.058	0.001	2.715	0.001	2.409	0.001	2.132	0.001
0.511	3.522	0.001	3.206	0.001	2.916	0.001	2.651	0.001	2.404	0.001
0.662	3.572	0.001	3.295	0.001	3.040	0.001	2.802	0.001	2.577	0.001
1.250	3.675	0.001	3.482	0.001	3.298	0.001	3.122	0.001	2.952	0.001
1.330	3.684	0.001	3.499	0.001	3.321	0.001	3.152	0.001	2.985	0.001
2.000	3.735	0.001	3.595	0.001	3.456	0.001	3.319	0.001	3.185	0.001
5.000	3.836	0.001	3.776	0.001	3.710	0.001	3.638	0.001	3.560	0.001
8.000	3.896	0.001	3.884	0.001	3.858	0.001	3.821	0.001	3.773	0.001
10.000	3.935	0.001	3.952	0.001	3.949	0.001	3.932	0.001	3.901	0.001
15.000	4.035	0.001	4.127	0.001	4.186	0.001	4.221	0.001	4.235	0.001
20.000	4.146	0.001	4.326	0.001	4.456	0.001	4.549	0.001	4.615	0.001

Tablo 3. 25: BSBaMn4 cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaMn4									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.397	0.003	0.037	0.009	0.003	0.028	0.000	0.091	0.000	0.354
0.060	0.906	0.002	0.201	0.004	0.044	0.008	0.010	0.017	0.002	0.036
0.070	1.419	0.001	0.500	0.002	0.174	0.004	0.061	0.007	0.021	0.012
0.080	1.837	0.001	0.849	0.002	0.389	0.003	0.176	0.004	0.080	0.006
0.090	2.165	0.001	1.187	0.002	0.645	0.002	0.349	0.003	0.186	0.004
0.100	2.413	0.001	1.481	0.001	0.900	0.002	0.544	0.002	0.327	0.003
0.110	2.600	0.001	1.725	0.001	1.134	0.002	0.743	0.002	0.485	0.002

0.120	2.743	0.001	1.923	0.001	1.341	0.001	0.930	0.002	0.642	0.002
0.122	2.768	0.001	1.959	0.001	1.379	0.001	0.965	0.002	0.673	0.002
0.356	3.438	0.001	3.056	0.001	2.712	0.001	2.403	0.001	2.126	0.001
0.511	3.520	0.001	3.203	0.001	2.913	0.001	2.647	0.001	2.400	0.001
0.662	3.571	0.001	3.294	0.001	3.037	0.001	2.799	0.001	2.573	0.001
1.250	3.674	0.001	3.482	0.001	3.297	0.001	3.121	0.001	2.950	0.001
1.330	3.684	0.001	3.498	0.001	3.320	0.001	3.150	0.001	2.983	0.001
2.000	3.736	0.001	3.595	0.001	3.455	0.001	3.319	0.001	3.185	0.001
5.000	3.837	0.001	3.777	0.001	3.712	0.001	3.640	0.001	3.562	0.001
8.000	3.898	0.001	3.887	0.001	3.861	0.001	3.824	0.001	3.777	0.001
10.000	3.938	0.001	3.956	0.001	3.954	0.001	3.937	0.001	3.906	0.001
15.000	4.039	0.001	4.135	0.001	4.194	0.001	4.232	0.001	4.247	0.001
20.000	4.154	0.001	4.339	0.001	4.470	0.001	4.565	0.001	4.995	0.001

Tablo 3. 26: BSBaZn cam grubuna ait 0.015-15 MeV enerji aralığındaki foton geçirgenlik faktörleri.

Enerji	$GF \pm \sigma_{GF}$ BSBaZn									
	0.5 cm		1.0 cm		1.5 cm		2.0 cm		2.5 cm	
0.050	0.173	0.003	0.007	0.016	0.000	0.080	0.000	0.411	0.000	1.000
0.060	0.560	0.002	0.078	0.005	0.011	0.014	0.001	0.038	0.000	0.097
0.070	1.046	0.001	0.274	0.003	0.071	0.005	0.018	0.010	0.005	0.020
0.080	1.499	0.001	0.565	0.002	0.210	0.003	0.079	0.005	0.029	0.008
0.090	1.874	0.001	0.890	0.001	0.419	0.002	0.194	0.003	0.091	0.005
0.100	2.168	0.001	1.195	0.001	0.652	0.002	0.355	0.002	0.191	0.003
0.110	2.398	0.001	1.466	0.001	0.889	0.002	0.536	0.002	0.320	0.003
0.120	2.575	0.001	1.695	0.001	1.106	0.001	0.719	0.002	0.465	0.002
0.122	2.604	0.001	1.735	0.001	1.146	0.001	0.754	0.002	0.494	0.002
0.356	3.417	0.001	3.019	0.001	2.660	0.001	2.340	0.001	2.056	0.001
0.511	3.509	0.001	3.180	0.001	2.879	0.001	2.602	0.001	2.348	0.001
0.662	3.561	0.001	3.275	0.001	3.010	0.001	2.763	0.001	2.532	0.001
1.250	3.669	0.001	3.470	0.001	3.280	0.001	3.099	0.001	2.922	0.001
1.330	3.677	0.001	3.486	0.001	3.303	0.001	3.126	0.001	2.955	0.001
2.000	3.731	0.001	3.587	0.001	3.442	0.001	3.301	0.001	3.162	0.001
5.000	3.836	0.001	3.775	0.001	3.706	0.001	3.630	0.001	3.548	0.001
8.000	3.901	0.001	3.890	0.001	3.865	0.001	3.825	0.001	3.775	0.001
10.000	3.945	0.001	3.967	0.001	3.967	0.001	3.948	0.001	3.916	0.001
15.000	4.061	0.001	4.170	0.001	4.238	0.001	4.279	0.001	4.296	0.001
20.000	4.193	0.001	4.400	0.001	4.550	0.001	4.656	0.001	4.728	0.001

3.7 DENEYSEL ÖLÇÜM HESAPLAMALARI



Şekil 3. 9: Ba-133 radyoizotop kaynağı ile 80.998 keV, 160.612 keV, 223.237 keV, 276.399 keV, 302.851 keV, 356.013 keV ve 383.849 keV enerji değerlerine karşılık μ/ρ (cm^2/g) ölçümünün gerçekleştirildiği deney düzeneği.

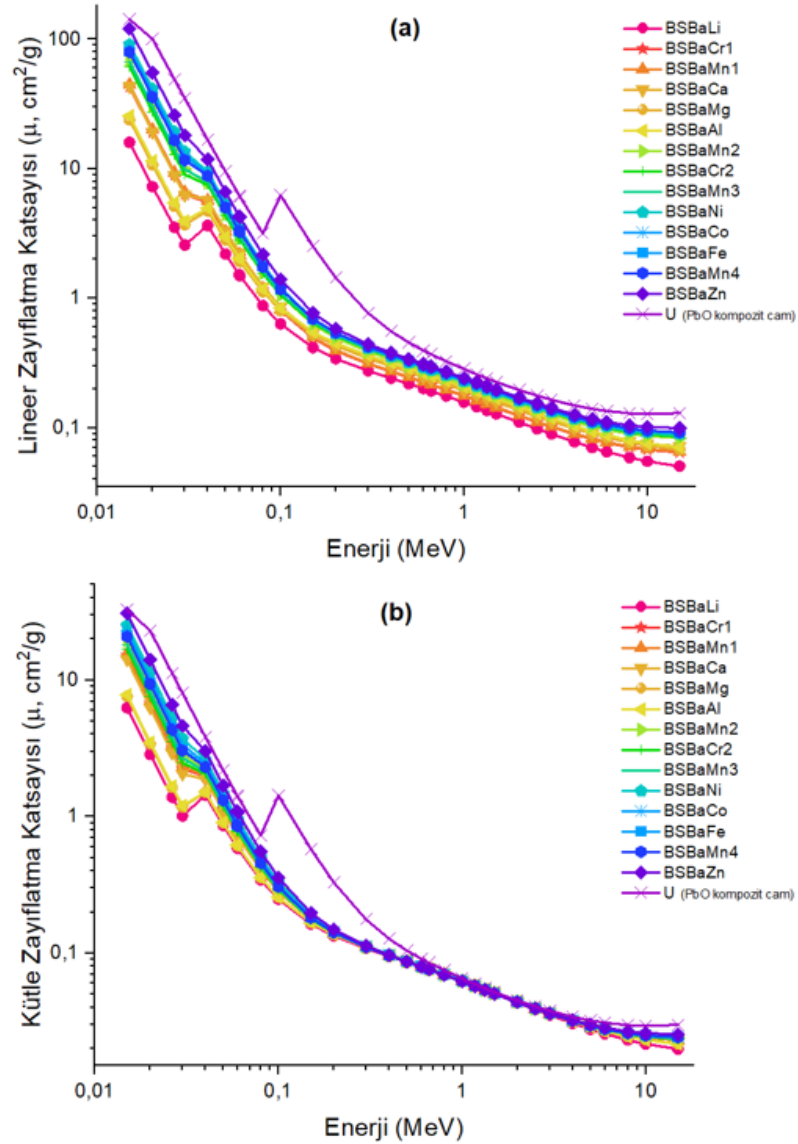
Tablo 3. 27: Ba-133 radyoizotopundan çıkan enerji değerlerine karşılık deneysel I, I_0 ve μ/ρ değerleri ile teorik μ/ρ değerleri.

Enerji (keV)	t (cm)	I	I_0	μ	ρ	μ/ρ (deneysel)	μ/ρ (teorik)
80.998	0.500	788846	2078093	1.937	3.519	0.551	0.154
160.612	0.500	10915	15338	0.680	3.519	0.193	0.052
223.237	0.500	3598	4629	0.504	3.519	0.143	0.039
276.399	0.500	35541	43836	0.420	3.519	0.119	0.034
302.851	0.500	73654	89495	0.390	3.519	0.111	0.032
356.013	0.500	174932	210624	0.371	3.519	0.106	0.029
383.849	0.500	21802	25936	0.347	3.519	0.099	0.028

Transparanlık düzeyinin en yüksek olduğu 0.5 cm değerinde üretilebilen BSBaZn kodlu cam numunesi, Ba-133 radyoizotop kaynağı kullanılarak kaynaktan çıkan 80.998 keV, 160.612 keV, 223.237 keV, 276.399 keV, 302.851 keV, 356.013 keV, 383.849 keV enerji değerleri için μ/ρ (cm^2/g) kütle zayıflatma katsayıları deneysel olarak elde edilmiştir ve WinXCom kütüphanesi verileri kullanılarak elde edilen teorik μ/ρ (cm^2/g) değerleri de Tablo 3.27’de yer almaktadır.

4. BULGULAR

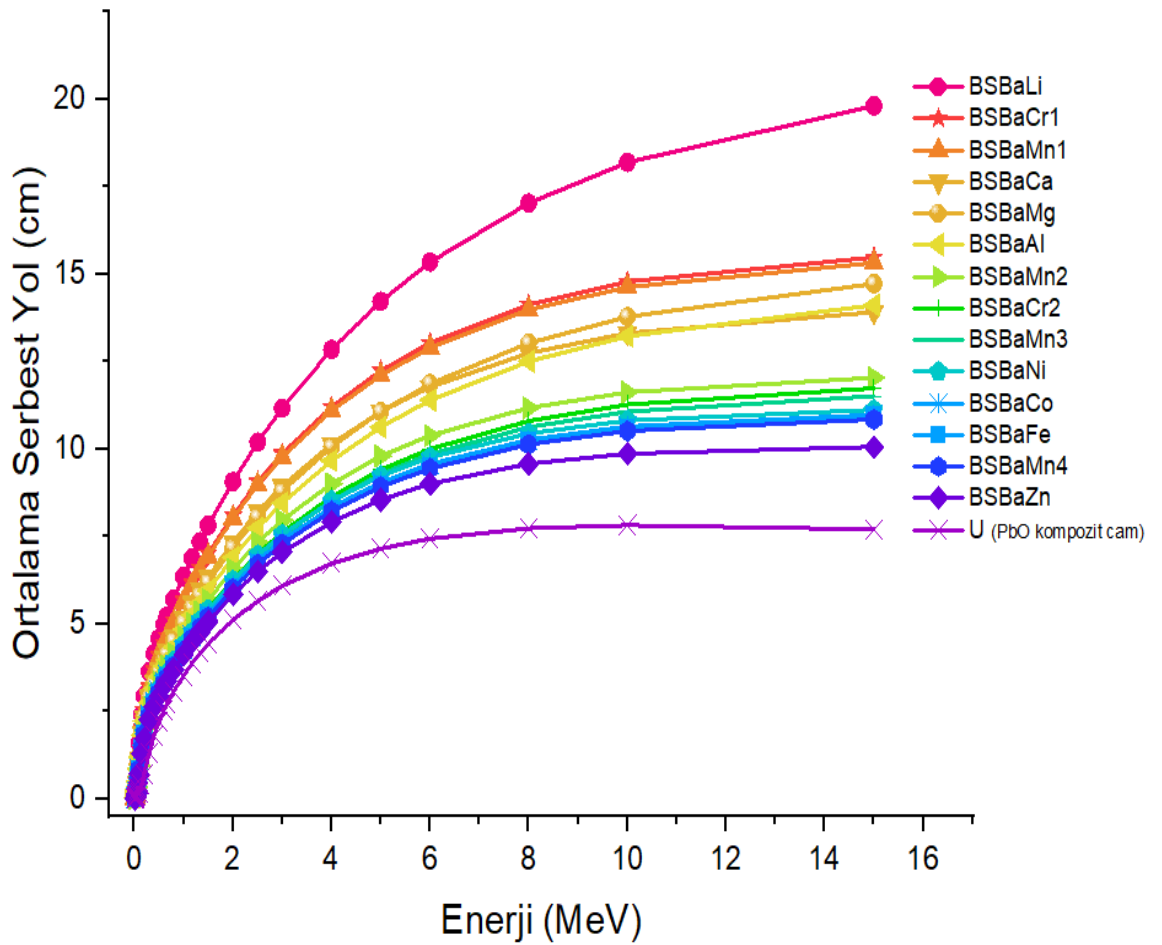
Teorik olarak hesaplamaları gerçekleştirilen her bir zırhlama parametresi için elde edilen sonuçlar, radyasyonu zırhlama özelliği açısından kullanımı tarihi bir geçmişe sahip olan kurşunun katkılı olduğu cam malzeme grubu ile karşılaştırılmıştır. İlgilenilen cam grupları için lineer zayıflatma katsayıları (LAC) ve kütle zayıflatma katsayıları (MAC) Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4. 1: Her bir malzeme grubu için (a) lineer zayıflatma katsayıları, (b) kütle zayıflatma katsayıları ve karşılaştırmaları.

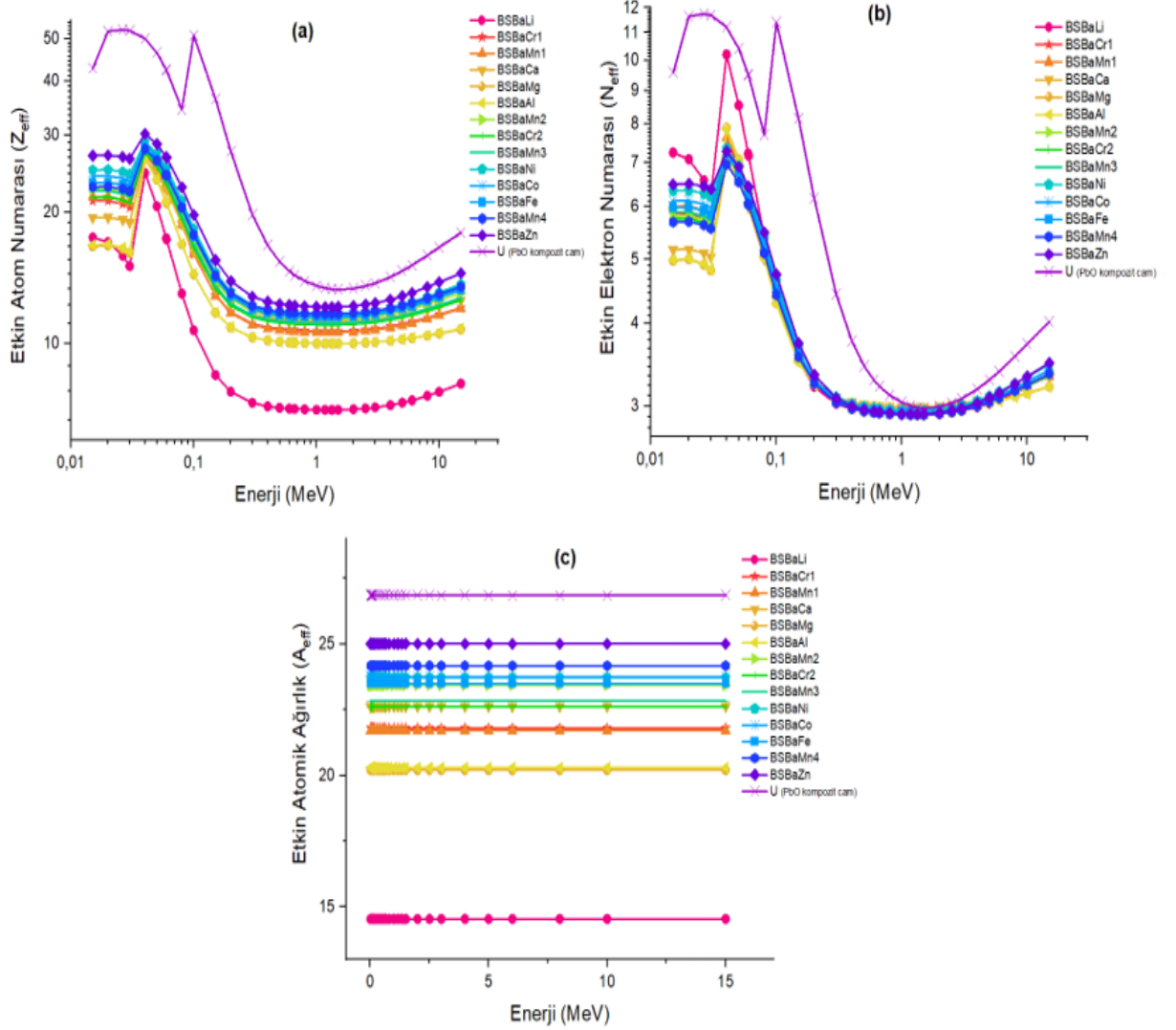
Şekil 4.1’de görüldüğü gibi yoğunluk arttığında 0.015-15 MeV foton enerji aralığı arasında belirlenen LAC ve MAC değerleri, düşük yoğunluklu kompozit cam yapılarına göre daha

yüksek değerlerde elde edilmektedir. Başlangıç olarak LAC değerinin üç farklı foton enerji bölgesinde farklı davranışı olduğunu görebiliriz. Radyasyon ve madde etkileşimi sırasında düşük enerjili bölgede gama enerjisi arttıkça LAC değerlerinin azaldığı gözlenmektedir ve gama enerji artışı ile fotoelektrik olay daha baskın hale gelmektedir. Bulgularımıza göre, BSBaZn kompozit cam örneği için maksimum LAC değerleri incelenen foton enerjilerinde gözlenmektedir. Yoğunluğun yüksek olduğu BSBaZn cam örneği, kurşunlu camın LAC değerlerine en yakın olmasının nedenidir.



Şekil 4. 2: Her bir malzeme grubu için ortalama serbest yol değerleri ve karşılaştırmaları.

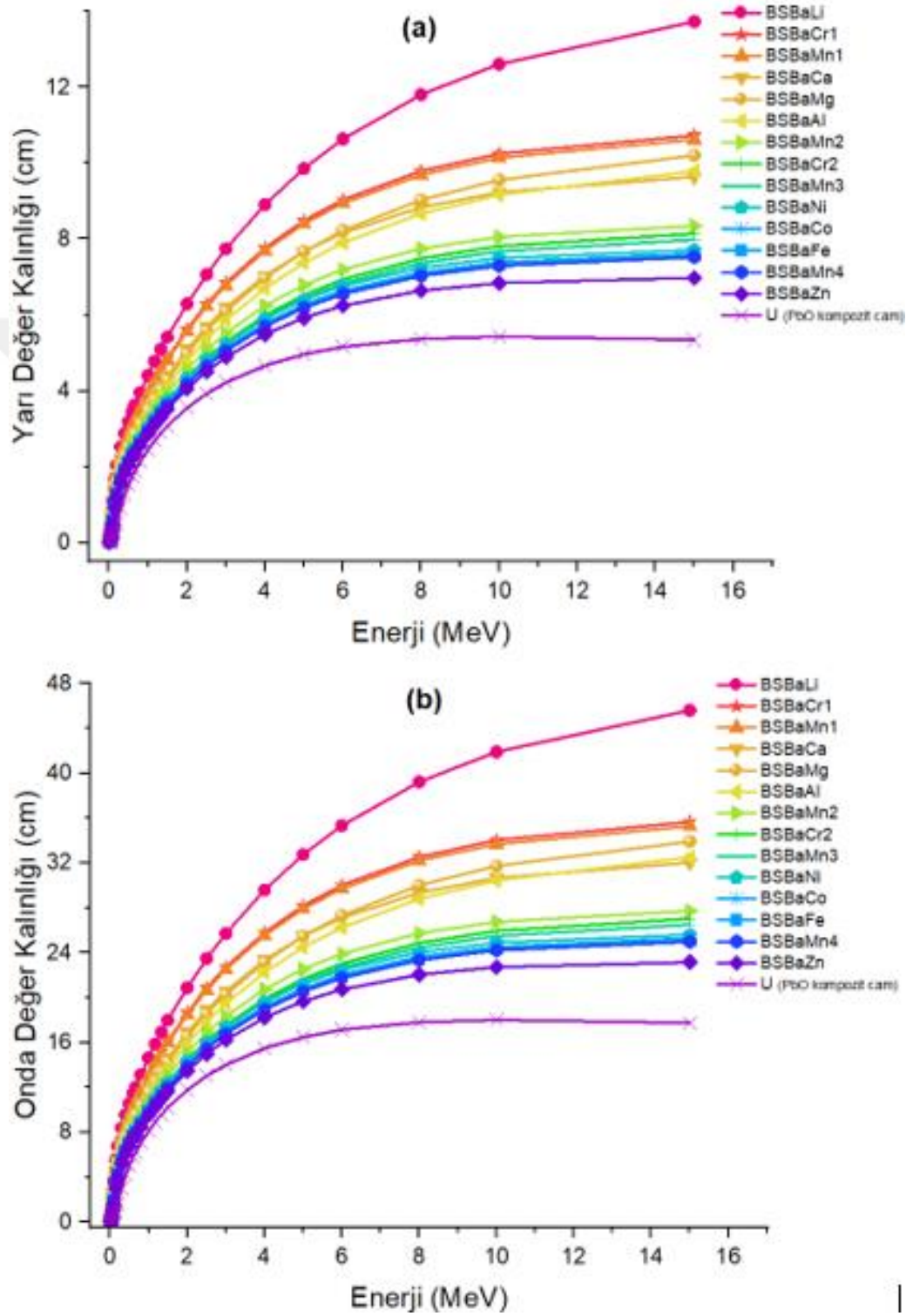
Bir malzemenin gama fotonlarını zırlama kabiliyeti için belirleyici bir parametre olan ortalama serbest yol (mfp) parametresi 14 cam grubu için teorik olarak hesaplanmıştır ve sonuçlar Şekil 4.2'deki gibi elde edilmiştir. Tüm cam grupları için mfp değerleri incelendiğinde, gama enerjisi arttıkça kurşunlu cam yapısının ardından en düşük değere sahip olan cam grubunun BSBaZn olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4. 3: Her bir malzeme grubu için (a) etkin atom numaraları (Z_{eff}), (b) etkin elektron yoğunlukları (N_{eff}) ve (c) etkin atomik ağırlıkları (A_{eff}) ve karşılaştırmaları.

Gama ışını zayıflama özellikleri açısından, etkin atom numarası (Z_{eff}) ve doğrusal olarak ilişkili etkin elektron yoğunluğu (N_{eff}) ile etkin atomik ağırlık (Z_{eff}) parametreleri, malzemenin gama ışını uygulamaları için direncini değerlendirmek üzere ölçülen önemli parametrelerindendir. Bu Şekil 4.3 (a), foton enerjisinin bir fonksiyonu olarak incelenen cam örneklerinin (Z_{eff}) değerini göstermektedir. Bulgularımıza göre, BSBaZn cam numunesi için maksimum Z_{eff} değeri elde edilmiştir. Şekil 4.3 (b)'de gösterildiği gibi, etkin atom numarası ile etkin elektron yoğunluğu (N_{eff}) arasında da doğrusal bir ilişki vardır ve burada da radyasyon ile karşılaşarak etkileşime girebilecek elektron yoğunluğunun en fazla olduğu cam örneğinin BSBaZn olduğu görülmektedir. Etkin elektron yoğunluğu ve etkin atom numarası ile doğrudan ilişkili olan ve

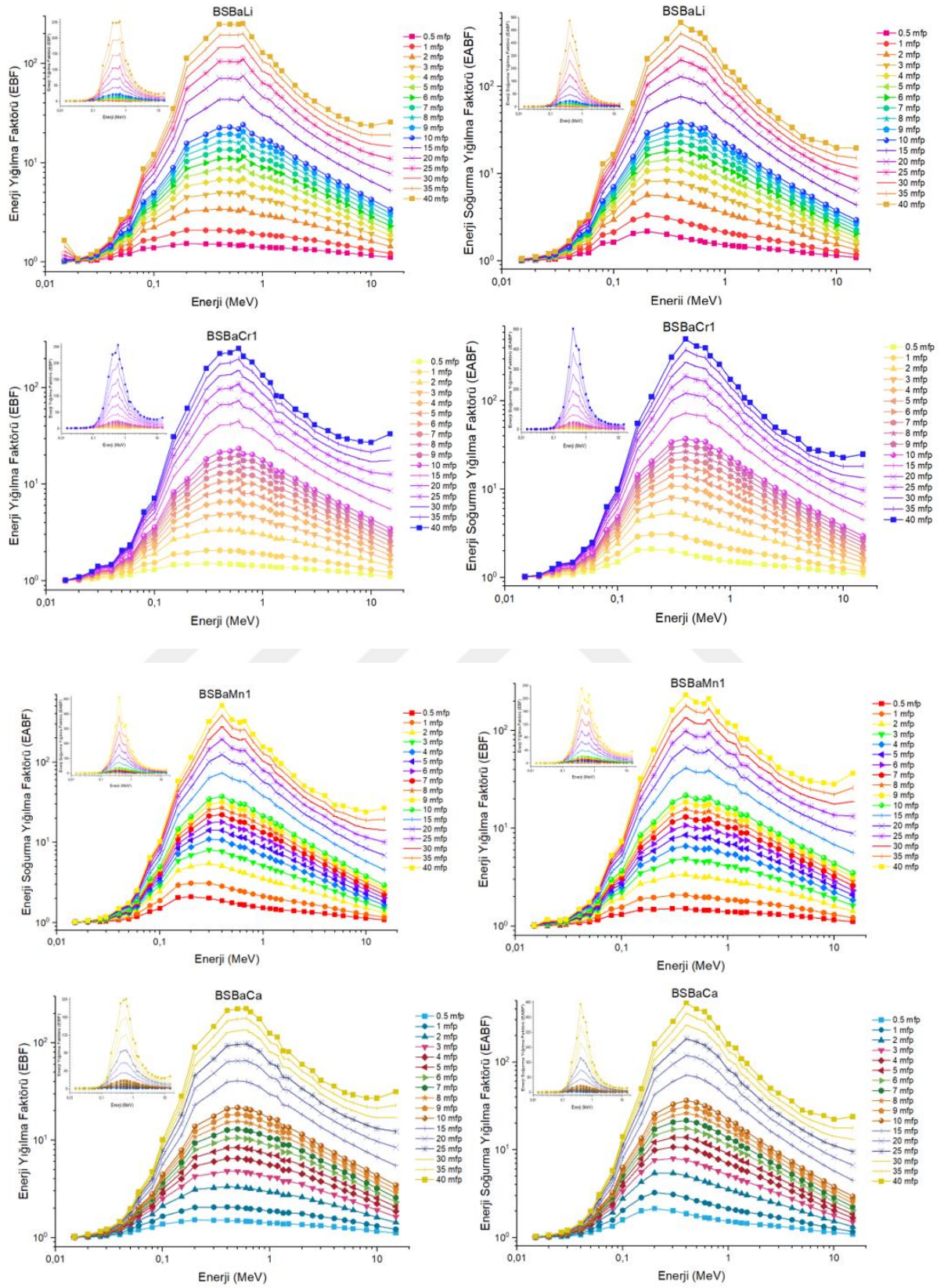
Şekil 4.3 (c)'de veilrn atom ağırlıklarında da BSBaZn kompozit cam yapısının en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir.



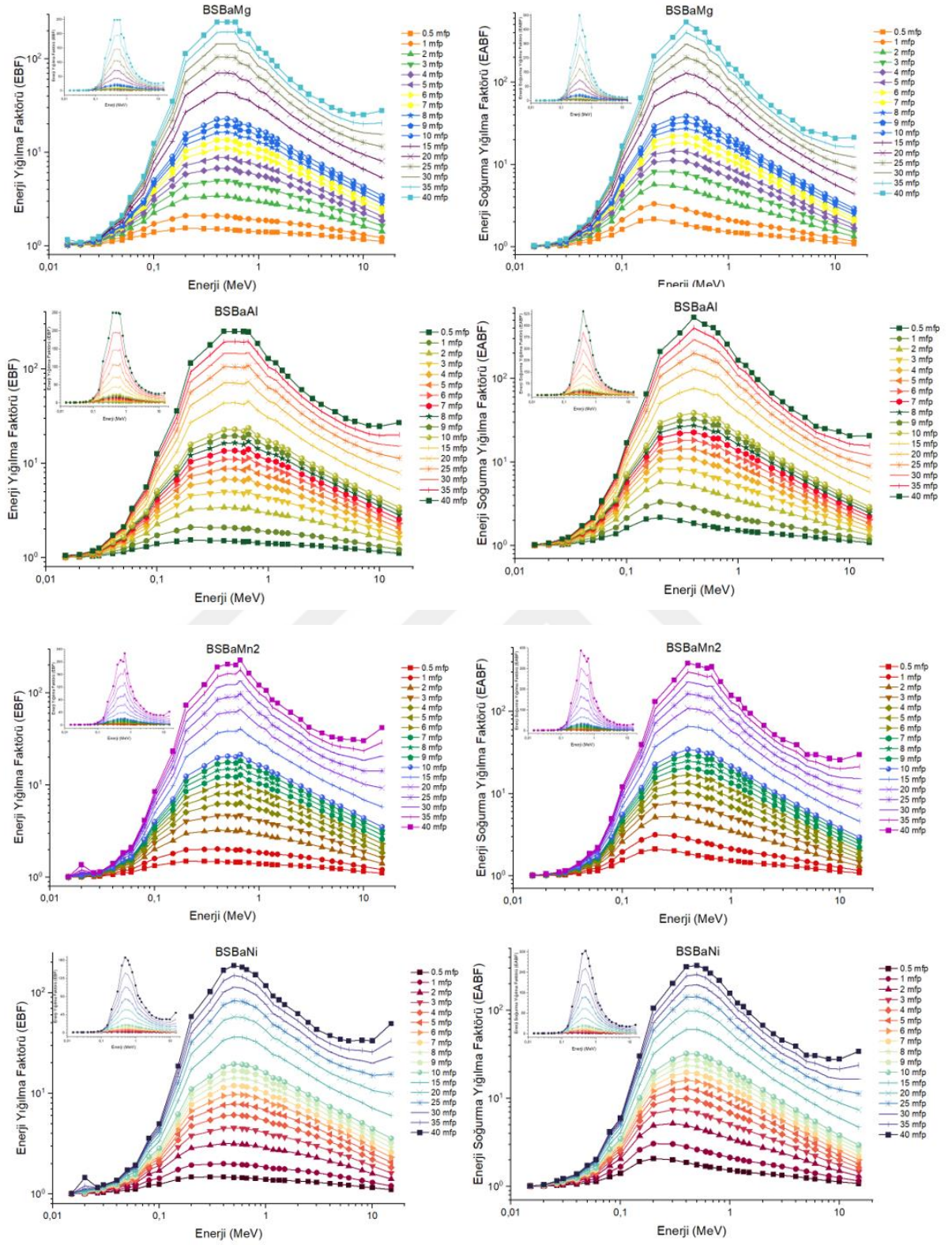
Şekil 4. 4: Her bir malzeme grubu için (a) yarı değer (HVL) ve (b) onda değer (TVL) kalınlıkları.

İncelenen kompozit camların HVL ve TVL değerlerinin verildiği grafik Şekil 4.4'da gösterilmektedir. HVL parametresi radyasyon şiddetinin başlangıç yoğunluğunu yarı yarıya azaltmak için, TVL parametresi de radyasyon şiddetinin onda biri değerine düşmesini sağlayan zırhlayıcı malzemenin kalınlığını belirlemede önemli parametrelerdir. Bu Şekil 4.4 (a) gelen foton enerjisine karşı cam numunelerin yarı değer kalınlığı (HVL) değerlerindeki değişimi, Şekil 4.4 (b)'de de gelen radyasyon şiddetinin onda bir değerine (TVL) düşmesi için gerekli olan malzeme kalınlığını göstermektedir. İncelenen 14 kompozit cam grubu için de HVL ve TVL değerleri, gelen foton enerjisi arttıkça artış göstermektedir. 0,015 ile ~5-6 MeV arasında sabit bir artış görülmektedir. Tüm enerjilerde incelenen 14 kompozit cam grubu arasından BSBaZn örneği için en düşük HVL ve TVL değerleri gözlemlenmiştir ve radyasyona karşı direnci iyi bilinen kurşunlu cam ile kıyaslandığında kurşunlu cama en yakın değerleri aldığı görülmektedir. Bu veriler, BSBaZn kompozit cam yapısının iyonlaştırıcı gama ışınlarına karşı koruma özelliğinin güçlü olduğunun başka bir göstergesidir.

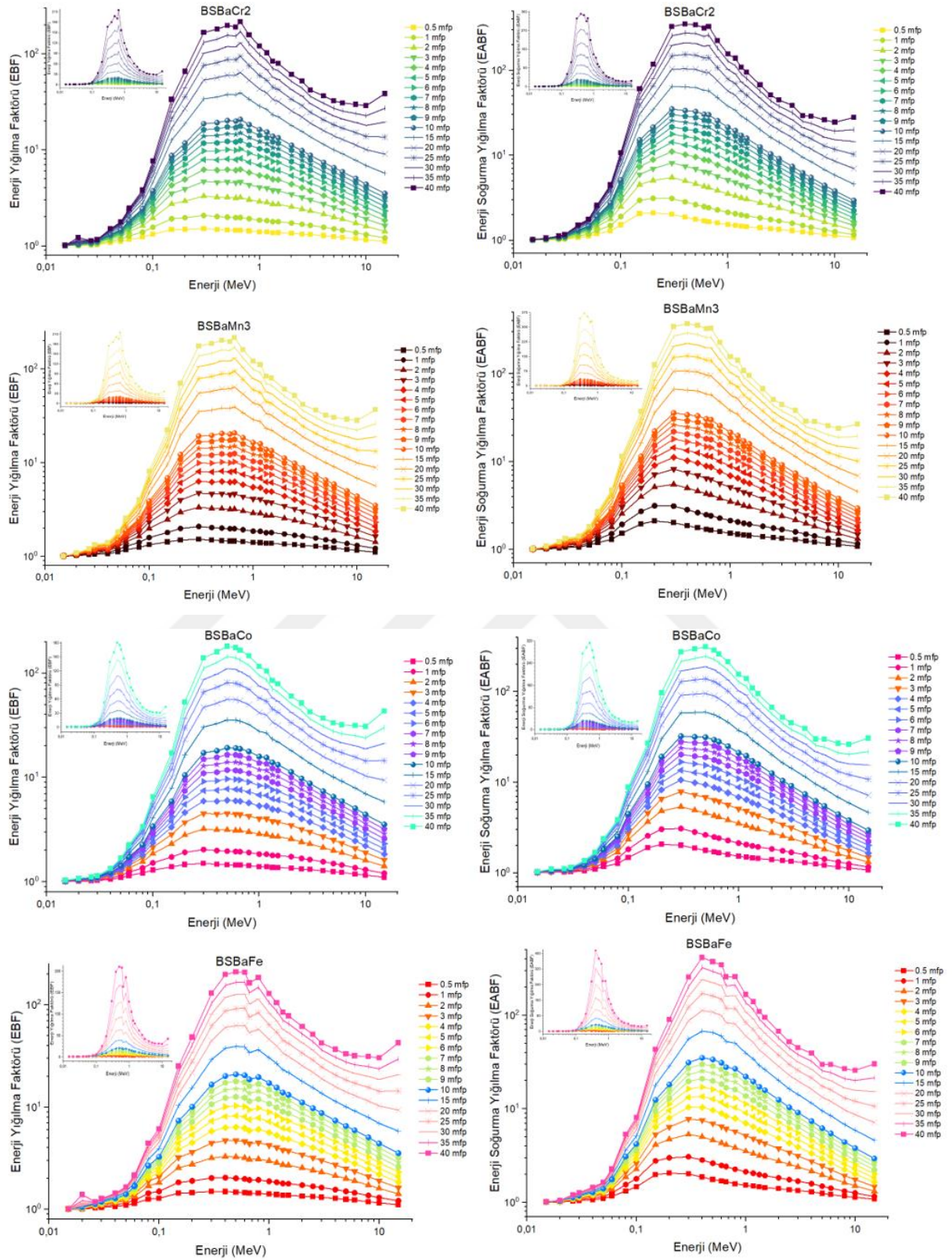
Py-MLBUF programı aracılığı ile ilgilenilen tüm cam grupları için 0.015-15 MeV enerji aralığında ve 0.5 ile 40 mfp aralığında EBF ve EABF değerleri hesaplanmıştır ve sonuçlar Şekil 4.5-18'de gösterilmektedir. İlgilenilen 14 cam grubu için de EBF ve EABF değerleri enerji artışı ile birlikte artar ve maksimum değere ulaştığı bir pik yapar, ardından minimum değere ulaşır. Tüm cam grupları için elde edilen sonuçlarda 0.1 – 1 MeV aralığında EBF ve EABF değerlerinin bu aralıkta artarak bir pik noktasına ulaştığı gözlenmektedir. Gözlemlenen bu maksimum artış, ilgili enerji değerlerinde foton saçılmalarının maksimum düzeyde olmasından dolayıdır. EBF ve EABF değerlerinin pik yaptığı enerji aralığı Compton saçılımının baskın olduğu enerji aralığıdır. Malzemelerin sahip olduğu etkin atom numaraları, radyasyonun malzeme içerisine nüfuz edebilme kabiliyetini, aynı zamanda madde ile etkileşime girme mekanizmalarını ve haliyle saçılım durumları ile ilişkilir. Bu sebeple malzeme içerisinde etkin olan atom numarasının yüksek olması, düşük değerlerdeki EBF ve EABF değerlerine karşılık gelmektedir. Bu iki faktörün incelenen 14 kompozit cam grubu içerisinde diğerlerine göre düşük değerlerde seyreden kompozit cam grubu BSBaZn'dir.



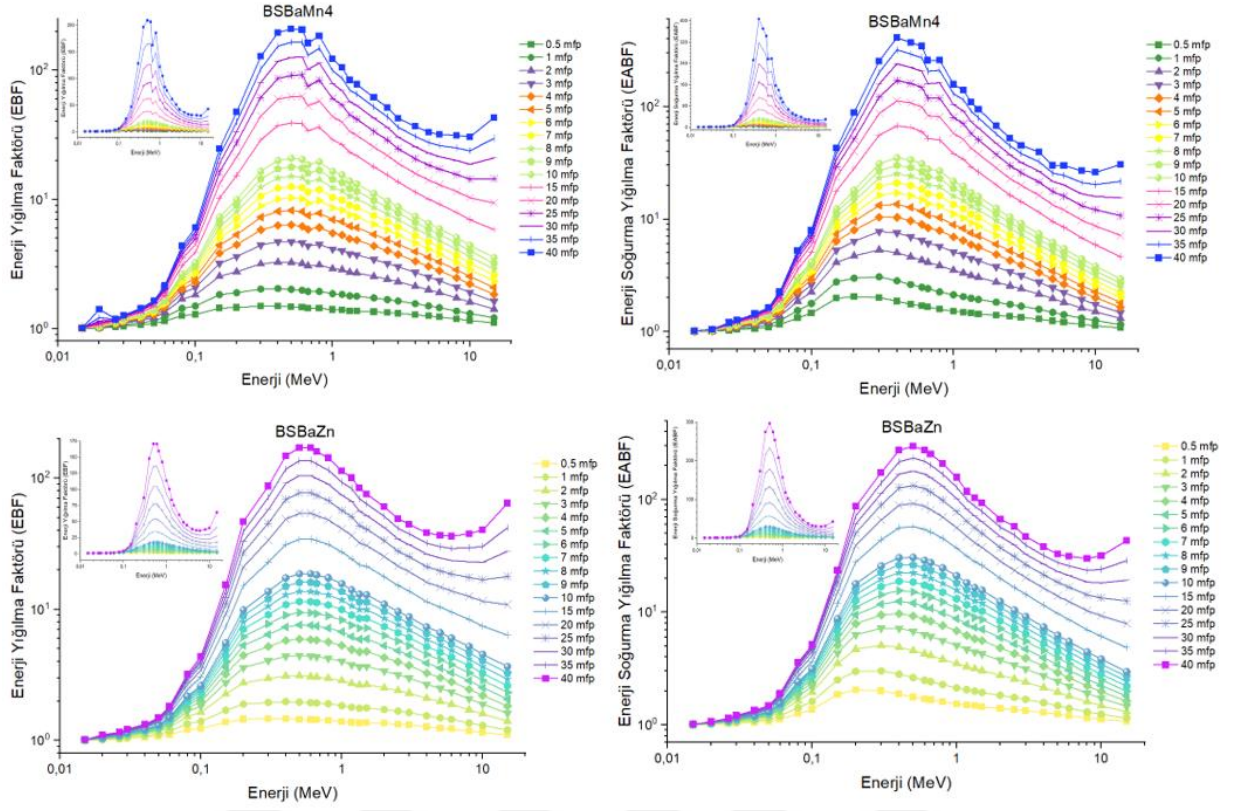
Şekil 4. 5: BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1 ve BSBaCa cam örneği için enerji ve ortalama serbest yol dağılımlarına bağlı (a) EBF ve (b) EABF dağılımları.



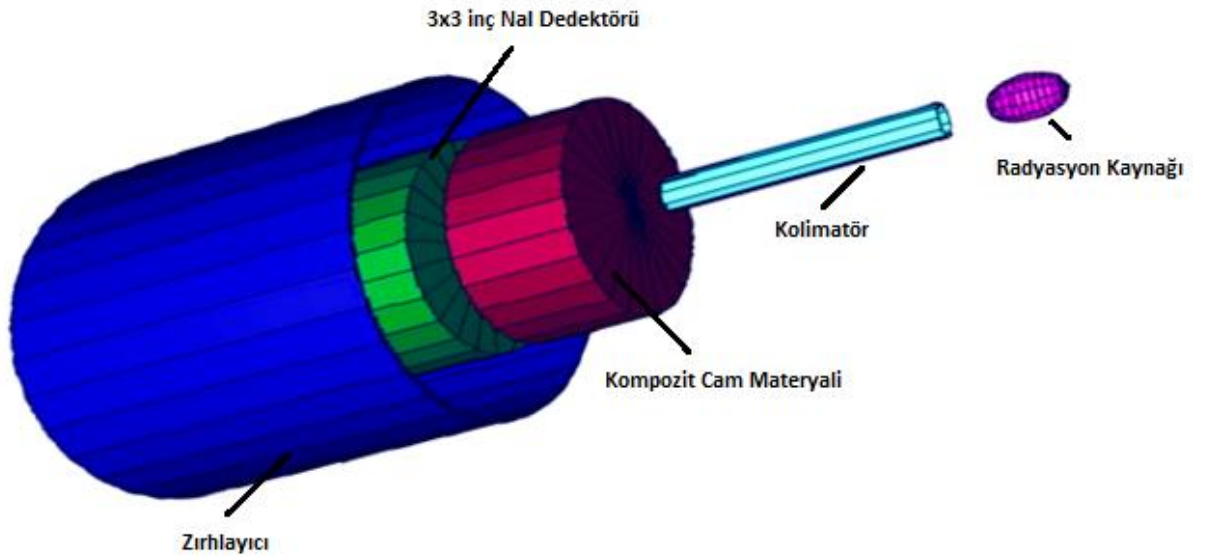
Şekil 4. 6: BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2 ve BSBaNi cam örneği için enerji ve ortalama serbest yol dağılımlarına bağlı (a) EBF ve (b) EABF dağılımları.



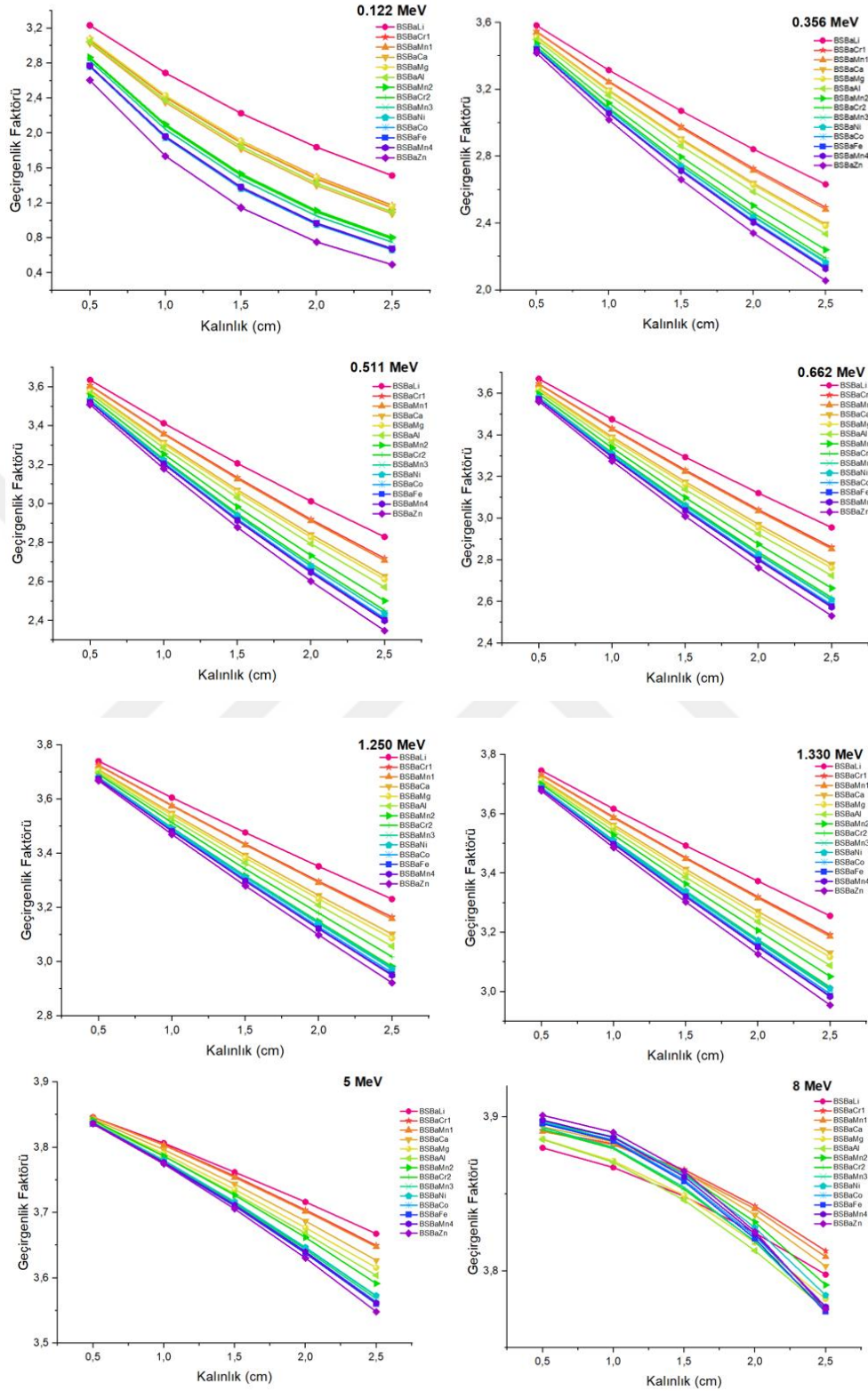
Şekil 4. 7: BSBAcr2, BSBAcr2, BSBAcr2 ve BSBAcr2 cam örneği için enerji ve ortalama serbest yol dağılımlarına bağlı (a) EBF ve (b) EABF dağılımları.



Şekil 4. 8: BSBaMn4 ve BSBaZn cam örneği için enerji ve ortalama serbest yol dağılımlarına bağlı (a) EBF ve (b) EABF dağılımları.



Şekil 4. 9: Simülasyon deney düzeneğinin Visual Editor aracılığı ile çizilen 3-boyutlu görseli[MCNPIX Visual Editor Version X_22S-2].



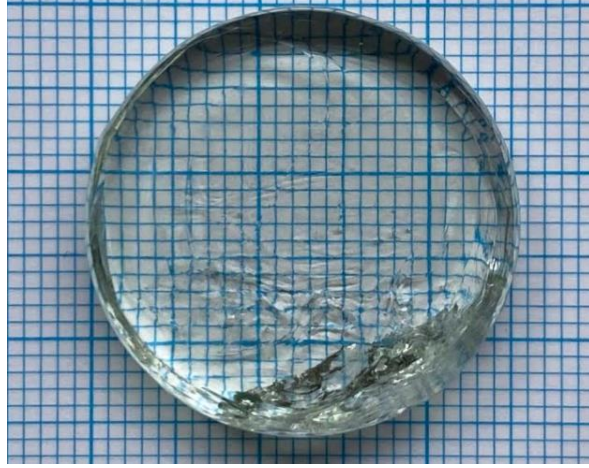
Şekil 4. 10: Her bir mazleme grubu için sağlık alanında kullanılan spesifik enerji değerlerindeki transmisyon faktörleri.

Foton geçirgenlik faktörü hesaplamaları için Şekil 3.7’de yer alan Visual Editor aracılığı ile çizimi gerçekleştirilen simülasyon düzeneğinin görseli yer almaktadır. 0.015 ve 15 MeV enerji aralığı için 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 cm kalınlık değerleri için foton geçirgenlik faktörleri hesaplanmıştır ve 14 cam grubu için yapılan hesaplamalara ait veriler Tablo 13 – 18’de yer almaktadır.

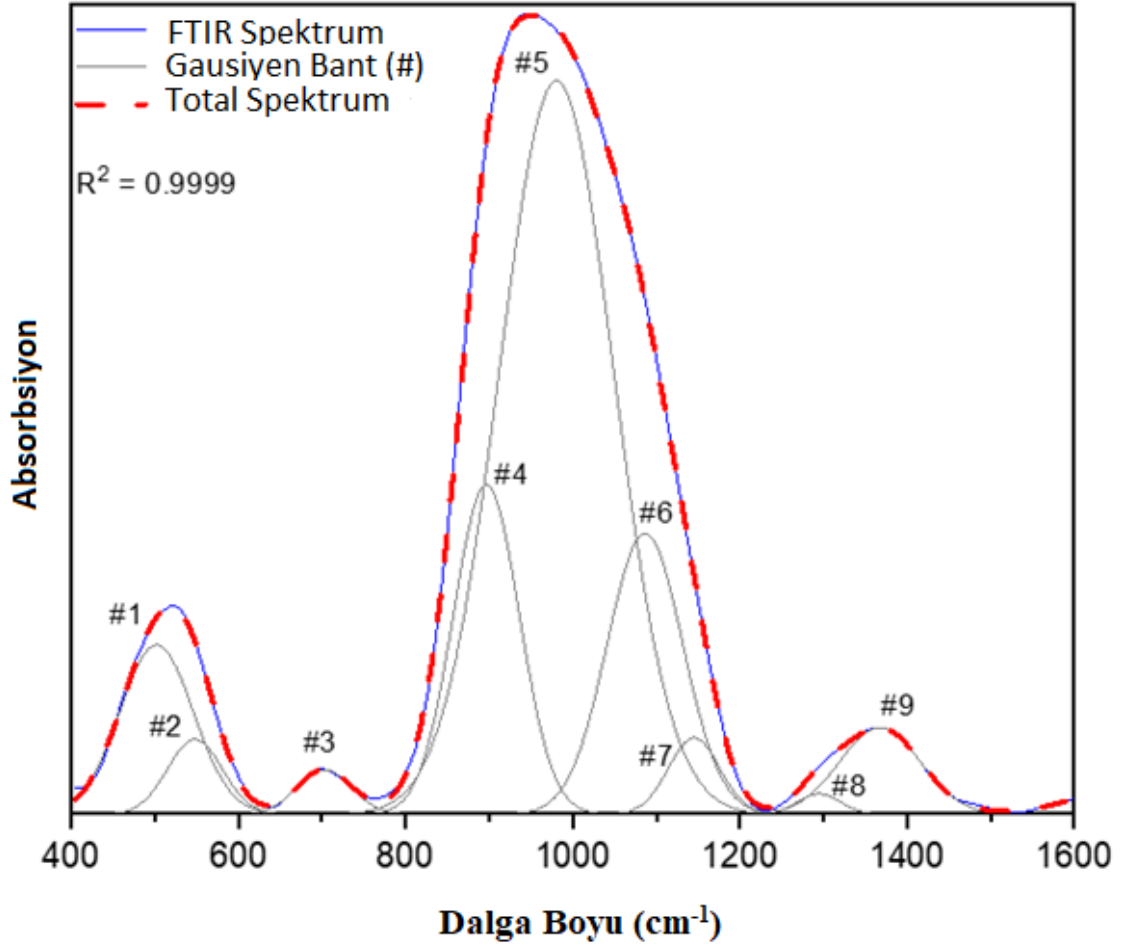
MCNPX kodu ile simülasyon işlemlerini gerçekleştirdiğimiz cam gruplarının, sağlık alanında kullanılan enerji değerlerinde transmisyon faktörlerinin malzeme kalınlıklarına göre (0.5cm-2.5) nasıl evrildiği Şekil 4.19 a-ı’da gösterilmektedir. 0.122 MeV ile 10 MeV aralığında ilgilenilen 14 cam grubu arasında enerji değeri arttıkça transmisyon faktörü azalan bir grafiğe sahip olan cam grubu BSBaZn’dir.

Bir malzemenin radyasyona karşı ne kadar direnç sağladığını teorik hesaplamaları gerçekleştirilen zırhlama parametrelerine bakarak belirleyebilmekteyiz. Bu teorik hesaplamalar sonucunda her bir parametrenin vardığı ortak yanıt olan BSBaZn kodlu kompozit cam yapısı olmuştur

Farklı türde kimyasal katkılar yapılarak gerek maliyet, gerekse malzeme özellikleri açısından daha avantajlı olabilecek ve kurşunun toksik etkilerinden arındırılmış olarak elde edilebilecek kurşunlu camlara alternatif bir camın tasarımını amaçladığımız tez çalışmamız kapsamında BSBaZn kompozit yapısının üretimi de gerçekleştirilmiştir ve yapısı Şekil 4.20’de görüldüğü gibidir. Numune sentezi platin kroze içerisinde gerçekleştirilirken %99.5 saflıkta B₂O₃, SiO₂, ZnO, BaO (Alfa Aesar) kimyasal oksitli bileşikler kullanılmıştır ve sentez 1400-1650 °C aralığında kademeli sıcaklık artışıyla gerçekleştirilerek 1650 °C’de 120 dk bekletilmiştir. Her yarım saatte bir numune fırından çıkarılarak homojen olması için karıştırılmıştır. Süre sonunda numune pürüzsüz yüzeyli paslanmaz çelik taban üzerine dökülmüş ve hemen ardından 525 °C’ de sabit tutulan tavlama fırınına aktarılarak 1 saat bu sıcaklıkta tutulmuştur. Ardından fırın kapatılarak oda sıcaklığına serbest soğuması sağlanmıştır. Daha sonra numune dilimlenmiş, her iki yüzeyi parlatılmış ve 2.5 cm kalınlığındaki paralel yüzeyli Şekil 4.20’deki gibi disk haline getirilmiştir.



Şekil 4. 11: Üretilen $7\text{B}_2\text{O}_3$ - 50SiO_2 - 38ZnO - 5BaO (BSBaZn) kompozit cam yapısı.



Şekil 4. 12: $7\text{B}_2\text{O}_3$ - 50SiO_2 - 38ZnO - 5BaO cam numunesinin FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) spektrumunun dekonvolüsyon grafiği.

Yapısal bir inceleme olarak, sentezlenen $7\text{B}_2\text{O}_3$ - 50SiO_2 - 38ZnO - 5BaO camına ait FTIR spektrumunun dekonvolüsyon edilmiş hali Şekil 4.12’de yer almaktadır. Bu çalışmada

sentezlenen numunenin FTIR spektrumunun dört temel bölgeden oluştuğu görülmektedir. Bu bölgeler $400\text{-}620\text{ cm}^{-1}$, $620\text{-}770\text{ cm}^{-1}$, $800\text{-}1210\text{ cm}^{-1}$ ve $1210\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ olarak sıralanabilir. Bahsi geçen bölgeler için genel bir değerlendirme yapılacak olursa, FTIR dekonvolüsyon işlemi sonucu oluşan birinci bölge cam ağındaki BaO ve ZnO ile ilişkilidir. İkinci ve üçüncü bölgelerde oluşan bantların bu çalışmadaki cam kompozisyonunda yüksek oranda bulunun SiO_2 'den kaynaklandığı ve Si-O ya da SiO_4 'ün gerilme titreşimleri ya da ile ilişkilendirildiği sonucuna ulaşabilmek mümkündür [50]. En şiddetli piklerin üçüncü bölgede oluştuğu söylenebilir. Dördüncü ve son bölgede ise B_2O_3 ile ZnO etkileri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca bu analiz sonucu elde edilen bantlar ve bantların altında kalan alanlar Tablo 4.1'de detaylı bir biçimde yer almaktadır. Tabloda kırmızı olarak belirtilen kısım olası bantların pik değerleri ve Gaussian alanlarını temsil etmektedir. Bantların altında kalan Gaussian (%) alanları, o yapının cam ağı içerisindeki oranını vermektedir.

Tablo 4. 1: FTIR dekonvolüsyon sonucunda elde edilen pik değerleri ve Gaussian alanlarının yüzde değerleri.

Pik	Fit Alan	FitT Alan	FitTP Alan	Max. Merkez	GrvtyMerkez	Max. Yükseklik	FWHM
1	2.57493E8	2.54051E8	7.77145	502	502.30558	2338674.84978	103.43407
2	8.49961E7	8.49956E7	2.60003	548	548.11506	1034069.76872	77.21773
3	5.01164E7	5.01164E7	1.53307	703	702.73127	616928.53193	76.31558
4	4.49991E8	4.49991E8	13.7653	897	896.73528	4551942.2275	92.86984
5	1.73494E9	1.73494E9	53.0721	981	980.63772	1.01295E7	160.90225
6	4.40561E8	4.40561E8	13.47685	1087	1086.47556	3879729.94638	106.67749
7	8.08773E7	8.08773E7	2.47405	1145	1145.14194	1057030.79957	71.87982
8	1.80754E7	1.80754E7	0.55293	1295	1294.62041	281775.56851	60.26332
9	1.45059E8	1.45059E8	4.43738	1367	1367.40176	1199031.94036	113.6534

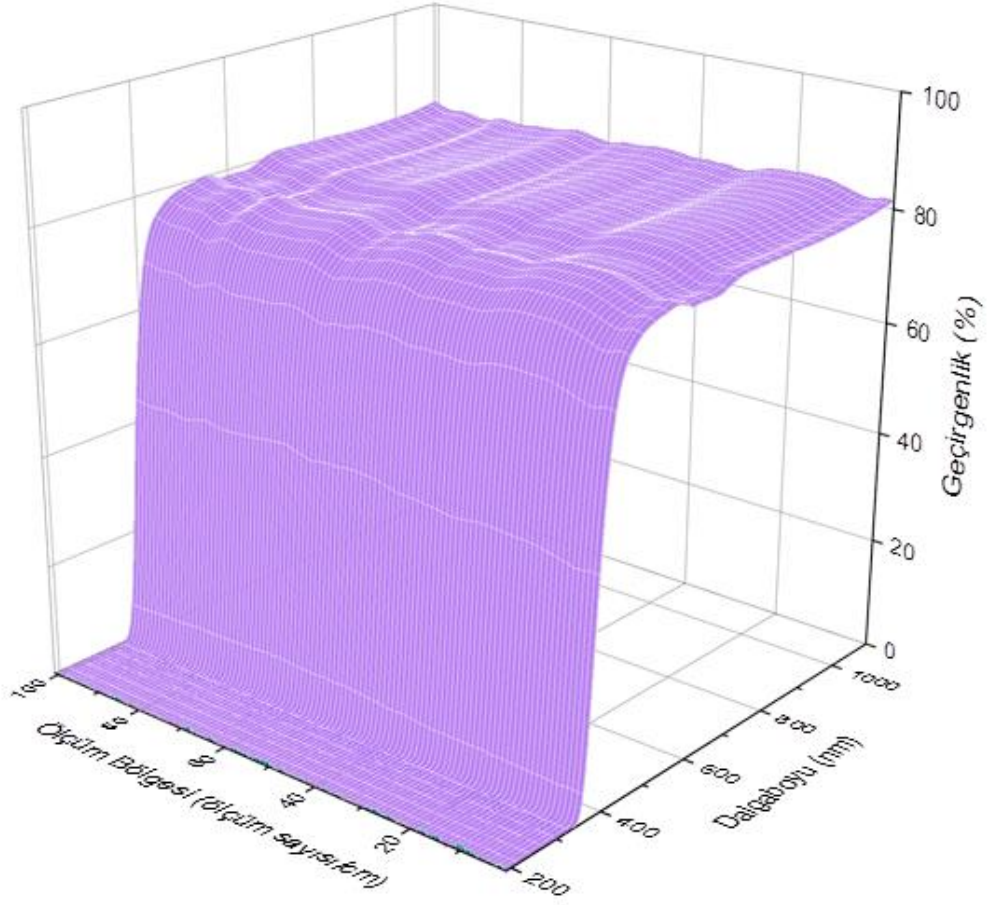
Dekonvolüsyon işlemi sonucu sentezlenen numune için dokuz pik değeri elde edilmiştir. Buna göre, 502 cm^{-1} de oluşan ilk bantın baryum atomlarına göre düzenleyici katyonların titreşimi ile ilgili olduğu söylenebilir [51]. 548 cm^{-1} de oluşan bantın yapıda nispeten yüksek oranda

bulunan ZnO'dan kaynaklandığı ve Zn–O–Zn titreşimlerine ait olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu banta, daha önce literatürde yer alan $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-MgO-Na}_2\text{O-K}_2\text{O-ZnO}$ cam sisteminde sentezlenen yüksek ZnO katkı oranlarındaki numunelerin FTIR spektrumlarında da rastlanmıştır [52]. Öte yandan bu bantın SiO_4 tetrahedra içeren Si–O gruplarındaki bağların deformasyon titreşimlerine ait olduğu da bildirilmiştir [51].

703 cm^{-1} de oluşan bant, cam ağındaki Si–O–B bağlarının bükülmesine karşılık gelmektedir [52]. 897 cm^{-1} de oluşan bantın BO_4 birimlerindeki B–O gerilme titreşimlerine karşılık geldiği görülmektedir [53]. 981 cm^{-1} de oluşan bant için iki farklı durum söz konusudur. Bunlardan birincisi ilgili bantın cam ağındaki BO_4 birimlerindeki B–O⁻ gerilme titreşimlerine ait olabileceğidir [54]. Öte yandan bu çalışmada ilgili bantın Si–O–Si bağlarının asimetrik gerilme titreşimlerine ait olabilmesi daha olasıdır [55]. Bu sonucu dekonvolüsyon işleminde hesaplanan Gaussian alanlarından da destekleyebilmek mümkün olup bantların altında kalan alanlar incelendiğinde, cam ağındaki bu bağların en yüksek oranda oluştuğu da görülmektedir. Benzer biçimde 1087 cm^{-1} de ortaya çıkan bant ise Si–O gerilme titreşimleriyle ilişkilendirilmektedir [56]. 1145 cm^{-1} de oluşan penta ve di-borat gruplarının B–O titreşimlerinden dolayı oluşabileceği düşünülmektedir [57]. Ayrıca burada ortaya çıkan bantın Si–O titreşimleri ile ilişkilendirildiği çalışmalar da literatürde yer almaktadır [58].

1295 cm^{-1} de oluşan bant ise BO_3 birimlerindeki B–O simetrik gerilme titreşimlerinden kaynaklanmaktadır [59]. 1367 cm^{-1} de oluşan bantın BO_3 ve BO^- birimlerinin asimetrik gerilme titreşimlerinden kaynaklandığı literatürde yer almaktadır [60]. Bu bantın ZnO içeriği yüksek camlarda daha yüksek dalgasayısına doğru kayması, Zn–O–B köprü bağının oluşmasından kaynaklanıyor olabileceği de belirtilmektedir [61].

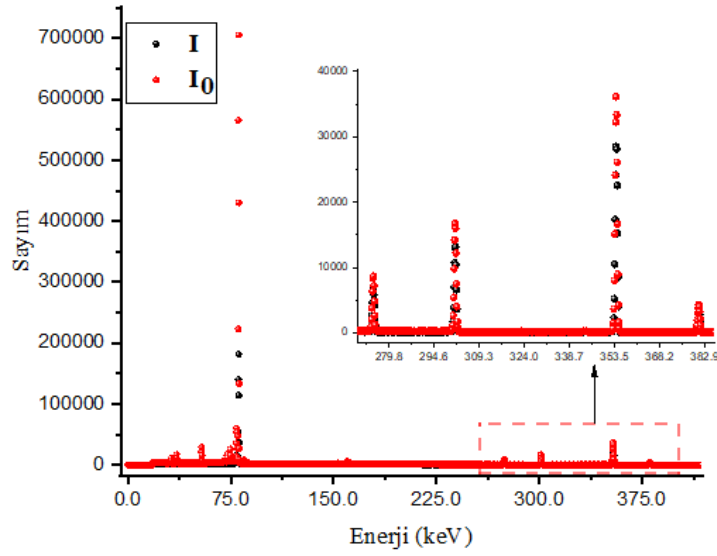
Tasarımı gerçekleştirilen kompozit cam gruplarının simülasyonları gerçekleştirilirken yoğunluk değerleri de teorik olarak hesaplanmıştır. BSBaZn kodlu kompozit cam grubunun teorik yoğunluk değeri 3.915 g/cm^3 'tür. Deneysel olarak yapılan yoğunluk ölçümünde ise bu değer 3.519 g/cm^3 olarak elde edilmiştir. Teorik ve deneysel yoğunluk ölçümleri arasında beklenen bir fark açığa çıkmaktadır. Bunun nedeni ise oldukça yüksek sıcaklıklara maruz bırakılan kompozit cam yapısının içerisindeki elementleri bir miktar buharlaştırmasıdır.



Şekil 4. 13: BSBaZn cam numunesinin dalgaboyuna karşılık geçirgenlik grafiği.

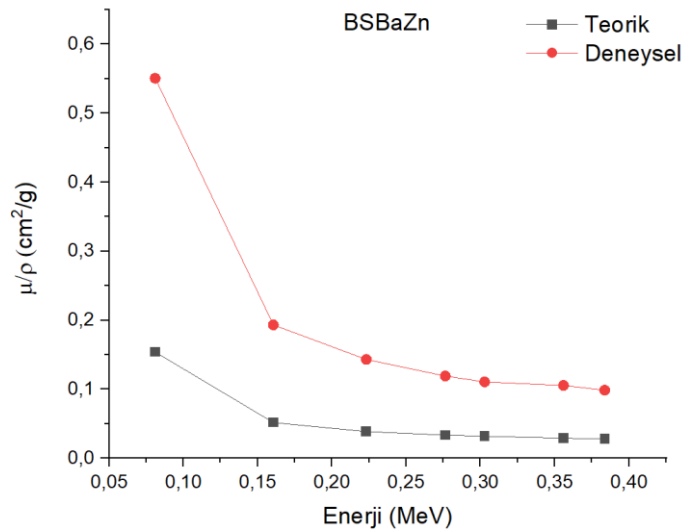
Üretilen numunenin 2000-1100 nm bölgesindeki geçirgenliği Şekil 4.21’de görüldüğü gibi 340 nm civarında başlamaktadır. Numunenin 1 cm lik bölümünden tarama yapılarak 100 ölçüm alınmıştır ve elde edilen spektrumlar birleştirilerek spektrumlardaki farklılıklar elde edilmiştir. Bunun sonucunda geçirgenlik değerinde çok büyük değişimler gözlenmese de ufak dalgalanmalar göze çarpmaktadır. Bu dalgalanmalar camın içerisinde görülen dalgalanmalardan kaynaklanmaktadır. Cam dökümü sırasında hızlı soğumalar cam içerisinde dalgalanmalara sebep olmaktadır. Sentezlenen camın 1650 °C derecede dökümü sırasında viskozitesi çok yüksek olduğundan, bu dalgalanmaların oluşumu normaldir. Geçirgenlik 350-1100 nm bölgesinde geçirgenlik oranı %80’dir.

Ba-133 radyoizotop kaynağı ile gerçekleştirilen deney sonucunda 80.998 keV, 160.612 keV, 223.237 keV, 276.399 keV, 302.851 keV, 356.013 keV, 383.849 keV enerji değerlerine karşılık elde edilen malzemeye gelen ve malzemedan geçen radyasyon şiddet değerlerinin sayım grafiği Şekil’de gösterilmektedir.



Şekil 4. 14: 80.998 keV, 160.612 keV, 223.237 keV, 276.399 keV, 302.851 keV, 356.013 keV, 383.849 keV enerji değerlerine karşılık foton sayım grafiği.

Şekil 4.14’de yer alan sayım grafiğinde cam numune üzerine gelen radyasyon şiddeti (I_0), malzemeden çıkan radyasyon şiddetinden (I) fazla elde edilmiştir. Bu durum sayım grafiğinde 75.0 keV, 279.8 keV, 301.95 keV ve 353.5 keV enerji değerlerindde görülen piklerde benzer olmakla birlikte enerji değeri arttıkça malzemden geçen foton şiddetinin de gelen foton şiddetine yaklaştığı ve arttığı görülmektedir.



Şekil 4. 15: BSBaZn cam yapısının enerji değerlerine karşılık deneysel ve teorik olarak elde edilen μ/ρ (cm^2/g) kütle zayıflatma katsayıları grafiği.

Şekil 4.5’de hem teorik hem de deneysel olarak kütle zayıflatma katsayıları elde edilen BSBaZn cam yapısının teorik ve deneysel sonuçlarına dair karşılaştırmaları yer almaktadır. Grafikte 0.081 MeV, 0.161 MeV, 0.223 MeV, 0.276 MeV, 0.303 MeV, 0.356 MeV ve 0.384 MeV enerji değerlerinde, enerji arttıkça kütle zayıflatma katsayısı azalan bir şekilde değişim göstermektedir. 0.081 MeV’den 0.161MeV’e geçişte kütle zayıflatma katsayısında daha keskin bir azalış ve devamındaki enerji artışlarında daha yavaş bir şekilde azalış elde edilmiştir.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasının kapsamında, BSBaLi, BSBaCr1, BSBaMn1, BSBaCa, BSBaMg, BSBaAl, BSBaMn2, BSBaNi, BSBaCr2, BSBaMn3, BSbaCo, BSBaFe, BSBaMn4, BSBaZn olarak kodlanan ve yoğunluk değerleri $\sim 2.5-4.0 \text{ g/cm}^3$ aralığında değişen 14 metal-ağır metal oksit katkılı cam yapılarının WinXCom programı yardımıyla radyasyon zırlama parametreleri teorik olarak hesaplanmıştır. Zırlama parametrelerine ek olarak incelenen cam örneklerinin enerji yığılma ve enerji soğurma yığılma faktörleri (EBF ve EABF), kullanışlı bir program olan Py-MLBUF programı yardımıyla teorik olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.1(a)'da ilgilenilen tüm cam örneklerine ait lineer zayıflatma katsayılarının karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Lineer zayıflatma katsayısı (LAC (μ)); malzeme yüzeyine gelen enerjinin birim kalınlıkta zayıflatılma oranını veren katsayıdır. Bu katsayı gelen ışının enerjisine, içinden geçtiği hedef maddenin kalınlığına, hedef maddenin atom numarasına ve yoğunluğuna bağlıdır. İncelenen cam örneklerinin her birinde enerji değeri arttıkça LAC değerlerinde azalma gözlenmektedir. Şekil 4.1'de yoğunluk değeri arttıkça LAC katsayısı, kullanımı yaygın olan kurşun oksit katkılı cam yapısı ile karşılaştırıldığında kurşun oksit katkılı camın gösterdiği eğilime yaklaşmaktadır. İncelenen cam malzemeler arasında LAC değeri kurşun oksit katkılı cama en yakın olan cam yapısının BSBaZn kodlu cam olduğu görülmektedir. LAC katsayısının malzemelerin sahip oldukları özgül ağırlıklarına oranı ile elde edilen kütle zayıflatma katsayısı (μ/ρ) MAC, malzemeye gelen enerjinin birim kütle başına zayıflama oranını vermektedir. MAC değerleri de ilgilenilen tüm cam grupları için hesaplanmıştır ve sonuçlar Şekil 4.1(b)'deki gibi LAC değerleri ile benzer bir eğilim göstermektedir.

Bir malzeme üzerine gelen radyasyonun, malzeme içerisinde gerçekleştireceği temel etkileşimlere bağlı olarak malzeme içerisinden geçen fotonun, gerçekleştireceği iki etkileşim arasında ortalama olarak ne kadar yol kat ettiğini belirleyebilmemizi sağlayan parametre ortalama serbest yoldur (mfp). İncelediğimiz 14 cam grubu için de ortalama serbest yol değerleri hesaplanmıştır ve Şekil 4.2'de de karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Enerji artışı ile birlikte malzeme içerisinde ne kadar az bir mesafe kat edilirse, ilgili malzeme radyasyon enerjisini sönmüleyebilmesi açısından güçlü olarak tanımlanır. 14 cam grubu için ortalama serbest yol

parametreleri incelendiğinde de kurşun oksit katkılı cama en yakın dağılımın BSBaZn cam yapısında gözlemlendiği görülmektedir.

Maddenin atomik yapısı ve içeriğinde barındırdığı elementlerin atom numaraları, maddenin radyasyon ile etkileşimi ile doğrudan ilişkili olan fiziksel parametredir. Karışım ya da bileşiklerin karakteristik özelliklerini tanımlayabilmek için etkin atom numaraları (Z_{eff}) hesaplanmaktadır. Malzemelerin radyasyonla etkileşiminde elektronların ortak davranışını veren bir parametredir. Bu parametre, elektromanyetik radyasyon madde ile etkileşime girdiğinde oluşacak durumlar hakkında bize kesin bilgiler sağlar. Bu sebeple ilgilendiğimiz metal-ağır metal katkılı cam malzemeler için Z_{eff} değerleri ve Z_{eff} ile doğrudan ilişkili olan etkin elektron yoğunlukları (N_{eff}) hesaplanmıştır. Şekil 4.3 (a)'da incelenen 14 cam malzeme grubuna yönelik Z_{eff} değerlerinin, Şekil 4.3 (b)'de N_{eff} değerlerinin ve Şekil 4.3 (c)'de de etkin atomik ağırlıklarının (A_{eff}) karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Z_{eff} ve N_{eff} ile doğrudan ilişkili olan bir diğer parametre de etkin atomik ağırlıktır. Malzeme atomik yoğunluğu ne kadar fazla ise, maddeye gelen radyasyonun şiddetindeki sönümlenme de o kadar fazla olacaktır ve malzeme dışına çıkan radyasyon o derece zayıflayacaktır. Bu sebeple ağır bir atomik yapı olarak tarif edebileceğimiz kurşun en iyi radyasyon zırhlayıcı malzemedir ve Şekil 4.3 (c)'de atomik ağırlıklar açısından yapılan karşılaştırmada kurşunlu cama en yakın olan malzeme grubunun BSBaZn kodlu cam grubu olduğu görülmektedir.

Bir hedeften geçen radyasyon şiddetinin, hedefe gelen radyasyon şiddetinin yarısına düşürülebilmesi için gereken malzeme kalınlığıdır ile gelen radyasyon şiddetinin onda birine düşmesini sağlayan malzeme derinliğini elde edebildiğimiz parametreler yarı değer kalınlığı (HVL) ve (TVL) onda değer kalınlığı. Bu parametrelerin ilgilenilen her bir cam grubu için karşılaştırmaları Şekil 4.4 (a) ve Şekil 4.4 (b)'de verilmektedir. Enerji değeri arttıkça malzemenin gelen radyasyon şiddetini yarı değerine ve onda bir değerine düşürdüğü kalınlık değerleri ne kadar düşük değerde olursa, malzeme o kadar yüksek oranda radyasyonu bünyesinde sönümleyecektir. Her iki parametreye yönelik karşılaştırmaların sonucunda da ilgilenilen cam gruplarından BSBaZn cam grubu kurşun oksit katkılı cam grubuna en yakın dağılıma sahip olduğu görülmektedir.

Bir ortamdan radyasyon geçişi sırasında belirli bir konumdaki radyasyon miktarının, bu konumla etkileşime girmeden gelen radyasyon miktarına oranı olarak tanımlanabilen yığılma faktörü, etkileşim derinliğinin (yani ortalama serbest yolun) fonksiyonu olarak ifade

edilmektedir. Saçılmış fotonların katkısını içerecek şekilde, çarpışma yapmamış fotonlara etkiyen bir çarpım faktörü olarak da tanımlanabilen yığılma faktörü iki türde tarif edilir. Bu türler EBF (Exposure Buildup Faktörü (Maruz Kalma Buildup Faktörü)) ve EABF (Energy Absorption Buildup Factor (Enerji Soğurma Buildup Faktörü))'dir. EBF ve EABF değerlerinin ilgilenilen her bir kompozit cam yapısı için 0.5 – 40 mfp aralığında değişen ortalama serbest yol değerleri için elde edilen sonuçlar Şekil 4.5–4.8'de gösterilmektedir. Şekil 4.5–4.8'de görüldüğü gibi EBF ve EABF değerleri enerji artışı ile birlikte artmakta ve maksimum değere ulaştığı bir pik yapmaktadır, ardından minimum değere ulaştığı gözlenmektedir. ~1 MeV değerlerindeki enerji bölgesinde EBF ve EABF değerlerinin maksimum değerlerine ulaştığı gözlenmektedir. Bu enerji değerlerinde gözlemlenen maksimum artış, ilgili enerji değerlerinde foton saçılmalarının maksimum düzeyde olmasından kaynaklanmaktadır. EBF ve EABF değerlerinin pik yaptığı enerji aralığı Compton saçılımının baskın olduğu enerji aralığıdır. Malzemelerin sahip olduğu etkin atom numaraları, radyasyonun malzeme içerisine nüfuz edebilme kabiliyetini, aynı zamanda madde ile etkileşime girme mekanizmalarını ve haliyle saçılım durumları ile ilişkilir. Bu sebeple malzeme içerisinde etkin olan atom numarasının yüksek olması, düşük değerlerdeki EBF ve EABF değerlerine karşılık gelmektedir. Bu iki faktörün incelenen 14 metal-ağır metal oksit katkılı cam grupları içerisinde en düşük değerlerde seyrettiği cam grubunun BSBaZn olduğu gözlenmektedir.

Gama ışınlarının veya nötronların malzemeye nüfuz edip, malzeme içerisindeki bir mesafeyi kat etme kabiliyetlerini ölçebildiğimiz transmisyon faktörü, ilgilenilen her bir cam grubunun farklı kalınlık değerleri için sağlık fiziği alanında yaygın kullanılan enerji değerlerinde MCNP kodu ile simülasyon işlemleri gerçekleştirilerek hesaplanmıştır ve sonuçlar Şekil 4.10'da gösterildiği gibi elde edilmiştir. Enerji değeri arttıkça yoğunluğu en yüksek olan cam grubunun transmisyon faktörünün azaldığı gözlenmektedir. Radyasyon zırhlama kabiliyeti açısından baz aldığımız kurşun oksit katkılı cama en yakın değerleri elde ettiğimiz cam yapısının burada da diğer zırhlama parametrelerinin de desteklediği BSBaZn cam yapısı olduğu gözlenmektedir.

Çalışmamız kapsamında incelediğimiz tüm katkılı cam gruplarının zırhlamaya yönelik tüm parametreleri elde edilerek birbirleri arasında karşılaştırmaları kurşun oksit katkılı cam yapı baz alınarak yapılmıştır. Monte Carlo simülasyon yöntemi ile teorik yoğunluk değerleri ~2.5 – 4.0 g/cm³ arasında değişen kaatkılı cam malzemeler için ölçülen transmisyon faktörleri, birbirleri ile uyumlu sonuçlar veren WinXCom ve Py-MLBUF programları aracılığı ile elde edilen LAC,

MAC, MFP, Z_{eff} , N_{eff} , A_{eff} , HVL, TVL parametreleri, ek olarak yine Py-MLBUF programı aracılığı ile elde edilen EBF ve EABF faktörlerinin verdiği ortak yanıt BSBaZn cam grubu olmuştur. BSBaZn katkılı cam örneği, bünyesinde kurşun barındırmadan ilgilenilen yoğunluk değerlerindeki cam grupları arasında kurşun oksit katkılı cam yapısının zırlama parametrelerine yaklaşan değerleri elde edebildiğimiz cam özelliğine sahiptir. Teorik olarak hesaplamalarını gerçekleştirdiğimiz BSBaZn cam yapısının reelde nasıl bir davranış sergilediğini gözlemleyebilmek adına BSBaZn katkılı cam yapısının üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.11). Çalışmamız kapsamında ilgilendiğimiz yoğunluk değerlerindeki ve kimyasal kompozisyondaki bileşiklerin katkı oranları ile aynı oranlarda üretilen BSBaZn kompozit cam örneği, Şekil 4.11’de gözlendiği gibi oldukça transparan bir yapıda elde edilebilmiştir.

Ticari açıdan da oldukça rahat ulaşılabilen kurşun oksit katkılı cama bir alternatifin tasarlanabilmesindeki önemli bir etken de maliyet açısından da kolay ulaşılabilecek durumunun olmasıdır. Teorik olarak her katkı oranını inceleyebilme imkanımız olsa da gerçekte katkılanmak istenen bileşiklere kolayca ulaşabilmek, amacımızın en temel esaslarından biridir. BSBaZn cam yapısı, içerisinde bulunan bileşiklerin doğada bol bulunan bileşiklerini içermesi açısından avantajlı bir kompozisyona sahiptir. Camı cam yapan esas bileşenlerin başında B_2O_3 ve SiO_2 bulunmaktadır ek olarak camı düzenleyici bir malzeme olarak nitelendirilen ve camın yoğunluk değerinin artmasına büyük katkı sağlayan BaO ve etkisi araştırılmak istenen farklı metal-ağır metal oksit bulunmaktadır. Gerçekte de cam olarak tasarlanacak yapının içerisinde yer alan bileşenlerin katkı oranları, malzemenin cam formunda elde edilebilmesi açısından oldukça önem taşımaktadır. Her ne kadar teorik olarak yoğunluk değeri fazla olan bileşiğin katkı oranının olabildiğince fazla katkılanması, radyasyonu zırlama özelliklerini artırıcı bir etki yaratsa da reelde bu durumun karşımıza çıkarabileceği limitler söz konusudur. Bu limitlerin başında cam olarak elde edilmek istenen malzemenin kristal yapısının oluşmaması ve tuz formunda eldesi gelmektedir. İkincil limit, cam formun yeterince transparan yapıya sahip olmama durumudur. Üçüncül limit ise, camın eldesi sırasında viskozitenin yüksek olması ve camın ağdalı bir yapıya sahip olması durumudur. Bu limitlere ek olarak tasarlanacak camın mali faktörleri de önemli bir limit olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu limitler dahilinde üretimi gerçekleştirilebilen BSBaZn cam kompozisyonu cam formunda elde edilebilmeye elverişli katkı oranlarını bünyesinde barındırmaktadır. Transparanlık düzeyi

de Şekil 4.12’de gözlendiği gibi oldukça yüksek düzeyde elde edilebilmiştir. Karşılaşılabilecek limitler arasında yer alan viskozite yüksekliği üretim sırasında Şekil 4.11’de de gözlemleyebileceğimiz hafif ağdalı yapı ile cam formun eldesi sağlanabilmiştir.

Deneysel olarak ölçümü gerçekleştirilen ve Şekil 4.14’de gösterilen, enerji değerlerine karşılık foton sayım ölçümleri grafiğinde 0.5 cm kalınlık değerindeki BSBaZn cam numunesi üzerine gelen radyasyon şiddeti (I_0), malzemeden çıkan radyasyon şiddetinden (I) fazla elde edildiği gözlenmektedir. Bu durum sayım grafiğinde 75.0 keV, 279.8 keV, 301.95 keV ve 353.5 keV enerji değerlerindde görülen piklerde benzer olmakla birlikte enerji değeri arttıkça malzemden geçen foton şiddetinin de gelen foton şiddetine yaklaştığı ve arttığı görülmektedir. Ek olarak, hem teorik hem de deneysel olarak kütle zayıflatma katsayıları (μ/ρ) elde edilen BSBaZn cam yapısının teorik ve deneysel sonuçlarına dair karşılaştırmanın yer aldığı grafik Şekil 4.15’deki gibidir. Enerji değeri arttıkça kütle zayıflatma katsayısı azalan bir şekilde değişim göstermektedir. 0.10 MeV’den 0.15 MeV’e geçişte kütle zayıflatma katsayısında daha keskin bir azalış ve devamındaki enerji artışlarında daha yavaş bir şekilde azalış gözlenmektedir. Teorik ve deneysel sonuçların azalış eğrileri her ne kadar benzer bir azalış eğrisi gösterse de aralarında Şekil 4.15’de görüldüğü gibi farklar söz konusudur. Teorik ve deneysel yoğunluk değerleri arasındaki farkı bu farklılığın kaynağı olarak düşünebiliriz. Teorik olarak hesaplanan yoğunluk değeri ile deneysel olarak elde edilen cam yapısının yoğunluk değeri arasında, camın yüksek sıcaklıklar altında sentezlendiği sırada oluşan farklı bağ yapılarının oluşmasından kaynaklanan farklar söz konusudur. Teoride yüzde yüz olarak kabul edilen cam yapısındaki bileşiklerin sıcaklığın etkisi ile farklı bağlar kurarak farklı bir forma dönüşmesi, teorik ve deneysel yoğunluk değerleri arasında bir fark oluşturmaktadır.

Kurşun oksit katkılı camlara alternatiflerin tasarımlarına yönelik yelpazenin genişletilebilmesini amaç edinen bu tez çalışması kapsamında, BSBaZn yapısı, gerçekte içerdiği kimyasal bileşenler ve katkı oranları ile cam kristal yapısının eldesini mümkün kılan kurşun oksit katkısı içermeyen bir cam yapı olarak tüm radyasyon zırhlama parametreleri ile birlikte literatüre sunulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Ionizing radiation: sources and biological effects united nations, Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1982 Report to the General Assembly, with annexes.
- [2] Radyasyon, İnsan ve Çevre; Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Yayını, 2010.
- [3] Radyasyonun Biyolojik Etkileri, Nami Yeyin İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, Nuclear Medicine Seminars / Nükleer Tıp Seminerleri 2015;3:XX, DOI:10.4274/nts.0022.
- [4] Physics for Radiation Protection, James E. Martin, 2013.
- [5] An Investigation on Radiation Shielding Properties of Borosilicate Glass Systems Duygu Sen Baykal*, Huseyin Ozan Tekin , R. Burcu Cakırlı, (IJCESEN) Vol. 7-No.2 (2021) pp. 99-108, <https://doi.org/10.22399/ijcesen.960151>.
- [6] N. Singh, K.J. Singh, K. Singh, H. Singh. Comparative study of lead borate and bismuth lead borate glass systems as gamma-radiation shielding materials. Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 225 (2004) 305–309. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2004.05.016>.
- [7] Ab Latif Wani, Anjum Ara, Jawed Ahmad Usmani, Lead toxicity: a review. Interdisciplinary toxicology, 2015. <https://doi.org/10.1515/intox-2015-0009>
- [8] Monisha Jaishankar, Tenzin Tseten, Naresh Anbalagan, Blessy B. Mathew , Krishnamurthy N. Beeregowda. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdisciplinary toxicology, 2014. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>.
- [9] Questions and Answers: international lead poisoning prevention awareness campaign week of action 22-28 october 2017.
- [10] Toxicity of lead: A review with recent updates Gagan FLORA, Deepesh GUPTA, Archana TIWARI School of Biotechnology, Rajiv Gandhi Proudhyogiki Vishwavidyalaya, Bhopal, M.P. INDIA ITX050212R01, 2012.
- [11] In-depth review, Lead Toxicity, D. A. Gidlow, Occupational Medicine 2004;54:76–81 DOI: [10.1093/occmed/kqh019](https://doi.org/10.1093/occmed/kqh019) 2003.

- [12] Conventional and new lead-free radiation shielding materials for radiation protection in nuclear medicine: A review, Nadin JamalAbuAlRoos, Noorfatin AidaBaharul Amin, Rafidah Zainon, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108439>.
- [13] Ab Latif Wani, Anjum Ara, Jawed Ahmad Usmani. Lead toxicity: a review. Interdisciplinary toxicology, 2015. <https://doi.org/10.1515/intox2015-0009>.
- [14] Monisha Jaishankar, Tenzin Tseten, Naresh Anbalagan, Blessy B. Mathew , Krishnamurthy N. Beeregowda. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdisciplinary toxicology, 2014. <https://doi.org/10.2478/intox2014-0009>.
- [15] Y.Al-Hadeethi, S.A.Tijani. The use of lead-free transparent 50BaO - (50-x) borosilicate - xBi₂O₃ glass system as radiation shields in nuclear medicine. Journal of Alloys and Compounds, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.06.259>.
- [16] Apr 2009; 448 p; Department of Atomic Energy; Mumbai (India); DAE-BRNS theme meeting: applications of Monte Carlo methods in nuclear science and engineering; Mumbai (India); 21-24 Apr 2009; ISBN 978-81-8372-047-2.
- [17] Briesmeister, J., “RSIC Computer Code Collection MCNP4A, Monte Carlo NParticle Transport Code System”, Los Alamos National Laboratory, New Mexiko, 1993.
- [18] Monte Carlo Simülasyon Metodu ve Mcnp Kod Sistemi, Aybaba Hançerlioğulları, Cilt:14 No:2 Kastamonu Eğitim Dergisi 545-556, 2006.
- [19] Bagheri R, Khorrami Moghaddam A, Yousefnia H. Gamma ray shielding study of barium–bismuth–borosilicate glasses as transparent shielding materials using MCNP-4C code, XCOM program, and available experimental data. Nucl Eng Technol 2017. <https://doi.org/10.1016/j.net.2016.08.013>.
- [20] Monisha Jaishankar, Tenzin Tseten, Naresh Anbalagan, Blessy B. Mathew , Krishnamurthy N. Beeregowda. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdisciplinary toxicology, 2014. <https://doi.org/10.2478/intox2014-0009>.
- [21] Pyhsics for Radiation Protection, Wiley-WHC, Weinheim, Martin, J.E. (2006).
- [22] Radiation Detection and Measurement, University of Michigan, John Wiley&Sons,Inc. Knoll, G. F. 2002.

- [23] IbrahimDanadMD, Zahi A.FayadPhD, Martin J.WilleminMD, James K.MinMD, New Applications of Cardiac Computed Tomography: Dual-Energy, Spectral, and Molecular CT Imaging Author links open overlay panel, JACC: Cardiovascular Imaging, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2015.03.005>
- [24] Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, 1987.
- [25] Martin, J.E., Radyasyon ve Radyasyondan Korunma Fiziği, Palme Yayıncılık, Ankara, 2013.
- [26] Tarla Bremsstrahlung Foton Tesisi İçin Detektör Parametrelerinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Hüseyin Ozan Tekin, 2014.
- [27] Bazalt Numunelerde Eabf Ve Ebf Parametrelerinin Yeni Bir Metot İle Tayini, Yaşar Karabul, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [28] Agar, O., Sayyed, M.I., Akman, F., Tekin, H.O., Kaçal, M.R., 2019. An extensive investigation on gamma ray shielding features of Pd/Ag-based alloys. Nucl. Eng. Technol. <https://doi.org/10.1016/j.net.2018.12.014>.
- [29] <https://www.brighthub.com/environment/renewable-energy/articles/79089/>
- [30] Etkin Atom Numaralarını Saçılma Açılarına Bağlı Olarak Hesaplayabilen Bir Yazılım Paketi: Zxcom, Ahmet Nihat Bilgen, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [31] Ersundu AE, Büyükyıldız M, Çelikkilek Ersundu M, Şakar E, Kurudirek M. 2018. The heavy metal oxide glasses within the WO₃-MoO₃-TeO₂ system to investigate the shielding properties of radiation applications. Progress in Nuclear Energy, <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2017.10.008>.
- [32] Manohara, S.R., Hanagodimath, S.M., Thind, K.S., ve Gerward, L., (2008). “On the effective atomic number and electron density: A comprehensive set of formulas for all types of materials and energies above 1 keV”, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res., 266(18): 3906-3912.
- [33] Tekin, H., Altunsoy, E. E., Kavaz, E., Sayyed, M. I., Agar, O., & Kamislioglu, M., 2019, Photon and neutron shielding performance of boron phosphate glasses for diagnostic radiology facilities, Results in Physics, 12, 1457-1464. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.01.060>
- [34] M. Almatari, O. Agar, E.E. Altunsoy, O. Kilicoglu, M.I. Sayyed, H.O. Tekin. Photon and neutron shielding characteristics of samarium doped lead alumino borate glasses containing barium, lithium and

zinc oxides determined at medical diagnostic energies. Results in Physics, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.01.094>.

[35] Bazalt Numunelerde Eabf Ve Ebf Parametrelerinin Yeni Bir Metot İle Tayini, Yaşar Karabul, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2014.

[36] Singh, P.S., Singh, T., Kaur, P., 2008, Variation of energy absorption buildup factors with incident photon energy and penetration depth for some commonly used solvents, Ann. Nucl. Energy, 35, 1093-1097.

[37] Alüminyum-Bor-Karbür Kompozit Malzemelerin Radyasyon Karşısındaki Davranışının Belirlenmesi, Xcom Bilgisayar Programı İle İncelenmesi ve Yeni Bir Hibrit Kompozit Radyasyon Zırh Malzemesi Önerisi, Ayhan AKKAŞ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü Doktora Tezi, 2015.

[38] Birgör, U. (2009). RoHS Nedir ? Yönetmeliği ve Uygulamaları-I, Güncel, s. 31.

[39] Heavy metal borate glasses: Potential use for radiation shielding, Murat Kurudirek, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.08.237>.

[40] M. Çelikkilek Ersundu, A.E. Ersundu, M.I. Sayyed, G. Lakshminarayana, S. Aydin, Evaluation of physical, structural properties and shielding parameters for K₂O–WO₃–TeO₂ glasses for gamma ray shielding applications, J. Alloy. Comp., 2017. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838817314330>

[41] R. El-Mallawany, M.I. Sayyed, M.G. Dong, Comparative shielding properties of some tellurite glasses: Part 2, J. Non-Cryst. Solids, 474 (2017 Oct 15), pp. 16-23, 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002230931730399X>.

[42] Tarla Bremsstrahlung Foton Tesisi İçin Detektör Parametrelerinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Hüseyin Ozan Tekin, 2014.

[43] Monte Carlo Simülasyon Metodu Ve Mcnp Kod Sistemi, Aybaba Hançerlioğulları, Cilt:14 No:2 Kastamonu Eğitim Dergisi 545-556, 2006.

[44] J. K. Shultis, R. E. Faw, An MCNP Primer, Dept. of Mechanical and Nuclear Engineering Kansas State University Manhattan, 2011.

- [45] Bilgisayarlı Tomografi Taramalarındaki Anatomik Bölgelerin ve Organların Radyasyon Kütle Zayıflatma Katsayılarının Monte Carlo Metodu İle İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elif Ebru Altunsoy, 2018.
- [46] M.G. Dong, M.I. Sayyed, G. Lakshminarayana, M.Ç. Ersundu, A.E. Ersundu, P. Nayar, et al. Investigation of gamma radiation shielding properties of lithium zinc bismuth borate glasses using XCOM program and MCNP5 code J Non-Cryst Solids, 468 (2017), pp. 12-16, <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2017.04.018>.
- [47] B.O. Elbashir, M.G. Dong, M.I. Sayyed, S.A. Issa, K.A. Matori, M.H.M. Zaid Comparison of Monte Carlo simulation of gamma ray attenuation coefficients of amino acids with XCOM program and experimental data Results Phys, 9 (2018), pp. 6-11, <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.01.075>
- [48] Gerward, L., Guilbert, N., Jensen, K.B., Levring, H., 2004. WinXCom - a Program for Calculating X-ray Attenuation Coefficients. Radiation Physics and Chemistry, 71, 653-654.
- [49] Kulwinder Singh Mann, Sukhmanjit Singh Mann, Py-MLBUF: Development of an online-platform for gamma-ray shielding calculations and investigations. Annals of Nuclear Energy, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107845>
- [50] Sun, Y., Zhang, Z., Liu, L., & Wang, X. (2015). FTIR, Raman and NMR investigation of CaO–SiO₂–P₂O₅ and CaO–SiO₂–TiO₂–P₂O₅ glasses. Journal of Non-Crystalline Solids, 420, 26-33.
- [51] Kaur, R., Singh, S., & Pandey, O. P. (2012). FTIR structural investigation of gamma irradiated BaO–Na₂O–B₂O₃–SiO₂ glasses. Physica B: Condensed Matter, 407(24), 4765-4769.
- [52] Leśniak, M., Partyka, J., Gajek, M., & Sitarz, M. (2018). FTIR and MAS NMR study of the zinc aluminosilicate ceramic glazes. Journal of Molecular Structure, 1171, 17-24.
- [53] Kilic, G., Issa, S. A., Ilik, E., Kilicoglu, O., Issever, U. G., El-Mallawany, R., Issa, B., & Tekin, H. O. (2021). Physical, thermal, optical, structural and nuclear radiation shielding properties of Sm₂O₃ reinforced borotellurite glasses. Ceramics International, 47(5), 6154-6168.
- [54] Ilik, E., Kilic, G., & Issever, U. G. (2020). Synthesis of novel AgO-doped vanadium–borophosphate semiconducting glasses and investigation of their optical, structural, and thermal properties. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 31(11), 8986-8995.

- [55] Silva, A.M.B., Queiroz, C.M., Agathopoulos, S., Correia, R.N., Fernandes, M.H.V., & Oliveira, J.M. (2011). Structure of $\text{SiO}_2\text{--MgO--Na}_2\text{O}$ glasses by FTIR, Raman and ^{29}Si MAS NMR. *Journal of Molecular Structure*, 986(1-3), 16-21.
- [56] Kato, Y., Yamazaki, H., & Tomozawa, M. (2001). Detection of Phase Separation by FTIR in a Liquid-Crystal-Display Substrate Aluminoborosilicate Glass. *Journal of the American Ceramic Society*, 84(9), 2111-2116.
- [57] Rammah, Y. S., El-Agawany, F. I., Mahmoud, K. A., El-Mallawany, R., Ilik, E., & Kilic, G. (2020). FTIR, UV–Vis–NIR spectroscopy, and gamma rays shielding competence of novel ZnO-doped vanadium borophosphate glasses. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31(12), 9099-9113.
- [58] Arora, M., Baccaro, S., Sharma, G., Singh, D., Thind, K.S., & Singh, D.P. (2009). Radiation effects on $\text{PbO--Al}_2\text{O}_3\text{--B}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ glasses by FTIR spectroscopy. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 267(5), 817-820.
- [59] Ardelean, I., Cora, S., & Rusu, D. (2008). EPR and FT-IR spectroscopic studies of $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{--B}_2\text{O}_3\text{--CuO}$ glasses. *Physica B: Condensed Matter*, 403(19-20), 3682-3685.
- [60] Arora, S., Kundu, V., Goyal, D.R., & Maan, A.S. (2013). Effect of stepwise replacement of LiF by ZnO on structural and optical properties of $\text{LiF. B}_2\text{O}_3$ glasses. *Turkish Journal of Physics*, 37(2), 229-236.
- [61] Ayuni, J. N., Halimah, M. K., Talib, Z. A., Sidek, H. A. A., Daud, W. M., Zaidan, A. W., & Khamirul, A. M. (2001). In *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 17(1).

EKLER

5.1 EK-1: EBF-EABF TABLOLARI

EBF	BSBaLi									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,008	1,011	1,015	1,017	1,019	1,021	1,023	1,025	1,028	1,030
0,020	1,017	1,025	1,034	1,039	1,043	1,046	1,048	1,051	1,053	1,055
0,026	1,034	1,052	1,073	1,086	1,095	1,103	1,109	1,114	1,120	1,124
0,030	1,046	1,072	1,103	1,122	1,136	1,147	1,157	1,165	1,173	1,180
0,040	1,102	1,161	1,233	1,278	1,311	1,338	1,361	1,381	1,400	1,417
0,050	1,193	1,310	1,464	1,567	1,645	1,710	1,767	1,818	1,866	1,911
0,060	1,212	1,347	1,529	1,655	1,753	1,835	1,907	1,973	2,034	2,093
0,060	1,216	1,354	1,542	1,672	1,773	1,858	1,933	2,001	2,065	2,125
0,080	1,369	1,644	2,072	2,412	2,700	2,957	3,194	3,416	3,629	3,836
0,100	1,395	1,712	2,237	2,677	3,067	3,423	3,758	4,077	4,386	4,688
0,150	1,484	1,930	2,769	3,566	4,341	5,103	5,860	6,618	7,381	8,152
0,200	1,540	2,097	3,267	4,512	5,837	7,245	8,741	10,330	12,014	13,798
0,300	1,519	2,087	3,345	4,761	6,334	8,068	9,968	12,039	14,287	16,717
0,400	1,513	2,094	3,427	4,980	6,756	8,763	11,009	13,504	16,258	19,279
0,500	1,497	2,067	3,388	4,942	6,734	8,770	11,059	13,609	16,427	19,518
0,600	1,471	2,017	3,290	4,793	6,524	8,488	10,688	13,131	15,822	18,765
0,662	1,478	2,047	3,401	5,029	6,929	9,103	11,554	14,285	17,299	20,598
0,800	1,435	1,940	3,111	4,485	6,057	7,826	9,792	11,956	14,318	16,879
1,000	1,410	1,881	2,966	4,221	5,636	7,204	8,922	10,783	12,785	14,922
1,173	1,407	1,873	2,941	4,168	5,542	7,058	8,707	10,484	12,384	14,402
1,333	1,390	1,831	2,827	3,955	5,204	6,566	8,034	9,602	11,266	13,018
1,500	1,391	1,829	2,804	3,896	5,092	6,384	7,767	9,233	10,778	12,397
2,000	1,358	1,746	2,583	3,490	4,459	5,485	6,562	7,689	8,860	10,075
2,506	1,342	1,700	2,454	3,251	4,087	4,958	5,864	6,802	7,770	8,769
3,000	1,325	1,658	2,345	3,060	3,801	4,567	5,359	6,176	7,018	7,885
4,000	1,290	1,579	2,163	2,757	3,364	3,987	4,625	5,280	5,954	6,645
5,000	1,257	1,510	2,016	2,526	3,045	3,573	4,114	4,667	5,236	5,819
6,000	1,235	1,463	1,913	2,365	2,821	3,285	3,760	4,247	4,749	5,265
8,000	1,195	1,382	1,746	2,107	2,472	2,843	3,224	3,617	4,023	4,445
10,000	1,163	1,318	1,619	1,919	2,222	2,533	2,854	3,187	3,534	3,898
15,000	1,117	1,226	1,437	1,646	1,859	2,080	2,312	2,557	2,817	3,095

EBF	BSBaLi						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,033	1,053	1,092	1,167	1,292	1,452	1,655
0,020	1,057	1,065	1,072	1,076	1,078	1,080	1,082
0,026	1,129	1,149	1,163	1,172	1,177	1,183	1,192
0,030	1,187	1,216	1,238	1,250	1,257	1,266	1,280
0,040	1,434	1,509	1,569	1,611	1,635	1,656	1,685
0,050	1,955	2,155	2,323	2,446	2,526	2,592	2,681
0,060	2,149	2,409	2,633	2,801	2,913	3,006	3,127
0,060	2,184	2,454	2,688	2,864	2,982	3,081	3,209
0,080	4,038	5,020	5,956	6,767	7,404	7,970	8,656
0,100	4,986	6,447	7,868	9,135	10,163	11,082	12,162
0,150	8,933	13,040	17,444	21,857	26,022	30,176	34,979
0,200	15,686	26,744	40,368	55,777	72,344	90,864	113,079
0,300	19,333	35,287	55,730	79,726	107,239	139,567	177,920
0,400	22,577	43,367	71,089	104,913	145,125	192,800	248,282
0,500	22,885	43,740	70,814	104,581	145,756	193,993	248,265
0,600	21,968	42,004	69,010	103,172	144,576	193,218	248,661
0,662	24,182	46,349	75,311	110,622	152,103	199,736	252,672
0,800	19,639	36,390	57,915	83,985	114,409	148,760	185,804
1,000	17,190	30,311	45,946	63,625	83,231	104,941	128,774
1,173	16,532	28,673	42,914	59,007	77,007	96,722	117,057
1,333	14,855	25,138	36,926	50,037	64,530	80,242	96,297
1,500	14,085	23,407	33,879	45,272	57,578	70,745	84,292
2,000	11,328	18,112	25,582	33,591	42,072	50,927	59,907
2,506	9,795	15,313	21,359	27,764	34,365	41,070	47,847
3,000	8,775	13,556	18,725	24,047	29,506	35,314	41,638
4,000	7,356	11,171	15,289	19,482	23,813	28,639	34,267
5,000	6,418	9,666	13,286	17,092	20,925	24,910	29,400
6,000	5,798	8,725	12,058	15,599	19,167	22,912	27,283
8,000	4,883	7,349	10,254	13,393	16,568	19,988	24,225
10,000	4,279	6,485	9,205	12,266	15,476	19,065	23,716
15,000	3,393	5,244	7,799	10,988	14,651	19,155	25,698

EABF	BSBaLi									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,007	1,010	1,013	1,016	1,017	1,019	1,020	1,022	1,023	1,025
0,020	1,015	1,023	1,032	1,037	1,041	1,045	1,048	1,051	1,054	1,056
0,026	1,034	1,051	1,072	1,085	1,094	1,102	1,108	1,114	1,120	1,126
0,030	1,048	1,074	1,104	1,122	1,135	1,146	1,155	1,163	1,171	1,178
0,040	1,106	1,166	1,238	1,283	1,315	1,342	1,364	1,385	1,403	1,421
0,050	1,209	1,334	1,496	1,602	1,683	1,749	1,807	1,859	1,908	1,955
0,060	1,242	1,395	1,598	1,736	1,841	1,929	2,005	2,073	2,137	2,198
0,060	1,249	1,407	1,617	1,761	1,870	1,961	2,041	2,113	2,179	2,243
0,080	1,597	1,986	2,536	2,942	3,277	3,573	3,846	4,107	4,360	4,609
0,100	1,629	2,129	2,948	3,625	4,217	4,753	5,250	5,720	6,171	6,609
0,150	2,063	2,973	4,588	6,056	7,446	8,796	10,132	11,472	12,827	14,208
0,200	2,176	3,343	5,710	8,159	10,717	13,404	16,237	19,230	22,399	25,755
0,300	2,015	3,112	5,525	8,225	11,218	14,519	18,141	22,100	26,411	31,089
0,400	1,861	2,847	5,130	7,813	10,899	14,403	18,340	22,728	27,586	32,934
0,500	1,746	2,619	4,676	7,132	9,989	13,259	16,953	21,086	25,671	30,721
0,600	1,685	2,484	4,363	6,600	9,194	12,153	15,487	19,206	23,320	27,840
0,662	1,626	2,384	4,214	6,448	9,081	12,118	15,563	19,419	23,690	28,374
0,800	1,583	2,264	3,857	5,738	7,902	10,347	13,074	16,085	19,380	22,960
1,000	1,524	2,129	3,529	5,155	6,996	9,041	11,286	13,724	16,349	19,154
1,173	1,486	2,048	3,344	4,843	6,530	8,397	10,434	12,634	14,989	17,492
1,333	1,462	1,987	3,179	4,536	6,043	7,690	9,469	11,373	13,395	15,527
1,500	1,441	1,938	3,056	4,315	5,700	7,200	8,807	10,512	12,308	14,188
2,000	1,400	1,834	2,772	3,791	4,879	6,032	7,243	8,508	9,824	11,186
2,506	1,366	1,752	2,568	3,433	4,343	5,293	6,280	7,303	8,360	9,448
3,000	1,339	1,687	2,409	3,159	3,937	4,740	5,569	6,421	7,298	8,197
4,000	1,297	1,590	2,176	2,769	3,371	3,987	4,617	5,264	5,929	6,613
5,000	1,254	1,501	1,990	2,478	2,972	3,475	3,989	4,516	5,058	5,616
6,000	1,221	1,434	1,852	2,267	2,687	3,113	3,549	3,998	4,459	4,936
8,000	1,172	1,337	1,658	1,976	2,297	2,623	2,959	3,304	3,662	4,033
10,000	1,146	1,283	1,544	1,800	2,057	2,319	2,588	2,866	3,156	3,459
15,000	1,090	1,176	1,345	1,515	1,690	1,871	2,061	2,261	2,472	2,696

EABF	BSBaLi						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,026	1,034	1,042	1,050	1,055	1,056	1,054
0,020	1,059	1,073	1,086	1,097	1,103	1,105	1,105
0,026	1,131	1,155	1,175	1,187	1,193	1,198	1,207
0,030	1,185	1,215	1,236	1,249	1,256	1,265	1,279
0,040	1,438	1,515	1,577	1,620	1,644	1,662	1,687
0,050	1,999	2,203	2,375	2,499	2,576	2,639	2,723
0,060	2,256	2,520	2,748	2,923	3,039	3,130	3,238
0,060	2,303	2,581	2,820	3,004	3,127	3,223	3,337
0,080	4,856	6,093	7,261	8,257	9,255	10,658	12,887
0,100	7,036	9,108	11,113	12,941	14,406	15,486	16,423
0,150	15,622	23,325	31,909	40,297	47,551	54,635	63,937
0,200	29,311	50,315	76,333	104,885	133,879	165,859	206,685
0,300	36,149	67,443	108,142	155,560	209,013	272,469	350,877
0,400	38,792	76,437	129,782	201,063	292,211	404,852	540,234
0,500	36,250	71,458	120,044	182,596	258,940	347,487	444,852
0,600	32,776	63,982	106,684	161,590	229,487	311,053	405,784
0,662	33,471	64,989	105,949	155,758	214,621	282,526	356,651
0,800	26,824	50,392	80,911	118,239	161,820	209,673	258,449
1,000	22,134	39,386	59,918	83,056	108,566	136,406	165,975
1,173	20,134	35,199	52,855	72,888	95,467	120,169	145,139
1,333	17,763	30,296	44,683	60,754	78,644	98,075	117,754
1,500	16,147	26,904	38,922	52,086	66,531	81,982	97,311
2,000	12,592	20,177	28,490	37,380	46,810	56,713	66,812
2,506	10,567	16,568	23,144	30,178	37,564	45,185	52,902
3,000	9,120	14,046	19,402	25,025	30,802	36,773	43,037
4,000	7,316	11,113	15,249	19,432	23,626	28,222	33,672
5,000	6,191	9,330	12,835	16,403	19,729	22,921	26,455
6,000	5,428	8,138	11,182	14,287	17,309	20,561	24,571
8,000	4,418	6,575	9,070	11,730	14,561	17,968	22,516
10,000	3,777	5,621	7,912	10,500	13,167	16,053	19,753
15,000	2,933	4,376	6,324	8,786	11,677	15,096	19,575

EBF	BSBaCr1									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,004	1,007	1,011	1,014	1,015	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
0,020	1,010	1,016	1,023	1,028	1,032	1,036	1,038	1,041	1,043	1,046
0,026	1,046	1,072	1,101	1,118	1,131	1,140	1,149	1,156	1,163	1,169
0,030	1,066	1,103	1,147	1,175	1,195	1,211	1,225	1,237	1,248	1,259
0,040	1,078	1,121	1,172	1,203	1,225	1,244	1,259	1,273	1,286	1,298
0,050	1,140	1,223	1,327	1,394	1,445	1,485	1,520	1,552	1,582	1,609
0,060	1,158	1,255	1,380	1,463	1,526	1,578	1,623	1,664	1,702	1,737
0,060	1,161	1,259	1,387	1,472	1,537	1,590	1,637	1,679	1,718	1,755
0,080	1,285	1,484	1,777	1,995	2,173	2,327	2,465	2,592	2,712	2,827
0,100	1,313	1,549	1,919	2,213	2,463	2,685	2,888	3,078	3,259	3,433
0,150	1,469	1,897	2,692	3,440	4,160	4,864	5,559	6,251	6,945	7,643
0,200	1,481	1,953	2,894	3,847	4,819	5,819	6,849	7,914	9,018	10,163
0,300	1,511	2,065	3,282	4,640	6,139	7,780	9,570	11,510	13,607	15,865
0,400	1,505	2,073	3,369	4,869	6,576	8,495	10,635	13,003	15,609	18,459
0,500	1,487	2,045	3,335	4,847	6,584	8,552	10,758	13,208	15,909	18,864
0,600	1,482	2,049	3,384	4,975	6,823	8,929	11,298	13,937	16,849	20,039
0,662	1,453	1,976	3,188	4,611	6,243	8,087	10,146	12,424	14,926	17,656
0,800	1,440	1,956	3,164	4,591	6,232	8,083	10,143	12,411	14,886	17,565
1,000	1,417	1,899	3,011	4,303	5,763	7,386	9,167	11,100	13,180	15,404
1,173	1,400	1,857	2,898	4,091	5,425	6,893	8,489	10,208	12,045	13,995
1,333	1,371	1,789	2,725	3,780	4,941	6,202	7,554	8,994	10,515	12,112
1,500	1,378	1,801	2,743	3,796	4,949	6,194	7,524	8,934	10,418	11,972
2,000	1,363	1,755	2,604	3,524	4,507	5,547	6,639	7,779	8,964	10,191
2,506	1,331	1,682	2,424	3,216	4,052	4,928	5,843	6,795	7,783	8,804
3,000	1,313	1,639	2,316	3,027	3,768	4,537	5,334	6,158	7,007	7,882
4,000	1,285	1,571	2,151	2,744	3,354	3,980	4,625	5,290	5,975	6,681
5,000	1,255	1,506	2,010	2,520	3,040	3,573	4,120	4,684	5,265	5,865
6,000	1,232	1,457	1,905	2,356	2,814	3,284	3,768	4,267	4,784	5,320
8,000	1,190	1,374	1,735	2,098	2,467	2,846	3,238	3,644	4,068	4,511
10,000	1,159	1,312	1,611	1,911	2,218	2,535	2,865	3,211	3,573	3,956
15,000	1,112	1,217	1,424	1,633	1,849	2,077	2,318	2,575	2,852	3,151

EBF	BSBaCr1						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,015	1,014	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
0,020	1,048	1,058	1,066	1,073	1,080	1,089	1,101
0,026	1,175	1,201	1,222	1,235	1,239	1,239	1,238
0,030	1,269	1,313	1,348	1,370	1,383	1,396	1,413
0,040	1,310	1,362	1,404	1,431	1,446	1,460	1,480
0,050	1,636	1,756	1,855	1,925	1,970	2,009	2,061
0,060	1,772	1,928	2,057	2,150	2,209	2,258	2,324
0,060	1,790	1,951	2,086	2,183	2,244	2,296	2,365
0,080	2,938	3,461	3,933	4,320	4,605	4,849	5,145
0,100	3,602	4,407	5,148	5,769	6,244	6,660	7,160
0,150	8,349	12,030	15,934	19,809	23,425	27,005	31,147
0,200	11,352	17,981	25,621	33,719	41,881	50,673	61,273
0,300	18,286	32,902	51,380	72,777	96,964	125,139	158,510
0,400	21,561	40,965	66,546	97,404	133,786	176,799	226,912
0,500	22,076	41,858	67,426	99,179	137,613	182,285	232,177
0,600	23,511	45,176	74,016	109,757	152,037	200,712	255,957
0,662	20,618	39,006	63,462	93,815	129,493	169,479	212,328
0,800	20,447	37,768	59,535	85,236	114,687	148,020	185,080
1,000	17,766	31,450	47,787	66,328	87,016	109,969	134,806
1,173	16,052	27,789	41,552	57,033	74,249	93,242	113,474
1,333	13,780	23,025	33,415	44,640	56,655	69,510	82,992
1,500	13,591	22,514	32,533	43,485	55,400	68,140	81,048
2,000	11,456	18,274	25,746	33,754	42,260	51,130	60,018
2,506	9,858	15,576	21,952	28,865	36,204	43,854	51,699
3,000	8,781	13,611	18,886	24,392	29,951	35,551	41,296
4,000	7,408	11,358	15,733	20,297	24,977	30,048	35,878
5,000	6,485	9,887	13,740	17,811	21,919	26,261	31,294
6,000	5,877	8,987	12,593	16,440	20,331	24,528	29,623
8,000	4,974	7,632	10,867	14,493	18,299	22,499	27,764
10,000	4,359	6,747	9,794	13,350	17,199	21,581	27,317
15,000	3,474	5,550	8,587	12,659	17,670	24,046	33,375

EABF	BSBaCr1									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,004	1,007	1,011	1,014	1,015	1,016	1,016	1,017	1,017	1,017
0,020	1,011	1,016	1,023	1,028	1,031	1,034	1,036	1,038	1,040	1,042
0,026	1,046	1,071	1,101	1,119	1,132	1,142	1,151	1,158	1,166	1,172
0,030	1,065	1,102	1,146	1,174	1,194	1,210	1,224	1,236	1,247	1,258
0,040	1,075	1,118	1,170	1,202	1,225	1,244	1,260	1,274	1,287	1,300
0,050	1,150	1,236	1,343	1,412	1,462	1,504	1,540	1,572	1,602	1,631
0,060	1,180	1,290	1,431	1,524	1,594	1,651	1,701	1,746	1,787	1,826
0,060	1,180	1,289	1,431	1,525	1,595	1,653	1,703	1,748	1,790	1,830
0,080	1,361	1,615	1,988	2,266	2,492	2,686	2,858	3,017	3,167	3,309
0,100	1,503	1,870	2,427	2,859	3,220	3,537	3,827	4,098	4,355	4,604
0,150	2,036	2,906	4,427	5,790	7,067	8,299	9,512	10,721	11,941	13,180
0,200	2,089	3,090	4,987	6,827	8,656	10,506	12,396	14,343	16,360	18,458
0,300	2,015	3,099	5,456	8,062	10,926	14,061	17,478	21,192	25,218	29,568
0,400	1,864	2,844	5,090	7,706	10,694	14,068	17,843	22,035	26,662	31,745
0,500	1,751	2,621	4,657	7,070	9,862	13,044	16,626	20,624	25,049	29,916
0,600	1,676	2,479	4,395	6,706	9,412	12,521	16,042	19,982	24,352	29,158
0,662	1,656	2,414	4,179	6,259	8,652	11,362	14,395	17,759	21,462	25,509
0,800	1,577	2,259	3,872	5,793	8,015	10,535	13,350	16,460	19,861	23,550
1,000	1,522	2,129	3,539	5,185	7,056	9,142	11,437	13,936	16,631	19,517
1,173	1,489	2,051	3,340	4,825	6,491	8,330	10,335	12,498	14,813	17,273
1,333	1,463	1,984	3,157	4,479	5,939	7,524	9,230	11,047	12,970	14,993
1,500	1,442	1,938	3,048	4,293	5,660	7,137	8,718	10,395	12,161	14,010
2,000	1,401	1,836	2,776	3,797	4,888	6,043	7,256	8,523	9,839	11,202
2,506	1,367	1,753	2,562	3,417	4,312	5,245	6,212	7,213	8,245	9,308
3,000	1,339	1,687	2,405	3,152	3,926	4,728	5,557	6,414	7,298	8,210
4,000	1,297	1,588	2,170	2,758	3,358	3,972	4,604	5,256	5,929	6,626
5,000	1,251	1,496	1,982	2,469	2,962	3,465	3,981	4,510	5,056	5,618
6,000	1,217	1,427	1,838	2,249	2,665	3,091	3,529	3,981	4,450	4,936
8,000	1,168	1,328	1,641	1,953	2,270	2,595	2,931	3,280	3,644	4,023
10,000	1,140	1,270	1,524	1,775	2,030	2,291	2,563	2,846	3,144	3,458
15,000	1,084	1,165	1,327	1,493	1,665	1,846	2,037	2,241	2,459	2,692

EABF	BSBaCr1						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,017	1,018	1,020	1,022	1,023	1,023	1,023
0,020	1,044	1,051	1,056	1,057	1,059	1,062	1,066
0,026	1,178	1,207	1,230	1,247	1,256	1,257	1,252
0,030	1,268	1,313	1,348	1,371	1,385	1,398	1,416
0,040	1,311	1,363	1,403	1,430	1,447	1,464	1,488
0,050	1,658	1,783	1,885	1,956	1,998	2,032	2,080
0,060	1,864	2,034	2,178	2,286	2,354	2,406	2,470
0,060	1,868	2,040	2,186	2,295	2,365	2,419	2,483
0,080	3,446	4,092	4,693	5,222	5,638	5,966	6,291
0,100	4,847	6,019	7,137	8,115	8,854	9,409	9,978
0,150	14,447	21,310	28,911	36,257	42,441	48,270	55,871
0,200	20,645	33,068	47,573	62,290	76,002	90,889	111,148
0,300	34,256	62,984	99,915	142,303	189,098	243,978	312,036
0,400	37,302	72,893	123,261	190,503	276,030	380,294	502,840
0,500	35,237	69,044	115,524	174,842	246,185	327,895	417,598
0,600	34,406	67,395	111,611	166,708	232,526	309,574	398,700
0,662	29,908	57,363	94,203	140,439	195,519	258,048	325,687
0,800	27,525	51,489	81,776	118,019	160,334	208,258	259,144
1,000	22,587	40,435	61,816	86,170	113,445	143,598	175,560
1,173	19,871	34,708	52,106	71,698	93,577	117,798	143,499
1,333	17,109	28,896	42,281	56,961	72,965	90,309	108,450
1,500	15,935	26,529	38,390	51,356	65,507	80,633	95,801
2,000	12,608	20,175	28,448	37,285	46,649	56,440	66,322
2,506	10,400	16,248	22,632	29,381	36,325	43,335	50,352
3,000	9,147	14,209	19,741	25,474	31,320	37,489	44,216
4,000	7,346	11,312	15,780	20,437	25,190	30,480	36,934
5,000	6,199	9,403	13,070	16,968	20,768	24,437	28,372
6,000	5,442	8,287	11,608	15,135	18,667	22,498	27,274
8,000	4,421	6,703	9,451	12,479	15,728	19,623	24,899
10,000	3,789	5,762	8,312	11,306	14,514	18,094	22,782
15,000	2,943	4,512	6,746	9,752	13,537	18,318	24,887

EBF	BSBaMn1									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,003	1,006	1,011	1,013	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
0,020	1,009	1,015	1,022	1,027	1,031	1,035	1,038	1,041	1,044	1,046
0,026	1,021	1,033	1,048	1,058	1,064	1,070	1,075	1,079	1,083	1,087
0,030	1,032	1,050	1,072	1,085	1,095	1,102	1,108	1,114	1,119	1,123
0,040	1,079	1,123	1,175	1,207	1,230	1,248	1,264	1,278	1,292	1,304
0,050	1,105	1,166	1,242	1,290	1,326	1,355	1,380	1,402	1,422	1,442
0,060	1,161	1,260	1,388	1,473	1,537	1,590	1,636	1,678	1,717	1,754
0,060	1,164	1,264	1,395	1,482	1,549	1,603	1,651	1,694	1,734	1,772
0,080	1,289	1,492	1,791	2,015	2,198	2,356	2,498	2,629	2,753	2,872
0,100	1,317	1,557	1,934	2,235	2,491	2,718	2,927	3,122	3,307	3,487
0,150	1,473	1,906	2,714	3,475	4,210	4,930	5,642	6,352	7,065	7,783
0,200	1,484	1,960	2,911	3,877	4,864	5,881	6,930	8,017	9,144	10,314
0,300	1,512	2,069	3,294	4,663	6,175	7,835	9,644	11,610	13,735	16,024
0,400	1,506	2,077	3,379	4,889	6,609	8,544	10,703	13,094	15,726	18,608
0,500	1,464	1,992	3,200	4,604	6,202	7,998	9,995	12,198	14,610	17,234
0,600	1,453	1,969	3,154	4,535	6,109	7,881	9,854	12,032	14,421	17,023
0,662	1,453	1,975	3,187	4,609	6,240	8,082	10,138	12,414	14,914	17,641
0,800	1,431	1,919	3,034	4,323	5,783	7,415	9,222	11,206	13,369	15,712
1,000	1,399	1,854	2,893	4,086	5,424	6,902	8,514	10,257	12,126	14,118
1,173	1,397	1,851	2,883	4,064	5,384	6,835	8,412	10,109	11,922	13,845
1,333	1,371	1,788	2,725	3,779	4,940	6,200	7,552	8,991	10,511	12,107
1,500	1,379	1,802	2,746	3,801	4,957	6,205	7,539	8,952	10,441	11,999
2,000	1,352	1,732	2,553	3,443	4,396	5,405	6,466	7,577	8,733	9,934
2,506	1,331	1,680	2,420	3,209	4,041	4,914	5,826	6,775	7,760	8,779
3,000	1,313	1,637	2,313	3,022	3,761	4,529	5,326	6,149	6,999	7,875
4,000	1,283	1,567	2,144	2,736	3,344	3,970	4,615	5,280	5,967	6,674
5,000	1,254	1,504	2,007	2,517	3,038	3,572	4,122	4,689	5,275	5,880
6,000	1,231	1,456	1,903	2,353	2,812	3,284	3,770	4,273	4,794	5,336
8,000	1,189	1,371	1,732	2,095	2,466	2,848	3,244	3,656	4,086	4,537
10,000	1,159	1,310	1,609	1,909	2,216	2,535	2,867	3,215	3,582	3,969
15,000	1,111	1,215	1,421	1,630	1,847	2,076	2,320	2,581	2,864	3,169

EBF	BSBaMn1						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,014	1,013	1,012	1,012	1,012	1,011	1,011
0,020	1,049	1,063	1,077	1,089	1,105	1,128	1,166
0,026	1,090	1,105	1,115	1,119	1,122	1,128	1,138
0,030	1,128	1,145	1,156	1,160	1,162	1,165	1,172
0,040	1,316	1,369	1,411	1,439	1,455	1,468	1,488
0,050	1,461	1,544	1,612	1,659	1,687	1,712	1,746
0,060	1,789	1,950	2,084	2,180	2,240	2,291	2,359
0,060	1,809	1,975	2,114	2,214	2,278	2,331	2,403
0,080	2,986	3,528	4,019	4,422	4,720	4,975	5,286
0,100	3,661	4,491	5,257	5,901	6,395	6,827	7,346
0,150	8,509	12,305	16,344	20,363	24,125	27,858	32,176
0,200	11,531	18,331	26,198	34,564	43,028	52,167	63,190
0,300	18,482	33,346	52,187	74,061	98,856	127,791	162,074
0,400	21,745	41,399	67,365	98,754	135,820	179,667	230,742
0,500	20,071	37,361	59,434	86,331	118,267	154,799	195,038
0,600	19,842	37,172	59,451	85,904	116,355	150,606	187,870
0,662	20,600	38,967	63,393	93,699	129,290	169,137	211,801
0,800	18,237	33,492	52,526	74,463	99,107	126,268	155,249
1,000	16,229	28,414	42,927	59,343	77,510	97,553	119,578
1,173	15,873	27,429	40,944	56,084	72,834	91,269	110,995
1,333	13,774	23,013	33,394	44,608	56,608	69,447	82,910
1,500	13,622	22,567	32,612	43,597	55,554	68,328	81,235
2,000	11,175	17,921	25,400	33,467	42,065	51,153	60,582
2,506	9,831	15,551	21,946	28,893	36,265	43,943	51,822
3,000	8,776	13,631	18,950	24,515	30,141	35,833	41,712
4,000	7,404	11,379	15,804	20,446	25,212	30,353	36,244
5,000	6,506	9,958	13,888	18,056	22,278	26,759	31,980
6,000	5,899	9,062	12,752	16,709	20,730	25,092	30,422
8,000	5,009	7,738	11,094	14,894	18,922	23,397	29,032
10,000	4,378	6,816	9,957	13,648	17,658	22,228	28,225
15,000	3,501	5,657	8,876	13,285	18,829	26,005	36,631

EABF	BSBaMn1									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,003	1,006	1,011	1,013	1,014	1,015	1,015	1,015	1,015	1,015
0,020	1,010	1,016	1,022	1,026	1,029	1,031	1,034	1,035	1,037	1,039
0,026	1,022	1,035	1,049	1,058	1,065	1,070	1,074	1,078	1,082	1,085
0,030	1,030	1,047	1,067	1,080	1,089	1,096	1,102	1,108	1,113	1,118
0,040	1,076	1,120	1,173	1,206	1,230	1,249	1,265	1,280	1,293	1,306
0,050	1,110	1,173	1,248	1,295	1,330	1,357	1,382	1,403	1,424	1,443
0,060	1,183	1,295	1,439	1,534	1,606	1,665	1,716	1,762	1,804	1,844
0,060	1,183	1,295	1,440	1,536	1,608	1,668	1,719	1,766	1,809	1,849
0,080	1,368	1,627	2,010	2,295	2,527	2,726	2,904	3,068	3,222	3,369
0,100	1,510	1,883	2,454	2,898	3,270	3,599	3,899	4,179	4,446	4,704
0,150	2,044	2,924	4,472	5,863	7,172	8,436	9,682	10,927	12,184	13,462
0,200	2,094	3,102	5,020	6,886	8,745	10,629	12,556	14,543	16,604	18,748
0,300	2,015	3,102	5,469	8,093	10,982	14,148	17,603	21,364	25,443	29,855
0,400	1,863	2,845	5,098	7,726	10,732	14,130	17,934	22,162	26,832	31,964
0,500	1,762	2,626	4,605	6,904	9,527	12,480	15,773	19,420	23,430	27,814
0,600	1,695	2,486	4,308	6,432	8,860	11,598	14,654	18,038	21,759	25,826
0,662	1,656	2,414	4,179	6,258	8,649	11,357	14,388	17,750	21,449	25,492
0,800	1,596	2,274	3,832	5,642	7,703	10,016	12,585	15,414	18,507	21,865
1,000	1,526	2,130	3,512	5,105	6,896	8,876	11,039	13,380	15,892	18,569
1,173	1,490	2,052	3,338	4,818	6,477	8,307	10,301	12,452	14,753	17,198
1,333	1,463	1,984	3,157	4,479	5,938	7,523	9,228	11,045	12,967	14,989
1,500	1,442	1,938	3,049	4,295	5,662	7,141	8,722	10,400	12,167	14,016
2,000	1,401	1,833	2,765	3,775	4,854	5,996	7,196	8,451	9,758	11,113
2,506	1,368	1,753	2,561	3,415	4,309	5,240	6,206	7,207	8,239	9,302
3,000	1,340	1,687	2,404	3,149	3,923	4,724	5,553	6,411	7,296	8,209
4,000	1,296	1,586	2,167	2,755	3,355	3,971	4,605	5,261	5,939	6,642
5,000	1,250	1,494	1,978	2,464	2,957	3,461	3,978	4,509	5,057	5,623
6,000	1,216	1,423	1,833	2,242	2,659	3,085	3,524	3,979	4,452	4,943
8,000	1,166	1,325	1,636	1,947	2,263	2,588	2,925	3,275	3,641	4,023
10,000	1,137	1,266	1,517	1,767	2,022	2,284	2,557	2,842	3,143	3,461
15,000	1,083	1,163	1,323	1,487	1,658	1,839	2,030	2,235	2,454	2,690

EABF	BSBaMn1						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,015	1,016	1,017	1,018	1,019	1,018	1,018
0,020	1,040	1,047	1,052	1,054	1,056	1,058	1,062
0,026	1,089	1,103	1,113	1,118	1,120	1,122	1,126
0,030	1,122	1,142	1,156	1,164	1,167	1,170	1,176
0,040	1,318	1,370	1,412	1,439	1,457	1,473	1,497
0,050	1,461	1,545	1,613	1,661	1,689	1,712	1,744
0,060	1,883	2,058	2,206	2,316	2,387	2,441	2,507
0,060	1,888	2,066	2,216	2,329	2,401	2,456	2,524
0,080	3,510	4,177	4,798	5,345	5,778	6,118	6,456
0,100	4,956	6,172	7,334	8,356	9,134	9,716	10,302
0,150	14,768	21,859	29,726	37,351	43,820	49,982	58,037
0,200	20,986	33,716	48,616	63,785	77,970	93,378	114,281
0,300	34,612	63,818	101,447	144,758	192,765	249,204	319,154
0,400	37,576	73,549	124,493	192,576	279,385	385,685	511,360
0,500	32,583	62,383	101,785	149,384	204,663	268,347	340,526
0,600	30,248	57,841	94,381	138,645	189,621	247,173	310,844
0,662	29,887	57,316	94,118	140,286	195,237	257,556	324,919
0,800	25,489	47,430	74,749	106,292	141,913	181,126	222,683
1,000	21,407	37,761	57,137	78,867	102,620	128,289	155,481
1,173	19,780	34,523	51,803	71,220	92,822	116,720	142,262
1,333	17,105	28,888	42,267	56,941	72,936	90,269	108,393
1,500	15,943	26,544	38,418	51,408	65,587	80,716	95,827
2,000	12,514	20,114	28,518	37,539	47,089	57,131	67,568
2,506	10,394	16,258	22,683	29,501	36,535	43,652	50,793
3,000	9,150	14,242	19,821	25,596	31,479	37,711	44,562
4,000	7,371	11,412	16,026	20,900	25,909	31,488	38,322
5,000	6,209	9,450	13,182	17,165	21,061	24,841	28,923
6,000	5,456	8,359	11,795	15,507	19,271	23,363	28,465
8,000	4,425	6,745	9,574	12,725	16,114	20,157	25,627
10,000	3,797	5,815	8,452	11,592	15,003	18,846	23,898
15,000	2,944	4,555	6,892	10,091	14,187	19,439	26,767

EBF	BSBaCa									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,004	1,007	1,011	1,014	1,015	1,016	1,017	1,017	1,017	1,017
0,020	1,010	1,016	1,024	1,029	1,033	1,036	1,039	1,041	1,043	1,045
0,026	1,024	1,038	1,055	1,065	1,073	1,079	1,084	1,089	1,093	1,097
0,030	1,036	1,056	1,080	1,095	1,106	1,114	1,122	1,128	1,134	1,139
0,040	1,074	1,115	1,163	1,192	1,214	1,231	1,246	1,259	1,271	1,283
0,050	1,131	1,208	1,304	1,367	1,413	1,450	1,483	1,512	1,539	1,565
0,060	1,198	1,322	1,488	1,601	1,688	1,761	1,825	1,883	1,938	1,989
0,060	1,201	1,327	1,497	1,613	1,702	1,777	1,843	1,903	1,959	2,012
0,080	1,272	1,460	1,734	1,936	2,100	2,241	2,366	2,482	2,591	2,694
0,100	1,366	1,654	2,121	2,506	2,841	3,145	3,427	3,695	3,952	4,203
0,150	1,457	1,868	2,627	3,333	4,007	4,663	5,307	5,946	6,584	7,224
0,200	1,518	2,042	3,120	4,247	5,427	6,665	7,967	9,334	10,773	12,284
0,300	1,505	2,050	3,241	4,562	6,013	7,595	9,314	11,172	13,173	15,322
0,400	1,500	2,061	3,335	4,804	6,471	8,340	10,419	12,714	15,235	17,988
0,500	1,482	2,032	3,303	4,790	6,494	8,422	10,578	12,970	15,602	18,478
0,600	1,463	1,996	3,230	4,677	6,338	8,214	10,312	12,636	15,192	17,985
0,662	1,452	1,973	3,179	4,594	6,215	8,045	10,087	12,347	14,829	17,536
0,800	1,433	1,931	3,076	4,412	5,933	7,641	9,536	11,622	13,899	16,370
1,000	1,405	1,869	2,933	4,161	5,542	7,071	8,742	10,552	12,496	14,571
1,173	1,401	1,860	2,907	4,106	5,449	6,926	8,533	10,264	12,114	14,077
1,333	1,371	1,788	2,724	3,777	4,937	6,195	7,546	8,983	10,501	12,095
1,500	1,377	1,799	2,738	3,787	4,936	6,176	7,501	8,905	10,383	11,931
2,000	1,363	1,756	2,605	3,525	4,509	5,549	6,642	7,782	8,968	10,195
2,506	1,332	1,683	2,427	3,221	4,058	4,936	5,853	6,807	7,795	8,817
3,000	1,314	1,640	2,319	3,030	3,772	4,542	5,339	6,163	7,012	7,886
4,000	1,286	1,573	2,154	2,749	3,359	3,985	4,630	5,294	5,978	6,683
5,000	1,256	1,508	2,012	2,522	3,042	3,573	4,119	4,681	5,259	5,856
6,000	1,232	1,459	1,907	2,358	2,816	3,284	3,766	4,264	4,778	5,311
8,000	1,191	1,375	1,737	2,100	2,468	2,845	3,234	3,638	4,058	4,496
10,000	1,160	1,313	1,612	1,913	2,219	2,536	2,864	3,208	3,569	3,948
15,000	1,113	1,219	1,426	1,635	1,851	2,077	2,316	2,572	2,845	3,140

EBF	BSBaCa						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,017	1,015	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
0,020	1,047	1,055	1,060	1,064	1,067	1,072	1,079
0,026	1,101	1,116	1,126	1,132	1,137	1,146	1,158
0,030	1,144	1,165	1,179	1,185	1,191	1,201	1,215
0,040	1,294	1,343	1,382	1,407	1,422	1,435	1,455
0,050	1,589	1,699	1,790	1,854	1,895	1,930	1,977
0,060	2,039	2,268	2,464	2,608	2,702	2,780	2,884
0,060	2,063	2,300	2,503	2,653	2,751	2,833	2,941
0,080	2,795	3,264	3,684	4,024	4,273	4,484	4,741
0,100	4,448	5,639	6,774	7,763	8,547	9,240	10,061
0,150	7,869	11,210	14,722	18,176	21,369	24,507	28,140
0,200	13,872	23,014	34,016	46,181	58,978	73,127	90,186
0,300	17,621	31,402	48,667	68,476	90,649	116,315	146,668
0,400	20,978	39,597	63,973	93,175	127,424	167,841	214,948
0,500	21,600	40,774	65,493	96,081	132,927	175,554	222,954
0,600	21,022	39,998	65,533	97,596	135,691	178,889	225,903
0,662	20,472	38,700	62,916	92,860	127,809	166,671	208,092
0,800	19,037	35,324	56,445	81,980	111,165	142,942	176,057
1,000	16,770	29,488	44,641	61,772	80,739	101,708	124,790
1,173	16,150	27,974	41,847	57,474	74,888	94,095	114,446
1,333	13,759	22,983	33,343	44,529	56,495	69,293	82,713
1,500	13,543	22,430	32,409	43,309	55,158	67,842	80,752
2,000	11,460	18,278	25,749	33,754	42,258	51,127	60,016
2,506	9,872	15,588	21,948	28,835	36,138	43,745	51,536
3,000	8,784	13,602	18,850	24,322	29,840	35,389	41,064
4,000	7,408	11,342	15,682	20,194	24,820	29,850	35,645
5,000	6,472	9,844	13,650	17,662	21,703	25,961	30,880
6,000	5,863	8,941	12,496	16,280	20,096	24,194	29,144
8,000	4,954	7,571	10,736	14,261	17,939	21,980	27,035
10,000	4,349	6,711	9,714	13,208	16,986	21,290	26,926
15,000	3,458	5,484	8,414	12,287	16,988	22,908	31,504

EABF	BSBaCa									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,004	1,007	1,011	1,014	1,016	1,017	1,017	1,018	1,018	1,019
0,020	1,011	1,017	1,024	1,029	1,032	1,035	1,038	1,040	1,042	1,044
0,026	1,025	1,039	1,055	1,065	1,072	1,078	1,083	1,088	1,092	1,096
0,030	1,035	1,055	1,078	1,092	1,103	1,111	1,118	1,125	1,131	1,136
0,040	1,071	1,111	1,160	1,191	1,212	1,230	1,245	1,258	1,271	1,282
0,050	1,139	1,219	1,318	1,380	1,427	1,464	1,497	1,527	1,554	1,580
0,060	1,225	1,366	1,552	1,677	1,772	1,851	1,919	1,981	2,038	2,092
0,060	1,229	1,372	1,562	1,690	1,788	1,869	1,939	2,003	2,062	2,118
0,080	1,341	1,579	1,926	2,181	2,388	2,564	2,721	2,866	3,001	3,130
0,100	1,584	2,038	2,770	3,365	3,879	4,340	4,765	5,166	5,548	5,918
0,150	2,011	2,847	4,289	5,564	6,749	7,884	8,995	10,099	11,210	12,335
0,200	2,145	3,247	5,425	7,622	9,872	12,199	14,621	17,153	19,810	22,602
0,300	2,015	3,090	5,409	7,954	10,734	13,760	17,046	20,604	24,447	28,589
0,400	1,866	2,841	5,066	7,641	10,572	13,869	17,548	21,624	26,116	31,042
0,500	1,753	2,623	4,646	7,032	9,785	12,914	16,429	20,345	24,674	29,429
0,600	1,689	2,486	4,340	6,526	9,046	11,907	15,117	18,688	22,630	26,954
0,662	1,656	2,414	4,176	6,248	8,630	11,326	14,341	17,684	21,361	25,381
0,800	1,589	2,269	3,846	5,695	7,813	10,199	12,857	15,790	19,000	22,491
1,000	1,525	2,130	3,522	5,134	6,953	8,970	11,179	13,573	16,147	18,894
1,173	1,489	2,051	3,341	4,829	6,499	8,343	10,354	12,525	14,848	17,317
1,333	1,463	1,984	3,156	4,478	5,936	7,521	9,224	11,040	12,961	14,981
1,500	1,441	1,937	3,046	4,291	5,656	7,133	8,712	10,388	12,152	13,999
2,000	1,401	1,836	2,777	3,798	4,889	6,043	7,256	8,523	9,839	11,201
2,506	1,367	1,753	2,563	3,419	4,315	5,248	6,216	7,218	8,251	9,314
3,000	1,339	1,687	2,406	3,153	3,928	4,730	5,560	6,416	7,300	8,209
4,000	1,297	1,589	2,171	2,760	3,359	3,972	4,602	5,251	5,920	6,611
5,000	1,252	1,498	1,984	2,471	2,964	3,467	3,982	4,510	5,054	5,614
6,000	1,218	1,428	1,841	2,252	2,669	3,094	3,531	3,981	4,447	4,930
8,000	1,169	1,329	1,644	1,957	2,275	2,600	2,935	3,283	3,646	4,024
10,000	1,141	1,273	1,528	1,780	2,035	2,296	2,567	2,849	3,145	3,456
15,000	1,085	1,166	1,330	1,496	1,669	1,850	2,042	2,245	2,462	2,693

EABF	BSBaCa						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,019	1,020	1,023	1,025	1,027	1,028	1,028
0,020	1,046	1,053	1,058	1,059	1,060	1,063	1,068
0,026	1,100	1,116	1,126	1,131	1,133	1,137	1,144
0,030	1,142	1,165	1,181	1,189	1,193	1,198	1,208
0,040	1,293	1,342	1,379	1,405	1,422	1,439	1,463
0,050	1,605	1,719	1,812	1,876	1,914	1,945	1,990
0,060	2,144	2,381	2,585	2,739	2,843	2,923	3,019
0,060	2,171	2,415	2,625	2,785	2,893	2,976	3,075
0,080	3,254	3,837	4,377	4,848	5,215	5,501	5,786
0,100	6,279	8,020	9,695	11,212	12,417	13,298	14,063
0,150	13,482	19,674	26,491	33,022	38,391	43,271	49,569
0,200	25,540	42,605	63,211	85,088	106,516	129,938	160,538
0,300	33,041	60,156	94,746	134,065	176,874	226,639	288,473
0,400	36,420	70,766	119,170	183,325	263,792	359,891	470,479
0,500	34,623	67,544	112,567	169,471	237,171	314,361	399,449
0,600	31,671	61,463	102,250	154,482	217,967	291,668	373,583
0,662	29,749	57,002	93,527	139,191	193,211	254,065	319,570
0,800	26,265	49,381	79,342	115,336	156,029	199,715	244,445
1,000	21,807	38,628	58,559	80,898	105,329	131,768	159,743
1,173	19,925	34,820	52,295	72,011	94,085	118,519	144,288
1,333	17,095	28,866	42,232	56,892	72,867	90,170	108,252
1,500	15,923	26,506	38,346	51,272	65,373	80,491	95,757
2,000	12,606	20,172	28,445	37,279	46,639	56,421	66,296
2,506	10,406	16,249	22,618	29,346	36,269	43,264	50,264
3,000	9,145	14,188	19,693	25,403	31,230	37,360	44,008
4,000	7,324	11,229	15,581	20,063	24,603	29,638	35,746
5,000	6,193	9,373	13,004	16,852	20,597	24,202	28,054
6,000	5,432	8,236	11,473	14,871	18,236	21,872	26,393
8,000	4,419	6,676	9,375	12,327	15,489	19,290	24,438
10,000	3,784	5,731	8,226	11,134	14,222	17,646	22,120
15,000	2,942	4,486	6,660	9,551	13,157	17,668	23,809

EBF	BSBaMg									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,007	1,011	1,014	1,017	1,019	1,021	1,024	1,026	1,028	1,031
0,020	1,014	1,021	1,030	1,035	1,038	1,041	1,043	1,046	1,048	1,050
0,026	1,028	1,045	1,064	1,076	1,085	1,091	1,097	1,102	1,107	1,111
0,030	1,040	1,063	1,091	1,108	1,121	1,130	1,139	1,146	1,153	1,159
0,040	1,106	1,167	1,242	1,290	1,324	1,352	1,376	1,397	1,417	1,435
0,050	1,145	1,231	1,339	1,409	1,462	1,504	1,541	1,574	1,605	1,634
0,060	1,217	1,356	1,544	1,675	1,776	1,862	1,936	2,005	2,069	2,129
0,060	1,221	1,363	1,556	1,691	1,796	1,884	1,961	2,032	2,098	2,161
0,080	1,296	1,505	1,814	2,047	2,237	2,402	2,551	2,689	2,819	2,944
0,100	1,399	1,719	2,250	2,697	3,092	3,455	3,796	4,121	4,436	4,745
0,150	1,485	1,933	2,775	3,577	4,356	5,123	5,886	6,649	7,418	8,195
0,200	1,540	2,099	3,271	4,519	5,848	7,262	8,764	10,359	12,050	13,843
0,300	1,519	2,088	3,349	4,767	6,343	8,082	9,987	12,065	14,321	16,760
0,400	1,513	2,094	3,427	4,980	6,756	8,762	11,008	13,503	16,256	19,278
0,500	1,497	2,066	3,387	4,941	6,732	8,767	11,055	13,603	16,419	19,508
0,600	1,471	2,017	3,289	4,791	6,522	8,484	10,683	13,123	15,812	18,754
0,662	1,450	1,967	3,160	4,557	6,155	7,956	9,965	12,185	14,622	17,280
0,800	1,435	1,939	3,110	4,483	6,054	7,822	9,786	11,948	14,309	16,867
1,000	1,410	1,881	2,966	4,220	5,635	7,203	8,920	10,782	12,783	14,920
1,173	1,404	1,867	2,924	4,137	5,495	6,990	8,616	10,368	12,239	14,225
1,333	1,390	1,831	2,826	3,954	5,202	6,563	8,030	9,598	11,260	13,012
1,500	1,387	1,819	2,781	3,858	5,036	6,309	7,670	9,114	10,636	12,230
2,000	1,357	1,742	2,574	3,476	4,440	5,461	6,534	7,656	8,823	10,034
2,506	1,339	1,695	2,446	3,240	4,074	4,944	5,850	6,789	7,761	8,763
3,000	1,322	1,653	2,338	3,051	3,792	4,558	5,351	6,170	7,014	7,884
4,000	1,289	1,578	2,161	2,757	3,367	3,993	4,637	5,300	5,983	6,686
5,000	1,255	1,508	2,013	2,523	3,043	3,573	4,117	4,674	5,247	5,837
6,000	1,234	1,462	1,912	2,363	2,819	3,285	3,763	4,254	4,760	5,283
8,000	1,194	1,380	1,744	2,105	2,471	2,845	3,229	3,626	4,039	4,468
10,000	1,161	1,315	1,615	1,915	2,220	2,534	2,858	3,197	3,551	3,923
15,000	1,112	1,218	1,425	1,634	1,849	2,073	2,309	2,560	2,828	3,116

EBF	BSBaMg						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,033	1,043	1,044	1,044	1,052	1,078	1,164
0,020	1,051	1,059	1,064	1,068	1,070	1,075	1,081
0,026	1,115	1,132	1,143	1,150	1,155	1,163	1,174
0,030	1,165	1,190	1,207	1,216	1,224	1,233	1,248
0,040	1,453	1,532	1,595	1,639	1,666	1,687	1,715
0,050	1,661	1,787	1,891	1,965	2,012	2,053	2,107
0,060	2,188	2,458	2,692	2,868	2,987	3,086	3,214
0,060	2,222	2,502	2,745	2,930	3,055	3,159	3,293
0,080	3,065	3,637	4,158	4,588	4,908	5,183	5,518
0,100	5,048	6,543	7,998	9,300	10,359	11,307	12,420
0,150	8,983	13,127	17,574	22,035	26,248	30,453	35,314
0,200	15,739	26,854	40,558	56,065	72,747	91,400	113,771
0,300	19,386	35,407	55,950	80,078	107,762	140,304	178,913
0,400	22,575	43,362	71,080	104,897	145,102	192,766	248,238
0,500	22,873	43,712	70,763	104,500	145,634	193,818	248,025
0,600	21,953	41,974	68,961	103,103	144,485	193,092	248,469
0,662	20,162	38,023	61,613	90,396	123,419	159,715	198,301
0,800	19,625	36,367	57,890	83,965	114,396	148,737	185,734
1,000	17,188	30,306	45,938	63,613	83,215	104,920	128,748
1,173	16,320	28,255	42,241	58,035	75,696	95,055	115,080
1,333	14,848	25,128	36,917	50,027	64,522	80,241	96,324
1,500	13,892	23,076	33,404	44,646	56,786	69,775	83,163
2,000	11,284	18,058	25,527	33,537	42,021	50,921	60,060
2,506	9,795	15,364	21,520	28,117	35,008	42,087	49,296
3,000	8,778	13,591	18,828	24,243	29,755	35,538	41,779
4,000	7,409	11,328	15,621	20,040	24,584	29,603	35,470
5,000	6,443	9,743	13,436	17,329	21,255	25,359	30,021
6,000	5,824	8,815	12,238	15,865	19,501	23,349	27,918
8,000	4,915	7,454	10,486	13,802	17,187	20,856	25,435
10,000	4,314	6,601	9,466	12,746	16,240	20,182	25,320
15,000	3,424	5,356	8,059	11,501	15,555	20,617	27,947

EABF	BSBaMg									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,006	1,009	1,013	1,015	1,017	1,019	1,020	1,022	1,023	1,025
0,020	1,014	1,021	1,029	1,033	1,036	1,039	1,042	1,044	1,047	1,049
0,026	1,030	1,046	1,064	1,075	1,083	1,090	1,096	1,101	1,106	1,111
0,030	1,042	1,065	1,092	1,108	1,120	1,130	1,138	1,145	1,152	1,158
0,040	1,108	1,170	1,246	1,293	1,328	1,356	1,379	1,401	1,420	1,439
0,050	1,156	1,246	1,357	1,429	1,482	1,525	1,563	1,597	1,628	1,658
0,060	1,248	1,405	1,614	1,757	1,866	1,957	2,035	2,107	2,173	2,236
0,060	1,255	1,417	1,633	1,781	1,895	1,989	2,072	2,146	2,216	2,281
0,080	1,378	1,647	2,044	2,341	2,583	2,792	2,978	3,150	3,311	3,465
0,100	1,635	2,139	2,967	3,653	4,253	4,796	5,301	5,779	6,238	6,683
0,150	2,066	2,978	4,602	6,078	7,477	8,838	10,185	11,535	12,902	14,295
0,200	2,177	3,345	5,718	8,174	10,742	13,440	16,285	19,293	22,477	25,851
0,300	2,015	3,113	5,528	8,232	11,233	14,541	18,173	22,144	26,470	31,165
0,400	1,861	2,847	5,130	7,812	10,899	14,402	18,339	22,726	27,584	32,932
0,500	1,746	2,619	4,675	7,131	9,988	13,256	16,949	21,079	25,662	30,709
0,600	1,685	2,484	4,363	6,599	9,192	12,149	15,481	19,198	23,310	27,827
0,662	1,658	2,415	4,168	6,225	8,584	11,249	14,227	17,525	21,150	25,111
0,800	1,583	2,264	3,856	5,737	7,900	10,344	13,070	16,079	19,372	22,949
1,000	1,524	2,129	3,529	5,155	6,995	9,041	11,286	13,723	16,348	19,153
1,173	1,487	2,049	3,341	4,832	6,508	8,361	10,381	12,562	14,896	17,377
1,333	1,462	1,987	3,179	4,535	6,042	7,689	9,468	11,372	13,393	15,524
1,500	1,444	1,943	3,060	4,315	5,692	7,182	8,776	10,467	12,248	14,112
2,000	1,401	1,835	2,772	3,788	4,873	6,022	7,229	8,490	9,802	11,161
2,506	1,366	1,752	2,565	3,426	4,329	5,272	6,252	7,267	8,315	9,394
3,000	1,338	1,686	2,405	3,154	3,931	4,734	5,563	6,417	7,297	8,201
4,000	1,297	1,589	2,173	2,763	3,364	3,979	4,610	5,258	5,926	6,614
5,000	1,254	1,500	1,987	2,474	2,967	3,469	3,984	4,512	5,057	5,618
6,000	1,220	1,431	1,846	2,260	2,678	3,104	3,540	3,989	4,453	4,933
8,000	1,170	1,333	1,650	1,967	2,286	2,613	2,949	3,296	3,656	4,031
10,000	1,145	1,280	1,539	1,794	2,050	2,311	2,580	2,859	3,151	3,457
15,000	1,088	1,173	1,339	1,508	1,681	1,862	2,052	2,253	2,466	2,693

EABF	BSBaMg						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,026	1,032	1,035	1,035	1,034	1,036	1,039
0,020	1,051	1,061	1,067	1,069	1,071	1,075	1,084
0,026	1,116	1,136	1,151	1,159	1,165	1,174	1,189
0,030	1,164	1,190	1,208	1,218	1,224	1,232	1,245
0,040	1,457	1,536	1,600	1,645	1,671	1,692	1,720
0,050	1,687	1,818	1,925	2,000	2,044	2,080	2,130
0,060	2,296	2,572	2,810	2,993	3,115	3,209	3,322
0,060	2,344	2,633	2,883	3,075	3,204	3,304	3,423
0,080	3,613	4,312	4,965	5,540	5,997	6,357	6,714
0,100	7,118	9,228	11,275	13,142	14,641	15,748	16,712
0,150	15,722	23,497	32,167	40,646	47,995	55,191	64,642
0,200	29,425	50,555	76,749	105,522	134,773	167,047	208,224
0,300	36,243	67,666	108,556	156,231	210,028	273,927	352,866
0,400	38,789	76,429	129,770	201,043	292,182	404,813	540,178
0,500	36,235	71,424	119,981	182,493	258,777	347,236	444,495
0,600	32,759	63,946	106,627	161,514	229,391	310,920	405,560
0,662	29,413	56,214	91,947	136,085	187,434	244,540	305,751
0,800	26,812	50,372	80,892	118,220	161,778	209,565	258,251
1,000	22,131	39,381	59,909	83,042	108,543	136,374	165,930
1,173	19,997	34,946	52,486	72,347	94,665	119,175	144,338
1,333	17,760	30,289	44,671	60,733	78,611	98,043	117,752
1,500	16,054	26,741	38,719	51,853	66,250	81,685	97,160
2,000	12,565	20,152	28,493	37,424	46,888	56,829	67,035
2,506	10,503	16,453	22,971	29,930	37,209	44,692	52,265
3,000	9,129	14,099	19,513	25,178	30,997	37,056	43,487
4,000	7,322	11,171	15,388	19,662	23,961	28,723	34,452
5,000	6,197	9,377	12,931	16,523	19,873	23,185	27,003
6,000	5,429	8,182	11,307	14,522	17,664	21,052	25,254
8,000	4,421	6,627	9,215	12,004	14,989	18,591	23,431
10,000	3,779	5,669	8,057	10,792	13,644	16,769	20,835
15,000	2,936	4,426	6,483	9,142	12,339	16,211	21,394

EBF	BSBaAl									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,009	1,012	1,014	1,016	1,017	1,019	1,020	1,022	1,023	1,024
0,020	1,016	1,024	1,032	1,037	1,040	1,043	1,045	1,047	1,049	1,051
0,026	1,030	1,047	1,067	1,080	1,089	1,096	1,101	1,107	1,111	1,116
0,030	1,042	1,066	1,095	1,113	1,126	1,137	1,145	1,153	1,160	1,167
0,040	1,107	1,169	1,246	1,294	1,329	1,357	1,381	1,403	1,423	1,441
0,050	1,147	1,234	1,344	1,415	1,468	1,511	1,548	1,582	1,613	1,642
0,060	1,219	1,360	1,551	1,684	1,788	1,874	1,951	2,020	2,085	2,147
0,060	1,223	1,367	1,563	1,699	1,806	1,895	1,974	2,046	2,114	2,178
0,080	1,298	1,509	1,821	2,056	2,249	2,417	2,567	2,707	2,839	2,966
0,100	1,401	1,724	2,260	2,712	3,113	3,481	3,826	4,157	4,477	4,790
0,150	1,487	1,937	2,785	3,594	4,380	5,155	5,926	6,699	7,477	8,264
0,200	1,542	2,102	3,280	4,536	5,874	7,298	8,813	10,422	12,129	13,940
0,300	1,520	2,089	3,350	4,769	6,347	8,087	9,995	12,076	14,334	16,776
0,400	1,513	2,096	3,431	4,988	6,769	8,782	11,036	13,541	16,305	19,340
0,500	1,497	2,068	3,391	4,949	6,745	8,786	11,080	13,637	16,463	19,565
0,600	1,471	2,018	3,292	4,796	6,530	8,496	10,699	13,145	15,839	18,787
0,662	1,476	2,039	3,377	4,983	6,853	8,989	11,394	14,071	17,024	20,253
0,800	1,435	1,940	3,112	4,487	6,060	7,830	9,798	11,963	14,327	16,890
1,000	1,410	1,882	2,967	4,223	5,639	7,209	8,928	10,792	12,796	14,936
1,173	1,405	1,869	2,929	4,146	5,509	7,010	8,642	10,400	12,279	14,273
1,333	1,390	1,833	2,831	3,962	5,215	6,581	8,053	9,626	11,294	13,051
1,500	1,387	1,819	2,783	3,860	5,039	6,313	7,675	9,120	10,643	12,238
2,000	1,357	1,744	2,577	3,480	4,445	5,467	6,540	7,662	8,830	10,041
2,506	1,341	1,699	2,451	3,245	4,078	4,947	5,849	6,784	7,751	8,747
3,000	1,325	1,658	2,344	3,057	3,797	4,563	5,354	6,171	7,013	7,881
4,000	1,290	1,579	2,162	2,757	3,367	3,992	4,634	5,295	5,975	6,675
5,000	1,255	1,508	2,013	2,524	3,043	3,573	4,116	4,672	5,244	5,831
6,000	1,235	1,463	1,913	2,364	2,820	3,285	3,762	4,251	4,755	5,276
8,000	1,195	1,382	1,746	2,107	2,472	2,845	3,228	3,623	4,033	4,460
10,000	1,162	1,316	1,616	1,916	2,220	2,533	2,856	3,193	3,544	3,913
15,000	1,112	1,218	1,425	1,633	1,848	2,071	2,307	2,557	2,824	3,109

EBF	BSBaAl						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,026	1,032	1,034	1,033	1,035	1,041	1,056
0,020	1,053	1,061	1,066	1,069	1,072	1,076	1,081
0,026	1,120	1,138	1,150	1,157	1,162	1,169	1,179
0,030	1,173	1,199	1,217	1,227	1,234	1,243	1,257
0,040	1,459	1,539	1,604	1,649	1,676	1,697	1,726
0,050	1,671	1,799	1,904	1,980	2,028	2,069	2,124
0,060	2,206	2,482	2,720	2,901	3,023	3,125	3,256
0,060	2,239	2,524	2,772	2,960	3,088	3,196	3,333
0,080	3,089	3,671	4,202	4,640	4,967	5,248	5,591
0,100	5,099	6,619	8,103	9,433	10,518	11,489	12,629
0,150	9,062	13,266	17,782	22,319	26,610	30,897	35,852
0,200	15,855	27,097	40,974	56,697	73,633	92,579	115,292
0,300	19,406	35,454	56,037	80,217	107,968	140,594	179,304
0,400	22,652	43,544	71,425	105,469	145,967	193,988	249,869
0,500	22,943	43,877	71,063	104,977	146,348	194,843	249,431
0,600	21,994	42,059	69,100	103,299	144,744	193,446	249,006
0,662	23,759	45,425	73,721	108,210	148,658	194,952	246,218
0,800	19,651	36,411	57,939	84,003	114,419	148,777	185,864
1,000	17,206	30,343	45,996	63,697	83,329	105,070	128,930
1,173	16,376	28,357	42,398	58,272	76,036	95,468	115,441
1,333	14,892	25,197	37,005	50,139	64,661	80,379	96,375
1,500	13,901	23,093	33,430	44,681	56,830	69,829	83,228
2,000	11,291	18,064	25,533	33,543	42,022	50,895	59,965
2,506	9,772	15,297	21,384	27,876	34,616	41,508	48,526
3,000	8,773	13,573	18,776	24,133	29,631	35,504	41,939
4,000	7,396	11,289	15,534	19,879	24,345	29,299	35,104
5,000	6,435	9,714	13,378	17,239	21,139	25,208	29,806
6,000	5,813	8,780	12,169	15,761	19,363	23,161	27,649
8,000	4,904	7,421	10,415	13,672	16,976	20,543	24,992
10,000	4,301	6,559	9,373	12,573	15,957	19,759	24,699
15,000	3,415	5,321	7,963	11,292	15,183	20,037	27,065

EABF	BSBaAl									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,007	1,010	1,013	1,015	1,016	1,018	1,019	1,020	1,021	1,023
0,020	1,016	1,023	1,030	1,034	1,037	1,040	1,043	1,045	1,047	1,049
0,026	1,032	1,048	1,067	1,078	1,087	1,094	1,100	1,106	1,111	1,116
0,030	1,044	1,068	1,096	1,113	1,126	1,135	1,144	1,152	1,159	1,165
0,040	1,109	1,172	1,249	1,297	1,332	1,360	1,384	1,406	1,426	1,445
0,050	1,158	1,249	1,362	1,435	1,489	1,533	1,571	1,605	1,637	1,668
0,060	1,251	1,410	1,622	1,767	1,878	1,970	2,050	2,123	2,191	2,255
0,060	1,258	1,421	1,641	1,791	1,906	2,002	2,086	2,162	2,233	2,300
0,080	1,382	1,653	2,054	2,355	2,601	2,812	3,001	3,175	3,338	3,494
0,100	1,639	2,147	2,982	3,674	4,281	4,831	5,342	5,825	6,290	6,741
0,150	2,069	2,987	4,623	6,113	7,528	8,905	10,269	11,637	13,022	14,435
0,200	2,179	3,351	5,735	8,208	10,796	13,518	16,390	19,429	22,649	26,061
0,300	2,015	3,113	5,530	8,236	11,238	14,550	18,186	22,162	26,493	31,194
0,400	1,860	2,847	5,133	7,820	10,914	14,427	18,375	22,777	27,652	33,020
0,500	1,746	2,619	4,677	7,136	9,998	13,274	16,976	21,118	25,714	30,777
0,600	1,684	2,484	4,364	6,602	9,198	12,160	15,497	19,220	23,339	27,864
0,662	1,629	2,386	4,211	6,431	9,042	12,049	15,454	19,262	23,475	28,093
0,800	1,583	2,264	3,857	5,739	7,904	10,350	13,079	16,091	19,388	22,969
1,000	1,524	2,129	3,529	5,156	6,997	9,044	11,290	13,730	16,357	19,164
1,173	1,487	2,049	3,341	4,833	6,511	8,365	10,388	12,571	14,909	17,392
1,333	1,462	1,987	3,180	4,538	6,046	7,695	9,477	11,383	13,407	15,542
1,500	1,444	1,943	3,060	4,315	5,693	7,183	8,778	10,469	12,251	14,116
2,000	1,401	1,835	2,773	3,790	4,876	6,026	7,234	8,497	9,810	11,170
2,506	1,366	1,751	2,565	3,428	4,335	5,282	6,266	7,285	8,338	9,423
3,000	1,337	1,685	2,405	3,154	3,931	4,735	5,564	6,418	7,296	8,198
4,000	1,297	1,589	2,174	2,765	3,367	3,983	4,614	5,263	5,932	6,620
5,000	1,254	1,501	1,988	2,475	2,967	3,470	3,984	4,512	5,057	5,618
6,000	1,220	1,432	1,847	2,262	2,680	3,107	3,544	3,993	4,457	4,936
8,000	1,171	1,334	1,652	1,969	2,290	2,617	2,953	3,300	3,660	4,034
10,000	1,147	1,282	1,543	1,798	2,054	2,315	2,583	2,862	3,153	3,457
15,000	1,089	1,175	1,342	1,511	1,685	1,866	2,055	2,255	2,467	2,693

EABF	BSBaI						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,024	1,029	1,032	1,032	1,030	1,031	1,033
0,020	1,051	1,061	1,068	1,070	1,072	1,075	1,083
0,026	1,121	1,143	1,160	1,169	1,177	1,187	1,204
0,030	1,172	1,199	1,218	1,228	1,234	1,243	1,257
0,040	1,463	1,543	1,608	1,653	1,680	1,702	1,731
0,050	1,697	1,830	1,939	2,016	2,061	2,098	2,148
0,060	2,316	2,598	2,841	3,027	3,152	3,248	3,363
0,060	2,364	2,658	2,913	3,109	3,241	3,343	3,464
0,080	3,645	4,354	5,015	5,599	6,063	6,430	6,792
0,100	7,183	9,325	11,404	13,304	14,830	15,960	16,948
0,150	15,882	23,773	32,580	41,206	48,707	56,081	65,772
0,200	29,679	51,086	77,669	106,934	136,755	169,684	211,643
0,300	36,280	67,754	108,719	156,494	210,427	274,501	353,649
0,400	38,900	76,690	130,238	201,766	293,210	406,227	542,151
0,500	36,321	71,625	120,345	183,088	259,724	348,693	446,566
0,600	32,806	64,048	106,789	161,730	229,660	311,289	406,177
0,662	33,115	64,162	104,567	153,845	212,268	279,867	353,935
0,800	26,836	50,409	80,929	118,256	161,855	209,767	258,624
1,000	22,146	39,416	59,972	83,144	108,701	136,604	166,243
1,173	20,015	34,976	52,528	72,420	94,788	119,283	144,238
1,333	17,781	30,331	44,742	60,850	78,782	98,219	117,809
1,500	16,059	26,750	38,731	51,869	66,273	81,717	97,197
2,000	12,574	20,159	28,488	37,402	46,847	56,765	66,925
2,506	10,538	16,526	23,096	30,129	37,515	45,141	52,876
3,000	9,124	14,073	19,461	25,112	30,928	36,970	43,341
4,000	7,329	11,174	15,376	19,629	23,913	28,668	34,379
5,000	6,198	9,373	12,888	16,378	19,602	22,858	26,711
6,000	5,432	8,178	11,286	14,474	17,590	20,955	25,131
8,000	4,423	6,613	9,169	11,913	14,851	18,397	23,149
10,000	3,777	5,651	8,008	10,696	13,485	16,529	20,483
15,000	2,933	4,407	6,430	9,022	12,102	15,792	20,710

EBF	BSBaMn2									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,003	1,006	1,010	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,012	1,012
0,020	1,009	1,014	1,021	1,025	1,029	1,032	1,036	1,039	1,042	1,045
0,026	1,020	1,031	1,044	1,052	1,058	1,063	1,068	1,072	1,076	1,079
0,030	1,029	1,046	1,066	1,078	1,086	1,092	1,098	1,102	1,107	1,111
0,040	1,069	1,106	1,150	1,177	1,196	1,212	1,225	1,237	1,249	1,259
0,050	1,118	1,186	1,272	1,327	1,368	1,401	1,429	1,455	1,479	1,501
0,060	1,135	1,217	1,322	1,391	1,443	1,485	1,522	1,554	1,585	1,613
0,060	1,138	1,221	1,329	1,400	1,453	1,496	1,534	1,568	1,599	1,629
0,080	1,250	1,421	1,665	1,843	1,985	2,106	2,213	2,312	2,404	2,491
0,100	1,340	1,601	2,019	2,357	2,647	2,908	3,149	3,375	3,591	3,801
0,150	1,432	1,815	2,507	3,140	3,737	4,310	4,869	5,418	5,963	6,506
0,200	1,498	1,995	2,999	4,031	5,097	6,204	7,355	8,555	9,807	11,114
0,300	1,492	2,017	3,150	4,389	5,736	7,193	8,760	10,442	12,242	14,162
0,400	1,489	2,034	3,262	4,667	6,250	8,014	9,966	12,111	14,456	17,007
0,500	1,470	2,006	3,238	4,673	6,311	8,157	10,214	12,487	14,981	17,699
0,600	1,457	1,979	3,183	4,588	6,195	8,006	10,026	12,260	14,712	17,388
0,662	1,459	1,994	3,244	4,722	6,425	8,355	10,516	12,911	15,544	18,417
0,800	1,432	1,924	3,051	4,357	5,840	7,501	9,342	11,365	13,573	15,968
1,000	1,401	1,859	2,908	4,114	5,469	6,966	8,600	10,369	12,267	14,290
1,173	1,393	1,841	2,859	4,022	5,319	6,743	8,288	9,949	11,721	13,598
1,333	1,372	1,791	2,730	3,789	4,954	6,220	7,578	9,025	10,553	12,158
1,500	1,369	1,781	2,695	3,714	4,828	6,029	7,310	8,667	10,095	11,588
2,000	1,350	1,728	2,544	3,427	4,372	5,373	6,427	7,531	8,682	9,878
2,506	1,330	1,678	2,415	3,199	4,026	4,893	5,799	6,742	7,722	8,736
3,000	1,312	1,635	2,309	3,015	3,752	4,519	5,314	6,137	6,988	7,866
4,000	1,279	1,561	2,133	2,721	3,327	3,952	4,596	5,262	5,950	6,660
5,000	1,252	1,501	2,001	2,511	3,033	3,570	4,124	4,697	5,289	5,903
6,000	1,229	1,453	1,899	2,350	2,810	3,284	3,773	4,281	4,810	5,360
8,000	1,187	1,368	1,728	2,092	2,466	2,852	3,255	3,675	4,115	4,578
10,000	1,157	1,308	1,605	1,905	2,213	2,534	2,869	3,223	3,596	3,992
15,000	1,109	1,213	1,417	1,626	1,844	2,075	2,323	2,591	2,880	3,196

EBF	BSBaMn2						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,012	1,012	1,012	1,011	1,011	1,011	1,010
0,020	1,049	1,068	1,089	1,111	1,143	1,209	1,372
0,026	1,083	1,098	1,108	1,113	1,113	1,114	1,117
0,030	1,114	1,130	1,141	1,146	1,147	1,146	1,145
0,040	1,269	1,314	1,348	1,370	1,382	1,395	1,415
0,050	1,523	1,619	1,698	1,753	1,788	1,817	1,858
0,060	1,641	1,764	1,866	1,938	1,983	2,021	2,072
0,060	1,657	1,785	1,890	1,965	2,012	2,052	2,105
0,080	2,576	2,967	3,313	3,588	3,786	3,954	4,157
0,100	4,006	4,988	5,908	6,694	7,305	7,842	8,482
0,150	7,051	9,837	12,716	15,501	18,026	20,474	23,306
0,200	12,479	20,207	29,304	39,149	49,285	60,353	73,713
0,300	16,203	28,255	43,042	59,662	77,850	98,582	122,992
0,400	19,768	36,781	58,729	84,636	114,667	149,937	191,061
0,500	20,642	38,627	61,684	89,957	123,691	162,402	205,137
0,600	20,292	38,313	62,046	90,795	123,824	160,661	200,595
0,662	21,533	40,826	66,314	97,858	135,296	178,482	226,928
0,800	18,552	34,283	54,349	77,865	104,112	132,649	162,795
1,000	16,435	28,825	43,587	60,281	78,759	99,162	121,612
1,173	15,575	26,800	39,842	54,327	70,188	87,505	106,036
1,333	13,836	23,141	33,614	44,947	57,099	70,117	83,774
1,500	13,144	21,709	31,314	41,774	53,094	65,186	77,541
2,000	11,117	17,888	25,475	33,744	42,616	51,973	61,573
2,506	9,784	15,497	21,903	28,854	36,191	43,798	51,618
3,000	8,771	13,664	19,054	24,704	30,432	36,275	42,389
4,000	7,392	11,399	15,891	20,639	25,524	30,775	36,767
5,000	6,539	10,065	14,110	18,428	22,828	27,529	33,039
6,000	5,933	9,173	12,996	17,132	21,365	25,986	31,673
8,000	5,065	7,906	11,455	15,535	19,919	24,841	31,081
10,000	4,412	6,944	10,266	14,230	18,581	23,572	30,176
15,000	3,541	5,820	9,322	14,272	20,695	29,218	42,064

EABF	BSBaMn2									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,003	1,006	1,010	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
0,020	1,010	1,015	1,020	1,024	1,026	1,028	1,030	1,032	1,033	1,034
0,026	1,021	1,032	1,045	1,052	1,058	1,062	1,066	1,070	1,073	1,076
0,030	1,027	1,042	1,060	1,071	1,078	1,085	1,090	1,095	1,099	1,103
0,040	1,065	1,102	1,146	1,174	1,193	1,209	1,223	1,235	1,246	1,256
0,050	1,124	1,195	1,281	1,336	1,376	1,409	1,437	1,463	1,486	1,509
0,060	1,156	1,249	1,367	1,444	1,501	1,547	1,587	1,623	1,656	1,688
0,060	1,156	1,249	1,367	1,444	1,501	1,548	1,589	1,625	1,659	1,691
0,080	1,311	1,524	1,829	2,050	2,226	2,376	2,509	2,630	2,743	2,851
0,100	1,543	1,954	2,601	3,115	3,553	3,943	4,301	4,636	4,957	5,266
0,150	1,965	2,739	4,040	5,163	6,188	7,157	8,098	9,026	9,953	10,888
0,200	2,116	3,164	5,190	7,191	9,209	11,270	13,394	15,597	17,893	20,291
0,300	2,014	3,068	5,301	7,709	10,302	13,093	16,094	19,316	22,772	26,472
0,400	1,869	2,835	5,010	7,499	10,304	13,437	16,911	20,741	24,941	29,528
0,500	1,759	2,625	4,621	6,954	9,625	12,644	16,021	19,769	23,899	28,424
0,600	1,693	2,486	4,320	6,468	8,931	11,715	14,829	18,284	22,089	26,255
0,662	1,650	2,411	4,200	6,327	8,790	11,591	14,738	18,235	22,091	26,310
0,800	1,593	2,272	3,837	5,662	7,744	10,085	12,688	15,558	18,697	22,109
1,000	1,526	2,130	3,516	5,117	6,918	8,912	11,092	13,453	15,988	18,691
1,173	1,490	2,052	3,334	4,806	6,454	8,270	10,247	12,379	14,658	17,079
1,333	1,463	1,984	3,158	4,482	5,944	7,534	9,244	11,066	12,995	15,024
1,500	1,440	1,934	3,036	4,271	5,624	7,087	8,650	10,307	12,052	13,878
2,000	1,400	1,832	2,762	3,770	4,847	5,986	7,184	8,437	9,742	11,095
2,506	1,368	1,752	2,560	3,412	4,305	5,235	6,200	7,200	8,233	9,298
3,000	1,340	1,687	2,403	3,146	3,918	4,718	5,547	6,405	7,292	8,208
4,000	1,294	1,584	2,162	2,749	3,349	3,966	4,603	5,262	5,945	6,654
5,000	1,249	1,491	1,973	2,457	2,950	3,453	3,971	4,505	5,057	5,629
6,000	1,213	1,419	1,825	2,233	2,649	3,076	3,517	3,975	4,452	4,950
8,000	1,164	1,320	1,628	1,937	2,253	2,578	2,915	3,268	3,636	4,024
10,000	1,134	1,261	1,508	1,757	2,010	2,273	2,548	2,837	3,142	3,466
15,000	1,081	1,160	1,318	1,480	1,649	1,829	2,021	2,227	2,449	2,688

EABF	BSBaMn2						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,013	1,013	1,015	1,015	1,015	1,015	1,014
0,020	1,036	1,041	1,046	1,048	1,050	1,051	1,053
0,026	1,079	1,091	1,101	1,106	1,108	1,109	1,111
0,030	1,107	1,124	1,137	1,145	1,148	1,149	1,152
0,040	1,266	1,310	1,344	1,368	1,385	1,402	1,427
0,050	1,531	1,629	1,709	1,764	1,797	1,824	1,862
0,060	1,718	1,855	1,970	2,053	2,105	2,144	2,193
0,060	1,721	1,860	1,976	2,061	2,114	2,153	2,202
0,080	2,955	3,439	3,881	4,258	4,545	4,765	4,984
0,100	5,568	7,026	8,428	9,687	10,671	11,396	12,065
0,150	11,838	16,919	22,450	27,667	31,775	35,235	39,575
0,200	22,802	37,208	54,284	71,970	88,828	107,180	131,678
0,300	30,426	54,184	83,970	117,123	152,153	192,088	241,932
0,400	34,519	66,046	109,438	164,524	229,555	303,428	387,444
0,500	33,354	64,355	105,971	157,142	216,900	285,225	361,792
0,600	30,790	59,274	97,662	145,354	201,172	264,199	333,508
0,662	30,897	59,484	97,661	145,581	203,549	271,718	348,903
0,800	25,795	48,270	76,793	110,099	147,432	188,035	230,563
1,000	21,556	38,072	57,622	79,515	103,412	129,209	156,490
1,173	19,635	34,229	51,329	70,500	91,734	115,166	140,356
1,333	17,148	28,977	42,411	57,150	73,230	90,685	108,982
1,500	15,778	26,227	37,885	50,533	64,253	79,052	94,355
2,000	12,494	20,089	28,494	37,510	47,033	57,025	67,442
2,506	10,393	16,296	22,814	29,794	37,068	44,492	51,999
3,000	9,153	14,289	19,943	25,796	31,749	38,078	45,103
4,000	7,390	11,498	16,242	21,309	26,521	32,275	39,293
5,000	6,221	9,521	13,357	17,475	21,522	25,481	29,811
6,000	5,470	8,440	12,011	15,939	19,968	24,332	29,738
8,000	4,431	6,808	9,755	13,089	16,689	20,945	26,682
10,000	3,810	5,893	8,665	12,030	15,761	20,022	25,655
15,000	2,948	4,623	7,121	10,632	15,240	21,287	29,923

EBF	BSBaNi									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0025	1,0056	1,0101	1,0119	1,0122	1,0119	1,0116	1,0114	1,0113	1,0114
0,020	1,0094	1,0139	1,0192	1,0228	1,0258	1,0286	1,0315	1,0344	1,0374	1,0405
0,026	1,0255	1,0402	1,0582	1,0693	1,0773	1,0837	1,0891	1,0939	1,0982	1,1022
0,030	1,0381	1,0597	1,0858	1,1019	1,1135	1,1228	1,1306	1,1376	1,144	1,1499
0,040	1,0621	1,0958	1,1354	1,1593	1,1765	1,1903	1,2021	1,2128	1,2226	1,2319
0,050	1,1042	1,1646	1,2396	1,2873	1,3224	1,3508	1,3753	1,3973	1,4177	1,4369
0,060	1,1203	1,1926	1,2849	1,345	1,3898	1,4262	1,4575	1,4857	1,5117	1,5361
0,060	1,1224	1,1962	1,2907	1,3524	1,3985	1,4359	1,4682	1,4972	1,524	1,5493
0,080	1,225	1,3758	1,5881	1,7398	1,8596	1,9606	2,0496	2,1307	2,2063	2,278
0,100	1,2531	1,4364	1,7127	1,9236	2,0979	2,2493	2,3856	2,5115	2,6301	2,7435
0,150	1,4038	1,7535	2,3734	2,9286	3,4436	3,9321	4,4028	4,8618	5,3134	5,7609
0,200	1,4757	1,9402	2,8634	3,7931	4,7392	5,708	6,7043	7,7322	8,7949	9,8952
0,300	1,4779	1,9809	3,0526	4,2096	5,452	6,7815	8,2001	9,7099	11,3132	13,0117
0,400	1,4773	2,0041	3,1801	4,5126	6,0014	7,6496	9,4617	11,4422	13,5959	15,9272
0,500	1,459	1,9792	3,1677	4,544	6,1067	7,8584	9,8025	11,9428	14,2826	16,8242
0,600	1,4488	1,9588	3,1277	4,4853	6,0307	7,7664	9,6962	11,8241	14,1535	16,6869
0,662	1,4425	1,9449	3,0944	4,4274	5,9425	7,6418	9,5286	11,6063	13,8776	16,3443
0,800	1,4296	1,915	3,0204	4,2952	5,7369	7,3466	9,1264	11,0782	13,2037	15,5036
1,000	1,3964	1,8483	2,8782	4,0592	5,3819	6,8406	8,4307	10,1484	11,9898	13,9511
1,173	1,375	1,798	2,7505	3,8283	5,0209	6,3212	7,7239	9,2238	10,8163	12,4969
1,333	1,3731	1,7931	2,736	3,7985	4,9692	6,2405	7,606	9,06	10,5972	12,2125
1,500	1,3657	1,7728	2,6769	3,6842	4,784	5,9688	7,2328	8,5708	9,9779	11,4496
2,000	1,3493	1,7247	2,5333	3,4085	4,3442	5,3363	6,3818	7,4783	8,6237	9,8159
2,506	1,3299	1,6768	2,4091	3,1871	4,0072	4,8672	5,7656	6,7013	7,6731	8,6801
3,000	1,3115	1,6337	2,3046	3,0078	3,742	4,5063	5,3002	6,1235	6,9756	7,8564
4,000	1,2753	1,5531	2,1198	2,7034	3,3056	3,9278	4,5711	5,2364	5,9245	6,6361
5,000	1,2488	1,4959	1,9944	2,5036	3,0269	3,5668	4,1254	4,7042	5,3048	5,9283
6,000	1,2278	1,4506	1,8949	2,3454	2,8071	3,2836	3,7777	4,2915	4,8273	5,3867
8,000	1,1845	1,3642	1,7231	2,0884	2,4651	2,8567	3,2662	3,6959	4,1483	4,6254
10,000	1,1558	1,3051	1,6006	1,9001	2,2093	2,5323	2,8722	3,2319	3,6142	4,0216
15,000	1,1072	1,2092	1,412	1,6205	1,8399	2,0741	2,3265	2,6006	2,8996	3,2272

EBF	BSBaNi						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0115	1,012	1,0116	1,011	1,0106	1,0103	1,0101
0,020	1,0438	1,0629	1,0838	1,104	1,1343	1,209	1,459
0,026	1,106	1,1216	1,1319	1,1379	1,1433	1,1513	1,1622
0,030	1,1555	1,179	1,1949	1,2039	1,2111	1,2215	1,2366
0,040	1,2407	1,2795	1,3081	1,3251	1,3357	1,3485	1,3683
0,050	1,4552	1,5377	1,6046	1,6507	1,6789	1,7031	1,7367
0,060	1,5594	1,6641	1,7496	1,8101	1,848	1,8797	1,9218
0,060	1,5733	1,6813	1,7698	1,8326	1,8721	1,905	1,9488
0,080	2,3467	2,663	2,9386	3,155	3,3083	3,4367	3,5924
0,100	2,8528	3,3631	3,8178	4,1842	4,454	4,6902	4,9795
0,150	6,2066	8,453	10,7262	12,8775	14,7815	16,594	18,687
0,200	11,0351	17,3642	24,6111	32,2423	39,8835	48,0773	57,9477
0,300	14,8069	25,2287	37,7407	51,5133	66,2406	82,7439	102,0694
0,400	18,4393	33,7407	53,1746	75,7625	101,5786	131,6876	166,7757
0,500	19,5686	36,2486	57,4497	83,1264	113,5026	148,2137	186,4485
0,600	19,4252	36,0899	57,0843	81,9466	110,8811	143,6134	179,2847
0,662	19,0067	35,125	55,1976	78,6417	105,6414	135,9487	168,728
0,800	17,9772	32,7952	50,9521	71,8363	95,5879	121,9743	150,2464
1,000	16,0282	28,0084	42,27	58,4026	76,2517	95,921	117,4912
1,173	14,261	24,183	35,5849	48,1314	61,7417	76,5054	92,3627
1,333	13,9008	23,2761	33,847	45,3107	57,628	70,846	84,7172
1,500	12,9816	21,4135	30,8619	41,1436	52,2564	64,1012	76,1681
2,000	11,0532	17,8597	25,5684	34,0199	43,0475	52,437	61,9414
2,506	9,7214	15,4069	21,7702	28,6019	35,7264	43,1076	50,7838
3,000	8,7652	13,7046	19,1735	24,9133	30,7532	36,7859	43,2123
4,000	7,3717	11,4106	15,9729	20,8315	25,8479	31,2275	37,3539
5,000	6,5758	10,1893	14,372	18,8723	23,4922	28,4639	34,3254
6,000	5,9713	9,3053	13,2905	17,6564	22,1643	27,1099	33,2301
8,000	5,1293	8,1047	11,8874	16,3105	21,1348	26,6137	33,6215
10,000	4,4565	7,1212	10,708	15,0888	19,9841	25,6725	33,3118
15,000	3,5871	6,0144	9,8688	15,5134	23,1035	33,4694	49,4256

EABF	BSBaNi									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0025	1,0055	1,01	1,0119	1,0123	1,012	1,0116	1,0113	1,0111	1,0111
0,020	1,0089	1,0135	1,0186	1,0215	1,0235	1,0251	1,0265	1,0277	1,0289	1,0299
0,026	1,0263	1,0407	1,0578	1,0683	1,076	1,0822	1,0876	1,0925	1,097	1,1012
0,030	1,0387	1,06	1,0854	1,101	1,1122	1,1212	1,129	1,136	1,1424	1,1484
0,040	1,0592	1,092	1,1309	1,1546	1,1717	1,1854	1,1971	1,2076	1,2173	1,2264
0,050	1,1093	1,1707	1,2451	1,2916	1,3256	1,3531	1,3769	1,3985	1,4184	1,4374
0,060	1,1403	1,2225	1,3253	1,3911	1,4397	1,4791	1,5131	1,5437	1,5721	1,5988
0,060	1,1405	1,2231	1,3267	1,3932	1,4425	1,4824	1,5169	1,548	1,5767	1,6038
0,080	1,2791	1,4653	1,726	1,9111	2,0565	2,1785	2,2857	2,3831	2,4738	2,5596
0,100	1,4101	1,6821	2,0641	2,3383	2,5569	2,7432	2,9093	3,0623	3,2064	3,3443
0,150	1,9109	2,6144	3,7599	4,7185	5,5758	6,3746	7,1401	7,8885	8,6311	9,3756
0,200	2,0809	3,0673	4,9275	6,7207	8,4974	10,2878	12,113	13,9894	15,9299	17,9451
0,300	2,0115	3,0414	5,1805	7,4425	9,8428	12,3943	15,1094	17,9995	21,0756	24,3474
0,400	1,8725	2,8268	4,9432	7,3298	9,9908	12,9354	16,1751	19,7223	23,5897	27,7897
0,500	1,7647	2,6265	4,5895	6,8594	9,4377	12,3321	15,5524	19,1094	23,0138	27,2755
0,600	1,6962	2,4863	4,2962	6,3992	8,7955	11,4911	14,4942	17,8135	21,4579	25,4353
0,662	1,6628	2,4155	4,1392	6,1407	8,4187	10,9777	13,8241	16,9647	20,4061	24,1538
0,800	1,5972	2,2753	3,8273	5,6265	7,6706	9,9619	12,5042	15,3012	18,3557	21,669
1,000	1,527	2,1299	3,5082	5,0937	6,8735	8,8398	10,9864	13,3077	15,7982	18,4524
1,173	1,4936	2,0499	3,3021	4,7191	6,2879	7,9998	9,8481	11,8268	13,9301	16,1526
1,333	1,4624	1,9844	3,159	4,486	5,9511	7,545	9,2597	11,0882	13,0238	15,0604
1,500	1,4407	1,9337	3,033	4,2623	5,608	7,0607	8,6125	10,2567	11,9869	13,7972
2,000	1,3995	1,8303	2,7593	3,7651	4,8392	5,9762	7,1716	8,4218	9,7237	11,0743
2,506	1,3677	1,7522	2,5588	3,4096	4,3009	5,2304	6,1965	7,1978	8,2334	9,3024
3,000	1,3399	1,6866	2,4006	3,1423	3,9123	4,7112	5,5395	6,3978	7,2865	8,2057
4,000	1,2919	1,5796	2,1559	2,7413	3,3408	3,9581	4,5958	5,2563	5,9416	6,6532
5,000	1,2469	1,4876	1,9659	2,448	2,9392	3,4429	3,9621	4,4988	5,055	5,6325
6,000	1,2095	1,4125	1,8152	2,2213	2,6364	3,064	3,5072	3,9682	4,4493	4,9523
8,000	1,1607	1,315	1,6195	1,9263	2,2405	2,5656	2,9043	3,2588	3,6315	4,024
10,000	1,1301	1,2541	1,498	1,744	1,997	2,2605	2,5371	2,8294	3,1396	3,4698
15,000	1,0798	1,157	1,3117	1,4715	1,6396	1,8186	2,0106	2,2179	2,4426	2,6869

EABF	BSBaNi						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0112	1,0127	1,0138	1,0136	1,0131	1,0126	1,0123
0,020	1,031	1,0356	1,0393	1,0418	1,043	1,0436	1,0443
0,026	1,1052	1,1222	1,1333	1,1383	1,1412	1,1465	1,1557
0,030	1,1541	1,1788	1,1959	1,2047	1,2097	1,2167	1,2285
0,040	1,2351	1,274	1,3048	1,3265	1,3425	1,3601	1,3841
0,050	1,4555	1,5378	1,6052	1,652	1,6798	1,7024	1,7337
0,060	1,6243	1,7399	1,8359	1,9049	1,947	1,9778	2,0168
0,060	1,6297	1,7472	1,8448	1,9151	1,958	1,9894	2,029
0,080	2,6419	3,0224	3,363	3,6452	3,8514	4,0047	4,1603
0,100	3,4779	4,1064	4,668	5,1089	5,4092	5,6506	5,9522
0,150	10,1278	14,1014	18,3564	22,2868	25,2336	27,4936	30,2139
0,200	20,0436	31,9302	45,748	59,6833	72,5773	86,5658	105,7082
0,300	27,8237	48,4183	73,7709	101,385	129,7485	161,5868	201,6911
0,400	32,3336	60,4647	97,2824	140,6398	189,2397	245,2941	312,1872
0,500	31,9029	60,6466	98,1431	142,8101	194,577	254,6632	323,4184
0,600	29,7523	56,5146	91,3479	132,7343	180,1554	234,025	294,0196
0,662	28,2118	53,1361	84,9794	122,2025	164,4697	211,9639	263,9889
0,800	25,2401	46,7186	73,0732	103,4065	137,9458	176,2773	217,2048
1,000	21,2646	37,4825	56,7371	78,4001	102,1578	127,9139	155,2983
1,173	18,4886	31,681	46,9267	63,7265	81,8022	100,9278	120,5532
1,333	17,1916	29,069	42,5603	57,3666	73,535	91,117	109,586
1,500	15,6818	26,043	37,6134	50,1717	63,7803	78,4353	93,5915
2,000	12,4709	20,0574	28,4551	37,4552	46,9324	56,8412	67,1691
2,506	10,4037	16,3705	23,0296	30,2599	37,9131	45,8468	53,976
3,000	9,1556	14,341	20,088	26,0525	32,1082	38,5541	45,7718
4,000	7,3927	11,5307	16,3328	21,479	26,7281	32,4031	39,2164
5,000	6,2326	9,6027	13,5631	17,8474	22,08	26,2616	30,9101
6,000	5,4788	8,5054	12,1876	16,293	20,5296	25,0673	30,6025
8,000	4,4383	6,8801	9,9628	13,5133	17,367	21,8746	27,9046
10,000	3,8222	5,9822	8,9127	12,5508	16,6775	21,4657	27,8343
15,000	2,9534	4,7066	7,4066	11,3216	16,6131	23,7521	34,2372

EBF	BSBaCr2									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,003	1,006	1,011	1,013	1,014	1,014	1,014	1,014	1,013	1,013
0,020	1,009	1,015	1,022	1,027	1,030	1,034	1,037	1,040	1,043	1,046
0,026	1,021	1,032	1,047	1,056	1,062	1,068	1,072	1,076	1,080	1,084
0,030	1,031	1,049	1,070	1,083	1,092	1,099	1,105	1,110	1,114	1,119
0,040	1,081	1,126	1,180	1,213	1,237	1,256	1,273	1,288	1,301	1,314
0,050	1,108	1,172	1,250	1,300	1,337	1,367	1,393	1,416	1,437	1,457
0,060	1,166	1,268	1,401	1,489	1,556	1,612	1,660	1,704	1,744	1,783
0,060	1,169	1,272	1,408	1,499	1,568	1,625	1,675	1,720	1,762	1,802
0,080	1,235	1,394	1,618	1,780	1,909	2,017	2,113	2,201	2,283	2,360
0,100	1,322	1,568	1,955	2,264	2,529	2,764	2,980	3,182	3,375	3,562
0,150	1,478	1,918	2,740	3,518	4,272	5,011	5,744	6,477	7,213	7,956
0,200	1,487	1,968	2,932	3,912	4,918	5,955	7,028	8,140	9,296	10,497
0,300	1,514	2,074	3,309	4,691	6,221	7,901	9,737	11,732	13,892	16,221
0,400	1,484	2,022	3,227	4,601	6,144	7,858	9,750	11,825	14,087	16,543
0,500	1,465	1,995	3,208	4,618	6,225	8,031	10,041	12,258	14,688	17,331
0,600	1,453	1,971	3,160	4,546	6,127	7,907	9,890	12,080	14,482	17,100
0,662	1,454	1,978	3,194	4,624	6,264	8,118	10,188	12,480	14,997	17,744
0,800	1,431	1,920	3,038	4,330	5,795	7,434	9,248	11,240	13,413	15,768
1,000	1,399	1,855	2,896	4,092	5,433	6,915	8,531	10,279	12,154	14,153
1,173	1,390	1,834	2,842	3,992	5,273	6,677	8,199	9,833	11,574	13,417
1,333	1,372	1,790	2,728	3,785	4,948	6,211	7,567	9,010	10,535	12,137
1,500	1,373	1,790	2,716	3,751	4,881	6,101	7,404	8,784	10,237	11,757
2,000	1,351	1,731	2,550	3,438	4,387	5,394	6,452	7,561	8,715	9,914
2,506	1,330	1,679	2,418	3,205	4,036	4,907	5,817	6,764	7,747	8,765
3,000	1,312	1,637	2,312	3,020	3,758	4,526	5,321	6,145	6,995	7,872
4,000	1,282	1,565	2,141	2,731	3,338	3,964	4,609	5,275	5,961	6,670
5,000	1,253	1,503	2,005	2,515	3,036	3,571	4,123	4,692	5,280	5,888
6,000	1,230	1,455	1,901	2,352	2,812	3,284	3,771	4,276	4,800	5,344
8,000	1,188	1,370	1,731	2,094	2,466	2,849	3,247	3,662	4,096	4,551
10,000	1,158	1,309	1,607	1,908	2,215	2,534	2,868	3,218	3,586	3,976
15,000	1,110	1,214	1,420	1,629	1,846	2,076	2,321	2,585	2,869	3,178

EBF	BSBaCr2						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,013	1,012	1,012	1,012	1,011	1,011	1,011
0,020	1,049	1,066	1,082	1,098	1,119	1,155	1,222
0,026	1,088	1,103	1,112	1,116	1,118	1,122	1,130
0,030	1,123	1,140	1,150	1,155	1,156	1,157	1,161
0,040	1,327	1,382	1,425	1,454	1,470	1,484	1,504
0,050	1,477	1,564	1,634	1,683	1,714	1,739	1,775
0,060	1,820	1,988	2,129	2,231	2,295	2,349	2,421
0,060	1,840	2,014	2,160	2,266	2,333	2,390	2,466
0,080	2,435	2,779	3,081	3,319	3,489	3,632	3,805
0,100	3,743	4,609	5,410	6,087	6,607	7,063	7,610
0,150	8,707	12,648	16,856	21,057	25,005	28,932	33,474
0,200	11,747	18,756	26,898	35,594	44,428	53,994	65,535
0,300	18,724	33,896	53,188	75,657	101,212	131,096	166,518
0,400	19,197	35,467	56,313	80,751	108,911	141,894	180,348
0,500	20,190	37,625	59,903	87,088	119,395	156,372	197,112
0,600	19,937	37,419	60,014	86,917	117,826	152,529	190,268
0,662	20,724	39,223	63,832	94,431	130,546	171,258	215,112
0,800	18,306	33,672	52,943	75,208	100,151	127,565	156,766
1,000	16,271	28,497	43,060	59,533	77,764	97,880	119,994
1,173	15,357	26,330	39,008	52,992	68,183	84,653	102,230
1,333	13,810	23,088	33,522	44,805	56,892	69,834	83,409
1,500	13,341	22,069	31,866	42,549	54,133	66,537	79,234
2,000	11,154	17,906	25,418	33,549	42,237	51,423	60,928
2,506	9,815	15,534	21,937	28,893	36,267	43,936	51,808
3,000	8,774	13,642	18,985	24,580	30,241	35,984	41,939
4,000	7,401	11,387	15,836	20,516	25,324	30,503	36,427
5,000	6,517	9,995	13,964	18,183	22,465	27,021	32,340
6,000	5,911	9,100	12,835	16,852	20,943	25,393	30,844
8,000	5,028	7,795	11,216	15,110	19,257	23,882	29,719
10,000	4,389	6,858	10,055	13,830	17,945	22,641	28,818
15,000	3,515	5,712	9,027	13,617	19,452	27,070	38,419

EABF	BSBaCr2									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,003	1,006	1,011	1,013	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
0,020	1,010	1,015	1,022	1,025	1,028	1,030	1,032	1,034	1,036	1,037
0,026	1,022	1,034	1,048	1,056	1,062	1,067	1,071	1,075	1,079	1,082
0,030	1,029	1,045	1,064	1,076	1,085	1,092	1,098	1,103	1,108	1,112
0,040	1,079	1,124	1,179	1,213	1,238	1,258	1,275	1,290	1,304	1,317
0,050	1,114	1,178	1,257	1,306	1,342	1,371	1,396	1,419	1,440	1,460
0,060	1,189	1,304	1,454	1,553	1,627	1,688	1,742	1,789	1,834	1,876
0,060	1,189	1,304	1,455	1,555	1,630	1,692	1,746	1,795	1,839	1,882
0,080	1,292	1,488	1,766	1,965	2,122	2,255	2,372	2,478	2,578	2,672
0,100	1,518	1,900	2,490	2,951	3,340	3,684	3,998	4,291	4,572	4,842
0,150	2,053	2,947	4,527	5,954	7,300	8,605	9,893	11,182	12,485	13,811
0,200	2,099	3,117	5,060	6,957	8,852	10,776	12,748	14,784	16,897	19,099
0,300	2,015	3,105	5,485	8,131	11,050	14,254	17,758	21,574	25,720	30,207
0,400	1,871	2,832	4,982	7,428	10,172	13,225	16,599	20,309	24,367	28,789
0,500	1,762	2,626	4,608	6,915	9,547	12,514	15,825	19,493	23,528	27,942
0,600	1,694	2,486	4,310	6,440	8,875	11,622	14,691	18,089	21,828	25,916
0,662	1,655	2,414	4,182	6,267	8,668	11,388	14,435	17,814	21,534	25,601
0,800	1,595	2,274	3,833	5,646	7,712	10,031	12,607	15,445	18,548	21,918
1,000	1,526	2,130	3,513	5,108	6,900	8,883	11,050	13,394	15,911	18,594
1,173	1,491	2,051	3,330	4,796	6,436	8,242	10,206	12,323	14,585	16,988
1,333	1,463	1,984	3,157	4,481	5,942	7,530	9,237	11,057	12,984	15,010
1,500	1,440	1,935	3,040	4,281	5,641	7,113	8,686	10,355	12,113	13,952
2,000	1,400	1,832	2,764	3,774	4,852	5,992	7,192	8,446	9,752	11,107
2,506	1,368	1,753	2,561	3,414	4,307	5,238	6,204	7,204	8,236	9,300
3,000	1,340	1,687	2,404	3,148	3,921	4,722	5,551	6,409	7,295	8,209
4,000	1,295	1,585	2,165	2,753	3,353	3,969	4,605	5,262	5,942	6,648
5,000	1,250	1,493	1,976	2,462	2,955	3,459	3,976	4,508	5,058	5,626
6,000	1,215	1,422	1,830	2,239	2,655	3,082	3,522	3,978	4,452	4,946
8,000	1,165	1,323	1,633	1,944	2,260	2,585	2,921	3,272	3,639	4,023
10,000	1,136	1,264	1,514	1,764	2,018	2,280	2,554	2,840	3,143	3,462
15,000	1,082	1,162	1,321	1,485	1,655	1,835	2,027	2,232	2,452	2,690

EABF	BSBaCr2						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,014	1,015	1,016	1,017	1,017	1,017	1,016
0,020	1,039	1,045	1,050	1,052	1,054	1,056	1,059
0,026	1,085	1,099	1,109	1,114	1,116	1,117	1,120
0,030	1,117	1,136	1,149	1,157	1,160	1,162	1,167
0,040	1,329	1,384	1,428	1,456	1,474	1,491	1,514
0,050	1,479	1,567	1,638	1,687	1,717	1,741	1,774
0,060	1,916	2,099	2,254	2,370	2,445	2,502	2,571
0,060	1,923	2,108	2,266	2,384	2,461	2,519	2,590
0,080	2,762	3,182	3,561	3,879	4,116	4,293	4,473
0,100	5,106	6,382	7,604	8,686	9,517	10,135	10,742
0,150	15,167	22,543	30,743	38,721	45,552	52,138	60,770
0,200	21,398	34,502	49,886	65,609	80,379	96,430	118,124
0,300	35,050	64,848	103,343	147,806	197,331	255,725	328,042
0,400	33,589	63,667	104,230	154,037	211,081	275,757	350,854
0,500	32,745	62,796	102,661	150,993	207,168	271,770	344,820
0,600	30,362	58,146	95,088	140,072	192,002	250,581	315,290
0,662	30,022	57,618	94,665	141,253	196,995	260,641	329,800
0,800	25,556	47,618	75,204	107,110	143,065	182,549	224,296
1,000	21,436	37,822	57,228	78,984	102,754	128,431	155,619
1,173	19,524	34,000	50,957	69,943	90,912	113,995	138,842
1,333	17,130	28,940	42,351	57,063	73,107	90,512	108,738
1,500	15,868	26,399	38,155	50,933	64,829	79,812	95,206
2,000	12,507	20,106	28,511	37,533	47,077	57,107	67,546
2,506	10,393	16,268	22,721	29,588	36,693	43,897	51,143
3,000	9,151	14,258	19,862	25,662	31,568	37,833	44,744
4,000	7,380	11,449	16,118	21,075	26,177	31,848	38,793
5,000	6,214	9,475	13,242	17,270	21,217	25,057	29,221
6,000	5,462	8,390	11,877	15,671	19,537	23,737	28,968
8,000	4,427	6,767	9,636	12,850	16,312	20,429	25,993
10,000	3,802	5,842	8,525	11,742	15,260	19,244	24,491
15,000	2,946	4,578	6,970	10,272	14,537	20,050	27,803

EBF	BSBaMn3									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0033	1,0063	1,0107	1,013	1,0141	1,0144	1,0144	1,0142	1,014	1,0138
0,020	1,0178	1,027	1,0373	1,0431	1,0471	1,0502	1,0529	1,0553	1,0575	1,0596
0,026	1,0395	1,0602	1,084	1,098	1,108	1,116	1,1229	1,1291	1,1348	1,1403
0,030	1,056	1,0863	1,1219	1,1437	1,1594	1,1721	1,1831	1,1931	1,2023	1,211
0,040	1,0664	1,1026	1,1452	1,1711	1,1898	1,2048	1,2177	1,2293	1,24	1,2501
0,050	1,1133	1,1795	1,262	1,3147	1,3536	1,3852	1,4124	1,4369	1,4596	1,4811
0,060	1,1734	1,2801	1,4198	1,5135	1,5849	1,6439	1,6955	1,7422	1,7857	1,827
0,060	1,1763	1,2851	1,4281	1,5243	1,5977	1,6586	1,7117	1,76	1,805	1,8477
0,080	1,2435	1,4088	1,6446	1,8153	1,9514	2,0669	2,1692	2,2628	2,3503	2,4335
0,100	1,3321	1,5866	1,991	2,3164	2,5955	2,8451	3,0747	3,2905	3,4966	3,6958
0,150	1,4263	1,8017	2,478	3,0937	3,6719	4,2259	4,7643	5,2929	5,8163	6,3376
0,200	1,4937	1,9833	2,9708	3,9808	5,0215	6,0984	7,2162	8,3788	9,5896	10,8514
0,300	1,5178	2,0838	3,3362	4,7433	6,3053	8,0258	9,9096	11,9618	14,1877	16,5924
0,400	1,4872	2,0291	3,2479	4,6399	6,2057	7,9494	9,8763	11,9924	14,3034	16,8148
0,500	1,4683	2,0015	3,2255	4,6505	6,2759	8,1052	10,1428	12,3934	14,8611	17,5485
0,600	1,4553	1,9755	3,1734	4,5711	6,1676	7,9659	9,9705	12,1863	14,6182	17,2707
0,662	1,454	1,9782	3,1955	4,6262	6,2684	8,1241	10,1971	12,4917	15,012	17,7622
0,800	1,4317	1,9224	3,0453	4,346	5,8217	7,4735	9,3034	11,3141	13,5079	15,8868
1,000	1,4	1,8574	2,9028	4,105	5,4544	6,9451	8,5726	10,3328	12,2218	14,2354
1,173	1,3974	1,8507	2,883	4,0647	5,3846	6,8359	8,4128	10,1102	11,9229	13,8462
1,333	1,3716	1,7899	2,7285	3,7855	4,9497	6,2133	7,5698	9,0136	10,5393	12,1418
1,500	1,3749	1,7932	2,7244	3,7642	4,9015	6,1287	7,4394	8,8283	10,2903	11,8206
2,000	1,3517	1,7317	2,5529	3,4435	4,3958	5,4047	6,4661	7,5768	8,7336	9,934
2,506	1,3305	1,6799	2,4202	3,2089	4,0412	4,9145	5,8264	6,7754	7,76	8,7789
3,000	1,3127	1,6371	2,3133	3,0221	3,7612	4,5294	5,3257	6,1491	6,9992	7,8752
4,000	1,2829	1,567	2,1442	2,7358	3,3439	3,97	4,6151	5,2805	5,9667	6,6744
5,000	1,2537	1,5043	2,0069	2,5168	3,0376	3,5721	4,122	4,6891	5,2748	5,8802
6,000	1,2308	1,4557	1,9026	2,3532	2,8125	3,2838	3,7699	4,2728	4,7943	5,336
8,000	1,1889	1,3714	1,7321	2,0953	2,466	2,8479	3,2437	3,6558	4,086	4,5364
10,000	1,1585	1,3101	1,6086	1,9089	2,2164	2,5347	2,8668	3,215	3,5816	3,9687
15,000	1,1108	1,2154	1,4213	1,6302	1,8472	2,0761	2,3199	2,5814	2,8635	3,1689

EBF	BSBaMn3						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0136	1,0128	1,0123	1,0119	1,0116	1,0114	1,0112
0,020	1,0615	1,0705	1,0782	1,0843	1,0882	1,09	1,0903
0,026	1,1455	1,1686	1,1865	1,1973	1,2019	1,2046	1,2095
0,030	1,2194	1,2568	1,2857	1,3036	1,3132	1,3225	1,3375
0,040	1,2598	1,3025	1,3351	1,3552	1,3672	1,38	1,3998
0,050	1,5015	1,5937	1,6687	1,7211	1,7536	1,7816	1,8199
0,060	1,8666	2,0476	2,1996	2,3094	2,3793	2,4379	2,5166
0,060	1,8886	2,0762	2,2343	2,3491	2,4225	2,4841	2,5666
0,080	2,5134	2,8835	3,2094	3,4681	3,6534	3,8096	3,999
0,100	3,8901	4,8204	5,6875	6,4245	6,9943	7,4949	8,0926
0,150	6,8595	9,5203	12,2581	14,8939	17,2721	19,5692	22,2258
0,200	12,1667	19,5861	28,2719	37,6199	47,1919	57,6085	70,1815
0,300	19,1802	34,9364	55,0884	78,6965	105,7123	137,4191	175,0285
0,400	19,531	36,2353	57,7228	83,0129	112,2583	146,5693	186,5729
0,500	20,4567	38,216	60,9533	88,7803	121,9267	159,9175	201,8172
0,600	20,1475	37,9546	61,2375	89,2159	121,3064	157,1818	196,1335
0,662	20,7461	39,2687	63,9092	94,5547	130,7531	171,6091	215,6705
0,800	18,4521	34,0418	53,7996	76,8013	102,4782	130,5128	160,2411
1,000	16,3695	28,6947	43,3775	59,9847	78,3652	98,6548	120,9732
1,173	15,8751	27,4326	40,9504	56,0939	72,85	91,2911	111,0232
1,333	13,816	23,0999	33,5426	44,837	56,9386	69,898	83,491
1,500	13,4148	22,2025	32,0693	42,8333	54,5144	67,0286	79,8341
2,000	11,1755	17,9208	25,3998	33,4658	42,0617	51,148	60,5755
2,506	9,8309	15,551	21,9464	28,8928	36,2647	43,9424	51,8212
3,000	8,7763	13,6306	18,9496	24,5133	30,1393	35,8303	41,7074
4,000	7,4041	11,3786	15,8034	20,4451	25,2093	30,3503	36,2407
5,000	6,5061	9,9577	13,8862	18,0536	22,2741	26,754	31,9734
6,000	5,8992	9,0609	12,75	16,7061	20,7259	25,0865	30,4143
8,000	5,0086	7,7366	11,0913	14,8902	18,9153	23,388	29,0194
10,000	4,3782	6,8157	9,9548	13,6442	17,6527	22,2208	28,2146
15,000	3,5006	5,6556	8,8727	13,2784	18,8173	25,9854	36,598

EABF	BSBaMn3									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0033	1,0063	1,0107	1,0131	1,0144	1,0149	1,015	1,015	1,015	1,0149
0,020	1,0134	1,022	1,0334	1,0407	1,046	1,05	1,0533	1,056	1,0585	1,0607
0,026	1,0371	1,0582	1,0837	1,0995	1,1109	1,12	1,1278	1,1348	1,1412	1,1472
0,030	1,0556	1,0857	1,121	1,1425	1,1581	1,1707	1,1816	1,1916	1,2008	1,2095
0,040	1,0633	1,0987	1,1412	1,1673	1,1862	1,2012	1,2141	1,2256	1,2362	1,2462
0,050	1,1196	1,1873	1,27	1,322	1,3602	1,3912	1,4181	1,4424	1,465	1,4865
0,060	1,1968	1,3176	1,4751	1,5799	1,659	1,724	1,7804	1,8313	1,8785	1,9231
0,060	1,1975	1,3192	1,4784	1,5845	1,6649	1,731	1,7883	1,8401	1,8882	1,9335
0,080	1,3024	1,508	1,8008	2,0122	2,1803	2,3225	2,4482	2,5629	2,67	2,7718
0,100	1,5323	1,9311	2,5528	3,0443	3,4612	3,8311	4,1698	4,4873	4,7901	5,0828
0,150	1,9537	2,7123	3,9791	5,0649	6,0522	6,9834	7,884	8,771	9,656	10,5478
0,200	2,1089	3,144	5,1355	7,092	9,0578	11,0601	13,119	15,2505	17,4676	19,7814
0,300	2,0146	3,1104	5,5151	8,2012	11,1764	14,4529	18,0451	21,9682	26,2377	30,8684
0,400	1,8697	2,8339	4,9988	7,4695	10,25	13,3501	16,7829	20,5626	24,7044	29,2238
0,500	1,76	2,6256	4,6158	6,9379	9,5935	12,591	15,9413	19,656	23,7473	28,2267
0,600	1,6933	2,4864	4,3161	6,4565	8,9079	11,6769	14,7724	18,2042	21,9823	26,1164
0,662	1,6549	2,4137	4,1824	6,2689	8,6714	11,394	14,4431	17,8257	21,5492	25,6205
0,800	1,5939	2,2728	3,8352	5,6556	7,7307	10,0625	12,6548	15,5115	18,6361	22,0311
1,000	1,5259	2,1298	3,5148	5,1129	6,9109	8,9006	11,0755	13,4297	15,9572	18,652
1,173	1,4898	2,0516	3,3379	4,8177	6,4773	8,3077	10,3016	12,4525	14,7536	17,1986
1,333	1,4627	1,9844	3,1574	4,4813	5,9422	7,5306	9,2386	11,0593	12,9862	15,0131
1,500	1,4405	1,9352	3,0422	4,2842	5,647	7,1207	8,6971	10,3689	12,1296	13,9726
2,000	1,4005	1,8327	2,7653	3,7753	4,8541	5,9959	7,1963	8,4515	9,7581	11,1132
2,506	1,3675	1,7525	2,5614	3,415	4,3088	5,24	6,2065	7,2065	8,2386	9,3015
3,000	1,3395	1,6871	2,4041	3,1494	3,9227	4,7239	5,5532	6,4105	7,2959	8,2092
4,000	1,2958	1,5864	2,167	2,7547	3,3547	3,9707	4,6053	5,2609	5,9394	6,6421
5,000	1,2503	1,4943	1,9782	2,4643	2,9574	3,461	3,9776	4,509	5,0572	5,6234
6,000	1,2157	1,4234	1,8327	2,2425	2,6586	3,085	3,5244	3,9793	4,4517	4,9434
8,000	1,166	1,3246	1,6357	1,9468	2,2632	2,5883	2,9248	3,2749	3,6405	4,0233
10,000	1,1372	1,2664	1,5175	1,7675	2,0218	2,2839	2,5566	2,8423	3,143	3,4607
15,000	1,0829	1,163	1,3231	1,4872	1,6584	1,8389	2,0305	2,2351	2,4544	2,6902

EABF	BSBaMn3						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0149	1,0155	1,0172	1,0184	1,0186	1,0184	1,018
0,020	1,0627	1,0711	1,0778	1,0832	1,0872	1,0896	1,0902
0,026	1,153	1,179	1,2009	1,2171	1,2257	1,2272	1,2247
0,030	1,2179	1,2554	1,2845	1,3025	1,3124	1,3224	1,3383
0,040	1,2557	1,298	1,3313	1,3542	1,3707	1,3885	1,4129
0,050	1,507	1,6001	1,6763	1,7287	1,7598	1,7855	1,8218
0,060	1,9658	2,1604	2,3258	2,45	2,531	2,5931	2,6685
0,060	1,977	2,1752	2,3441	2,4714	2,5548	2,6186	2,6957
0,080	2,8696	3,3249	3,7389	4,09	4,3544	4,555	4,7566
0,100	5,3684	6,7475	8,0734	9,257	10,1764	10,856	11,4993
0,150	11,4524	16,2786	21,5172	26,4374	30,271	33,4358	37,3715
0,200	22,2008	36,0448	52,3877	69,2193	85,1646	102,5097	125,785
0,300	35,8737	66,791	106,9334	153,6011	206,0537	268,2205	345,0829
0,400	34,1361	65,07	107,316	160,2422	221,8801	291,6688	371,6311
0,500	33,1047	63,7185	104,6211	154,6225	212,8811	279,6363	354,7207
0,600	30,6155	58,818	96,631	143,2288	197,415	258,5162	325,8093
0,662	30,0462	57,6723	94,7611	141,4176	197,2894	261,1601	330,638
0,800	25,6979	48,011	76,1606	108,883	145,6221	185,7397	227,9306
1,000	21,5079	37,9702	57,4592	79,2904	103,1257	128,859	156,0815
1,173	19,7809	34,5246	51,8062	71,2242	92,8294	116,7302	142,2735
1,333	17,1337	28,9482	42,3647	57,0826	73,1352	90,5513	108,7931
1,500	15,892	26,4461	38,2344	51,0636	65,0321	80,0776	95,4683
2,000	12,5139	20,114	28,5176	37,539	47,0895	57,1316	67,568
2,506	10,3939	16,2579	22,6822	29,4993	36,5323	43,6474	50,7869
3,000	9,1501	14,2416	19,8201	25,5944	31,4775	37,7091	44,5581
4,000	7,3705	11,4114	16,0239	20,8962	25,9033	31,4806	38,3117
5,000	6,2089	9,4496	13,1812	17,1632	21,0577	24,8365	28,9171
6,000	5,4557	8,3579	11,7928	15,5033	19,2652	23,3549	28,4551
8,000	4,4248	6,7446	9,5725	12,7221	16,1101	20,1515	25,6196
10,000	3,7973	5,8143	8,4508	11,5892	14,9979	18,838	23,8869
15,000	2,9444	4,5548	6,8908	10,0873	14,1802	19,4277	26,7481

EBF	BSBaCo									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0094	1,0121	1,0143	1,0157	1,0168	1,0179	1,019	1,02	1,0211	1,0222
0,020	1,0168	1,0252	1,0343	1,0394	1,043	1,0459	1,0484	1,0506	1,0527	1,0547
0,026	1,0194	1,03	1,043	1,0511	1,0571	1,0621	1,0665	1,0705	1,0742	1,0777
0,030	1,0287	1,0449	1,0643	1,0759	1,084	1,0902	1,0955	1,1	1,1042	1,108
0,040	1,0592	1,0912	1,1286	1,1512	1,1674	1,1804	1,1915	1,2015	1,2108	1,2195
0,050	1,0992	1,1565	1,2273	1,2722	1,3052	1,3319	1,3548	1,3755	1,3946	1,4126
0,060	1,1493	1,24	1,3571	1,4345	1,4928	1,5406	1,5822	1,6196	1,6544	1,6873
0,060	1,1523	1,2451	1,3653	1,4451	1,5053	1,5548	1,5978	1,6366	1,6727	1,7068
0,080	1,2149	1,3579	1,5579	1,6998	1,8113	1,905	1,9874	2,0623	2,132	2,198
0,100	1,2977	1,5203	1,866	2,1379	2,3673	2,5697	2,7542	2,9262	3,0894	3,2463
0,150	1,3928	1,7301	2,3236	2,851	3,3373	3,7963	4,2367	4,6648	5,0847	5,4996
0,200	1,4671	1,9199	2,8134	3,7069	4,6107	5,5316	6,4745	7,4435	8,4419	9,4722
0,300	1,5012	2,0405	3,2152	4,5131	5,9341	7,4806	9,1557	10,963	12,9061	14,9883
0,400	1,4734	1,9945	3,1543	4,4642	5,924	7,5365	9,3055	11,2355	13,3308	15,5952
0,500	1,456	1,9715	3,1467	4,5043	6,0428	7,7644	9,6724	11,7702	14,061	16,5469
0,600	1,4464	1,9527	3,1111	4,4542	5,9811	7,6944	9,5974	11,694	13,9871	16,4784
0,662	1,4412	1,9413	3,0842	4,4076	5,9103	7,5942	9,4624	11,518	13,7635	16,2
0,800	1,4282	1,9111	3,0086	4,2718	5,6985	7,2896	9,0469	10,9723	13,0667	15,3299
1,000	1,3948	1,8442	2,8669	4,038	5,3482	6,7917	8,3641	10,0615	11,8802	13,8163
1,173	1,3923	1,8388	2,8536	4,0124	5,3042	6,7217	8,2591	9,9111	11,6726	13,5385
1,333	1,3732	1,7934	2,7367	3,7997	4,971	6,243	7,6093	9,0643	10,6025	12,219
1,500	1,3716	1,786	2,7074	3,7354	4,8591	6,0709	7,3647	8,7352	10,1774	11,6866
2,000	1,3577	1,7442	2,5787	3,4829	4,4489	5,4712	6,5456	7,6686	8,8371	10,0483
2,506	1,33	1,6778	2,4136	3,1963	4,0218	4,8878	5,7925	6,7343	7,7122	8,7251
3,000	1,3119	1,6351	2,3081	3,0137	3,7501	4,5161	5,311	6,1344	6,9856	7,8643
4,000	1,2786	1,5592	2,1306	2,718	3,323	3,9472	4,5917	5,2573	5,945	6,6553
5,000	1,251	1,4997	2,0001	2,5096	3,0319	3,5694	4,1243	4,6981	5,2922	5,9079
6,000	1,2291	1,4527	1,8982	2,3487	2,8094	3,2837	3,7743	4,2834	4,8131	5,3649
8,000	1,1863	1,3672	1,7269	2,0913	2,4656	2,8532	3,257	3,6792	4,1222	4,5879
10,000	1,1569	1,3072	1,6041	1,904	2,2125	2,5334	2,8698	3,2243	3,5994	3,9974
15,000	1,1087	1,2119	1,416	1,6247	1,8432	2,0751	2,3239	2,5925	2,8843	3,2023

EBF	BSBaCo						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0233	1,0282	1,0303	1,0296	1,0292	1,0312	1,0366
0,020	1,0566	1,065	1,0717	1,0759	1,0781	1,0797	1,0822
0,026	1,0811	1,0963	1,1072	1,1123	1,1126	1,1121	1,1139
0,030	1,1115	1,1265	1,1374	1,1433	1,1443	1,1428	1,1415
0,040	1,2277	1,2637	1,2896	1,3046	1,3144	1,3272	1,347
0,050	1,4298	1,507	1,5693	1,612	1,6378	1,6599	1,6909
0,060	1,7187	1,8613	1,9794	2,0636	2,1166	2,1609	2,2206
0,060	1,7395	1,8878	2,011	2,0993	2,1551	2,2018	2,2645
0,080	2,2612	2,5514	2,8031	2,9996	3,1381	3,2537	3,3938
0,100	3,3986	4,1187	4,7763	5,3224	5,7358	6,098	6,5345
0,150	5,912	7,9783	10,0513	11,9955	13,6986	15,3078	17,1645
0,200	10,5365	16,4006	23,0423	29,9615	36,8129	44,1024	52,8678
0,300	17,2124	30,4885	47,0246	65,8865	86,8671	111,0521	139,6214
0,400	18,032	32,8203	51,5209	73,1663	97,7935	126,4393	159,8092
0,500	19,2288	35,4978	56,1062	80,9491	110,2787	143,8068	180,7918
0,600	19,1681	35,4537	55,8196	80,0067	108,3136	140,427	175,5075
0,662	18,8271	34,6571	54,232	77,1524	103,6902	133,5463	165,8852
0,800	17,7603	32,2123	49,7253	69,9651	93,1866	119,0757	146,8769
1,000	15,866	27,6778	41,7302	57,6232	75,2007	94,5477	115,7154
1,173	15,5038	26,6466	39,57	53,8909	69,5315	86,5699	104,7898
1,333	13,9087	23,2924	33,8753	45,3551	57,6928	70,9356	84,8333
1,500	13,2584	21,9192	31,6373	42,2277	53,7012	65,9762	78,5375
2,000	11,2994	18,0739	25,5419	33,5496	42,0254	50,89	59,9344
2,506	9,7719	15,4812	21,8851	28,8247	36,1347	43,7062	51,4987
3,000	8,7698	13,6723	19,0782	24,747	30,4979	36,3777	42,5509
4,000	7,3887	11,4016	15,908	20,6789	25,5912	30,8669	36,8843
5,000	6,5461	10,0895	14,1615	18,5151	22,9573	27,7107	33,2894
6,000	5,9403	9,1993	13,053	17,2331	21,5185	26,2018	31,9719
8,000	5,0781	7,9459	11,5403	15,6873	20,1571	25,1869	31,5743
10,000	4,4205	6,9773	10,3468	14,3854	18,8327	23,9443	30,7253
15,000	3,55	5,8577	9,4276	14,5093	21,1506	30,0137	43,4274

EABF	BSBaCo									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0072	1,0101	1,013	1,0147	1,0161	1,0173	1,0184	1,0195	1,0206	1,0216
0,020	1,0152	1,0229	1,0317	1,0371	1,0412	1,0446	1,0477	1,0506	1,0534	1,0562
0,026	1,0202	1,0311	1,0437	1,0512	1,0566	1,0609	1,0645	1,0678	1,0709	1,0738
0,030	1,0265	1,0411	1,0584	1,0688	1,0764	1,0824	1,0875	1,0921	1,0963	1,1003
0,040	1,0565	1,0875	1,124	1,1462	1,1621	1,1748	1,1857	1,1955	1,2046	1,2131
0,050	1,1037	1,1617	1,2316	1,2751	1,3068	1,3325	1,3546	1,3746	1,3932	1,4108
0,060	1,1707	1,2735	1,4055	1,4919	1,5567	1,6096	1,6554	1,6966	1,7349	1,771
0,060	1,1706	1,2738	1,4066	1,494	1,5595	1,6131	1,6595	1,7013	1,7401	1,7768
0,080	1,267	1,4432	1,6875	1,8591	1,993	2,1049	2,2028	2,2916	2,374	2,452
0,100	1,4813	1,8231	2,3329	2,7202	3,0408	3,3208	3,5748	3,8116	4,0367	4,2538
0,150	1,8897	2,5667	3,6549	4,5545	5,3522	6,0908	6,7954	7,4817	8,1605	8,8395
0,200	2,0674	3,0309	4,8308	6,5503	8,2427	9,9395	11,6624	13,4278	15,2486	17,1353
0,300	2,0145	3,0842	5,3793	7,8857	10,6127	13,572	16,776	20,2376	23,9694	27,9836
0,400	1,8735	2,8238	4,9212	7,2753	9,8906	12,776	15,9428	19,4028	23,1681	27,2502
0,500	1,7662	2,6263	4,5785	6,8281	9,3766	12,2314	15,4023	18,8995	22,7333	26,9131
0,600	1,6972	2,4862	4,2889	6,3785	8,755	11,4244	14,3946	17,6741	21,2712	25,1934
0,662	1,6635	2,4155	4,1348	6,1279	8,3938	10,9371	13,764	16,8814	20,2955	24,0118
0,800	1,5985	2,2762	3,8236	5,6138	7,6446	9,9183	12,4387	15,2092	18,2324	21,5086
1,000	1,5276	2,13	3,5048	5,0841	6,855	8,81	10,9432	13,2493	15,723	18,3592
1,173	1,4904	2,0514	3,3323	4,8024	6,4483	8,2611	10,234	12,3605	14,6344	17,0495
1,333	1,4624	1,9844	3,1592	4,4864	5,952	7,5463	9,2616	11,0908	13,0273	15,0647
1,500	1,4401	1,9339	3,0382	4,2765	5,6345	7,1025	8,6724	10,3371	12,0898	13,9243
2,000	1,401	1,835	2,7732	3,7906	4,8778	6,0283	7,2373	8,5004	9,814	11,1746
2,506	1,3676	1,7524	2,5599	3,4117	4,3038	5,2336	6,1993	7,1995	8,2328	9,2981
3,000	1,3398	1,6869	2,4022	3,1455	3,9168	4,7167	5,5455	6,4034	7,2908	8,2076
4,000	1,2938	1,5828	2,161	2,7475	3,3475	3,9646	4,6017	5,2612	5,9449	6,6546
5,000	1,2483	1,4905	1,9714	2,4553	2,9475	3,4513	3,9695	4,5041	5,057	5,6297
6,000	1,2122	1,4174	1,8229	2,2306	2,6462	3,0734	3,5153	3,9741	4,452	4,9509
8,000	1,163	1,3191	1,6265	1,9351	2,2503	2,5754	2,9131	3,2658	3,6354	4,0239
10,000	1,1331	1,2593	1,5062	1,754	2,0076	2,2706	2,5457	2,8353	3,1415	3,4665
15,000	1,0811	1,1595	1,3164	1,478	1,6474	1,827	2,0189	2,225	2,4474	2,6881

EABF	BSBaCo						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0227	1,0275	1,0306	1,0308	1,0297	1,0293	1,0304
0,020	1,0589	1,0725	1,0856	1,0964	1,1029	1,1048	1,1043
0,026	1,0765	1,0887	1,0981	1,1036	1,1056	1,1061	1,1074
0,030	1,104	1,1207	1,1334	1,1409	1,1439	1,1451	1,1477
0,040	1,2213	1,2578	1,287	1,3076	1,3231	1,3403	1,3636
0,050	1,4276	1,504	1,5667	1,6104	1,6365	1,6573	1,6857
0,060	1,8055	1,9625	2,0948	2,1924	2,2545	2,3012	2,3588
0,060	1,8118	1,9713	2,106	2,2057	2,2693	2,3172	2,376
0,080	2,5266	2,8703	3,175	3,424	3,6027	3,7341	3,8687
0,100	4,4654	5,4832	6,4426	7,2607	7,8632	8,3235	8,829
0,150	9,5239	13,1194	16,9376	20,4291	22,996	24,8973	27,1538
0,200	19,0961	30,1498	42,9065	55,6445	67,297	79,9176	97,3415
0,300	32,2909	58,4271	91,6061	129,0961	169,5628	216,3409	274,5291
0,400	31,6597	58,8196	93,9773	134,8048	180,2809	233,031	296,5473
0,500	31,4465	59,5033	95,8132	138,7216	188,3931	246,3083	312,9893
0,600	29,4468	55,7213	89,6283	129,5793	175,3228	227,4967	285,8566
0,662	28,0338	52,6807	83,9845	120,4219	161,8923	208,7114	260,2246
0,800	25,036	46,14	71,7814	101,2899	135,1004	172,8264	213,3252
1,000	21,1524	37,2755	56,4693	78,1457	102,0171	128,0038	155,7555
1,173	19,5995	34,156	51,2116	70,3239	91,4726	114,7933	139,8799
1,333	17,1969	29,08	42,5782	57,3927	73,5719	91,1689	109,6582
1,500	15,8346	26,3354	38,052	50,7736	64,592	79,4989	94,8704
2,000	12,579	20,1624	28,486	37,3907	46,8281	56,7363	66,8743
2,506	10,3946	16,3087	22,8514	29,8775	37,2197	44,7347	52,3508
3,000	9,1538	14,2995	19,9713	25,845	31,8168	38,1679	45,2319
4,000	7,3916	11,5089	16,2709	21,3639	26,5973	32,3552	39,3619
5,000	6,2236	9,5376	13,3973	17,5484	21,6317	25,6335	30,0243
6,000	5,4724	8,4552	12,0516	16,0204	20,0984	24,5077	29,9554
8,000	4,4327	6,8225	9,796	13,1726	16,822	21,1276	26,9229
10,000	3,8122	5,9113	8,7144	12,1329	15,94	20,3023	26,0755
15,000	2,9492	4,6396	7,1762	10,7631	15,4984	21,7463	30,7184

EBF	BSBaFe									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0029	1,0059	1,0103	1,0124	1,013	1,013	1,0127	1,0124	1,0122	1,012
0,020	1,0094	1,0144	1,0207	1,025	1,0287	1,032	1,0352	1,0384	1,0417	1,045
0,026	1,0319	1,0496	1,0706	1,0833	1,0923	1,0995	1,1055	1,1109	1,1158	1,1204
0,030	1,0448	1,0703	1,1012	1,1203	1,134	1,145	1,1543	1,1625	1,1701	1,1771
0,040	1,0715	1,1108	1,1572	1,1855	1,206	1,2224	1,2365	1,2492	1,261	1,2721
0,050	1,095	1,1498	1,2172	1,2598	1,291	1,3163	1,338	1,3575	1,3756	1,3926
0,060	1,1423	1,2284	1,3393	1,4123	1,4671	1,512	1,5509	1,586	1,6185	1,6492
0,060	1,1447	1,2326	1,3461	1,4211	1,4775	1,5238	1,5639	1,6001	1,6337	1,6654
0,080	1,2601	1,4389	1,6969	1,8859	2,0379	2,1678	2,2834	2,3896	2,4892	2,584
0,100	1,2874	1,5007	1,8297	2,0867	2,3025	2,4922	2,6645	2,8249	2,9768	3,1226
0,150	1,4421	1,8364	2,5549	3,2167	3,8439	4,4492	5,0409	5,6249	6,2057	6,7865
0,200	1,4587	1,9004	2,7662	3,6259	4,4907	5,3677	6,2618	7,1773	8,1173	9,0844
0,300	1,4962	2,0275	3,1791	4,445	5,8252	7,3217	8,9372	10,6751	12,5385	14,5303
0,400	1,4928	2,0431	3,2863	4,7124	6,3224	8,1211	10,1145	12,3093	14,7119	17,3285
0,500	1,474	2,0147	3,2588	4,7107	6,3707	8,2427	10,3319	12,6437	15,1825	17,9513
0,600	1,4587	1,9843	3,1978	4,6171	6,2413	8,0734	10,1183	12,3811	14,8672	17,5817
0,662	1,4402	1,9386	3,0762	4,3923	5,8854	7,5574	9,4113	11,4501	13,6758	16,0894
0,800	1,4354	1,94	3,1128	4,4892	6,064	7,8362	9,8059	11,9738	14,3404	16,9059
1,000	1,4103	1,8828	2,9696	4,2274	5,6458	7,2188	8,9413	10,8089	12,8171	14,9612
1,173	1,3929	1,8403	2,8572	4,0187	5,3139	6,7355	8,2777	9,9352	11,7031	13,5761
1,333	1,3731	1,7931	2,736	3,7986	4,9693	6,2406	7,6062	9,0602	10,5975	12,2128
1,500	1,3705	1,7836	2,7017	3,7259	4,8452	6,0519	7,3402	8,7046	10,1402	11,6424
2,000	1,3503	1,728	2,5428	3,4257	4,3697	5,3701	6,4234	7,5268	8,6776	9,8735
2,506	1,33	1,678	2,4144	3,1977	4,0241	4,891	5,7966	6,7394	7,7182	8,7318
3,000	1,312	1,6353	2,3087	3,0147	3,7514	4,5176	5,3127	6,1361	6,9872	7,8655
4,000	1,2791	1,5602	2,1323	2,7202	3,3257	3,9501	4,5947	5,2604	5,9479	6,658
5,000	1,2513	1,5003	2,0009	2,5105	3,0326	3,5698	4,1241	4,6971	5,2902	5,9047
6,000	1,2293	1,4531	1,8987	2,3492	2,8097	3,2837	3,7737	4,2822	4,8109	5,3615
8,000	1,1866	1,3677	1,7275	2,0918	2,4657	2,8526	3,2554	3,6764	4,1179	4,5818
10,000	1,1571	1,3076	1,6046	1,9046	2,213	2,5336	2,8694	3,2231	3,5971	3,9937
15,000	1,109	1,2123	1,4166	1,6254	1,8436	2,0752	2,3234	2,5912	2,8818	3,1984

EBF	BSBaFe						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0119	1,0119	1,0116	1,0111	1,0108	1,0105	1,0102
0,020	1,0485	1,0678	1,0892	1,1119	1,1453	1,2146	1,3928
0,026	1,1248	1,1433	1,1564	1,1639	1,1687	1,1748	1,1841
0,030	1,1838	1,2123	1,2325	1,2441	1,2514	1,2604	1,2744
0,040	1,2828	1,3301	1,367	1,3907	1,4044	1,4174	1,4372
0,050	1,4088	1,4817	1,5402	1,5801	1,604	1,6244	1,6532
0,060	1,6785	1,8111	1,9206	1,9985	2,0474	2,0883	2,1432
0,060	1,6957	1,833	1,9466	2,0278	2,079	2,1219	2,1792
0,080	2,6755	3,1015	3,4804	3,7845	4,0047	4,1916	4,4183
0,100	3,2639	3,9298	4,5345	5,0332	5,4085	5,7372	6,1347
0,150	7,3697	10,3684	13,4892	16,5281	19,3053	22,0135	25,1478
0,200	10,0807	15,5287	21,634	27,9284	34,0929	40,5995	48,4061
0,300	16,6528	29,2453	44,8019	62,4024	81,8062	104,0381	130,2547
0,400	20,1642	37,6991	60,4301	87,3913	118,7693	155,6848	198,7241
0,500	20,9514	39,3175	62,908	91,927	126,6545	166,5981	210,781
0,600	20,5294	38,8816	63,291	93,2711	127,9891	166,6893	208,5417
0,662	18,6899	34,3127	53,5591	76,1489	102,3898	131,9581	164,0323
0,800	19,6703	36,4428	57,9749	84,03	114,4327	148,7982	185,9453
1,000	17,2365	30,4019	46,0902	63,8322	83,5138	105,3127	129,2273
1,173	15,5493	26,7442	39,7431	54,168	69,9485	87,1641	105,5823
1,333	13,9012	23,2769	33,8484	45,3129	57,6312	70,8505	84,7229
1,500	13,2069	21,825	31,4926	42,0245	53,4287	65,6217	78,0919
2,000	11,1125	17,8858	25,4828	33,7703	42,6635	52,0373	61,6421
2,506	9,7794	15,4911	21,897	28,8443	36,1724	43,7672	51,5772
3,000	8,7705	13,6672	19,0629	24,7197	30,4562	36,3126	42,448
4,000	7,391	11,3997	15,897	20,6535	25,5489	30,8085	36,8099
5,000	6,5414	10,0739	14,1287	18,4598	22,875	27,5951	33,1304
6,000	5,9354	9,1828	13,0164	17,1687	21,4209	26,0647	31,7815
8,000	5,0699	7,9208	11,486	15,5905	20,0058	24,967	31,2606
10,000	4,4151	6,9562	10,2948	14,2856	18,6716	23,7058	30,3729
15,000	3,5441	5,8335	9,3603	14,3581	20,8603	29,5064	42,5577

EABF	BSBaFe									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0029	1,0059	1,0103	1,0125	1,0132	1,0132	1,013	1,0128	1,0125	1,0124
0,020	1,0095	1,0145	1,0203	1,0237	1,0262	1,0281	1,0298	1,0313	1,0327	1,034
0,026	1,0331	1,0502	1,0699	1,0818	1,0906	1,0978	1,1042	1,1101	1,1157	1,121
0,030	1,0468	1,0721	1,1018	1,1198	1,1328	1,1432	1,1522	1,1602	1,1677	1,1747
0,040	1,0685	1,1072	1,154	1,183	1,2039	1,2206	1,2349	1,2477	1,2594	1,2705
0,050	1,0991	1,1544	1,2207	1,2618	1,2916	1,3157	1,3365	1,3553	1,3727	1,3892
0,060	1,1633	1,2611	1,3858	1,4672	1,5279	1,5774	1,6203	1,6589	1,6946	1,7284
0,060	1,1627	1,2605	1,3856	1,4675	1,5287	1,5786	1,6219	1,6609	1,697	1,7311
0,080	1,3249	1,5492	1,8729	2,1099	2,3001	2,4622	2,6061	2,7378	2,8611	2,9785
0,100	1,4656	1,7906	2,2682	2,6262	2,92	3,1751	3,4058	3,6203	3,8238	4,0199
0,150	1,9839	2,7825	4,1397	5,322	6,4095	7,4438	8,4504	9,4467	10,4448	11,4536
0,200	2,0543	2,996	4,7392	6,3899	8,0044	9,6152	11,2444	12,9085	14,6204	16,3904
0,300	2,0142	3,0756	5,3369	7,7891	10,4427	13,3091	16,4007	19,7297	23,3083	27,1479
0,400	1,868	2,8375	5,029	7,5465	10,3938	13,5816	17,1235	21,0349	25,3323	30,0325
0,500	1,7572	2,6245	4,6291	6,9796	9,6777	12,7323	16,1545	19,9568	24,1519	28,752
0,600	1,6916	2,4862	4,3264	6,487	8,9682	11,7769	14,9223	18,4147	22,2644	26,482
0,662	1,6641	2,4155	4,1313	6,118	8,3746	10,9058	13,7179	16,8175	20,2111	23,9037
0,800	1,5828	2,2636	3,8571	5,7403	7,9066	10,3549	13,0858	16,1005	19,3997	22,9839
1,000	1,5235	2,1294	3,5297	5,1577	7,0002	9,0492	11,2981	13,7409	16,3715	19,1834
1,173	1,4904	2,0515	3,3331	4,8044	6,4519	8,267	10,2425	12,372	14,6493	17,0681
1,333	1,4624	1,9844	3,159	4,486	5,9512	7,5451	9,2598	11,0883	13,024	15,0606
1,500	1,44	1,9337	3,0371	4,2739	5,63	7,0956	8,6628	10,3243	12,0736	13,9044
2,000	1,4	1,8315	2,7622	3,77	4,8463	5,9856	7,1834	8,436	9,7403	11,0932
2,506	1,3676	1,7524	2,5601	3,4121	4,3043	5,2342	6,2	7,2	8,233	9,298
3,000	1,3397	1,6869	2,4025	3,1459	3,9175	4,7176	5,5464	6,4043	7,2914	8,2078
4,000	1,294	1,5832	2,1618	2,7484	3,3484	3,9655	4,6025	5,2616	5,9449	6,6541
5,000	1,2486	1,491	1,9722	2,4564	2,9487	3,4526	3,9706	4,5049	5,0572	5,6292
6,000	1,2127	1,4181	1,8241	2,232	2,6477	3,0749	3,5165	3,9749	4,4522	4,9504
8,000	1,1633	1,3198	1,6276	1,9365	2,2518	2,5769	2,9145	3,2669	3,636	4,0238
10,000	1,1336	1,2601	1,5076	1,7556	2,0093	2,2722	2,547	2,8361	3,1417	3,4659
15,000	1,0813	1,1599	1,3172	1,4791	1,6487	1,8284	2,0202	2,2262	2,4482	2,6883

EABF	BSBaFe						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0124	1,0133	1,0148	1,0152	1,0149	1,0145	1,0141
0,020	1,0353	1,0409	1,0452	1,0479	1,0494	1,0506	1,0525
0,026	1,1261	1,1496	1,1675	1,1783	1,1852	1,1943	1,209
0,030	1,1814	1,2104	1,2314	1,2432	1,2503	1,2595	1,2743
0,040	1,2809	1,3274	1,3637	1,3883	1,405	1,4224	1,4468
0,050	1,4049	1,4765	1,5353	1,5765	1,6012	1,6205	1,6467
0,060	1,7607	1,9073	2,0305	2,1209	2,1778	2,2204	2,2733
0,060	1,7637	1,912	2,0368	2,1287	2,1867	2,23	2,2836
0,080	3,0916	3,621	4,1081	4,5284	4,8522	5,102	5,3517
0,100	4,2108	5,1254	5,9776	6,6895	7,203	7,6016	8,0596
0,150	12,4798	17,9883	24,0147	29,7339	34,3152	38,2982	43,3589
0,200	18,2263	28,5286	40,3339	52,0078	62,5659	73,9771	89,8583
0,300	31,2587	56,0679	87,3475	122,3995	159,7883	202,673	256,1097
0,400	35,153	67,6425	112,8357	171,3063	241,9585	323,2467	415,1896
0,500	33,7687	65,4083	108,1854	161,2945	223,6224	294,6999	373,8716
0,600	31,0773	60,0082	99,2742	148,6627	207,1851	273,633	346,6706
0,662	27,8989	52,3484	83,2959	119,2387	160,2228	206,658	257,939
0,800	26,853	50,4367	80,9555	118,2779	161,9038	209,9013	258,8825
1,000	22,17	39,472	60,0742	83,3109	108,958	136,981	166,7536
1,173	19,6222	34,2024	51,2868	70,4365	91,6392	115,0307	140,1838
1,333	17,1919	29,0695	42,5612	57,3679	73,5369	91,1196	109,5896
1,500	15,8107	26,2894	37,98	50,6678	64,4406	79,2988	94,644
2,000	12,4919	20,0869	28,4912	37,5065	47,0257	57,0124	67,424
2,506	10,3938	16,3007	22,8271	29,8241	37,1224	44,5791	52,1249
3,000	9,1534	14,2928	19,9531	25,8137	31,7737	38,1103	45,1496
4,000	7,3905	11,5021	16,2532	21,3303	26,5512	32,3079	39,324
5,000	6,2221	9,5272	13,3714	17,5019	21,5622	25,5366	29,8885
6,000	5,4709	8,4457	12,0261	15,9694	20,017	24,3984	29,8205
8,000	4,4317	6,8134	9,7697	13,1193	16,7375	21,0119	26,7699
10,000	3,8105	5,8999	8,6831	12,0678	15,8262	20,1243	25,8081
15,000	2,9486	4,6293	7,1413	10,6795	15,3336	21,4531	30,2106

EBF	BSBaMn4									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0028	1,0059	1,0103	1,0124	1,0129	1,0129	1,0126	1,0123	1,0121	1,0119
0,020	1,0094	1,0143	1,0205	1,0249	1,0285	1,0318	1,035	1,0382	1,0414	1,0448
0,026	1,031	1,0484	1,0691	1,0816	1,0906	1,0976	1,1036	1,1089	1,1137	1,1182
0,030	1,0438	1,0689	1,0995	1,1184	1,132	1,1428	1,1519	1,16	1,1674	1,1743
0,040	1,0711	1,11	1,1561	1,1842	1,2045	1,2208	1,2348	1,2475	1,2592	1,2702
0,050	1,0944	1,1488	1,2157	1,258	1,289	1,314	1,3355	1,3549	1,3728	1,3897
0,060	1,141	1,2262	1,3361	1,4083	1,4625	1,5068	1,5453	1,5799	1,612	1,6423
0,060	1,1434	1,2305	1,343	1,4171	1,4729	1,5187	1,5583	1,5941	1,6273	1,6586
0,080	1,258	1,4352	1,6903	1,877	2,027	2,155	2,269	2,3735	2,4715	2,5648
0,100	1,2853	1,4968	1,8226	2,0767	2,2898	2,4771	2,6471	2,8053	2,955	3,0987
0,150	1,4399	1,8314	2,5437	3,1987	3,8186	4,4163	5,0001	5,5758	6,148	6,7198
0,200	1,457	1,8964	2,7567	3,6098	4,467	5,3353	6,2199	7,125	8,0536	9,0085
0,300	1,4953	2,0252	3,1728	4,4332	5,8062	7,294	8,8993	10,6252	12,4748	14,4511
0,400	1,4919	2,0409	3,2802	4,7008	6,3037	8,0936	10,0763	12,2583	14,6462	17,2458
0,500	1,4731	2,0125	3,2534	4,701	6,3554	8,2205	10,3015	12,6034	15,1307	17,8864
0,600	1,4581	1,9829	3,1939	4,6099	6,2297	8,0565	10,0951	12,3505	14,8282	17,5331
0,662	1,4394	1,9365	3,0701	4,3805	5,8663	7,5293	9,3723	11,3983	13,6092	16,0057
0,800	1,4353	1,9394	3,1107	4,4848	6,0567	7,8254	9,791	11,9544	14,3162	16,8767
1,000	1,4016	1,8615	2,9136	4,125	5,4859	6,9904	8,6339	10,4122	12,3212	14,357
1,173	1,3925	1,8395	2,8552	4,0152	5,3085	6,7278	8,2674	9,9218	11,6861	13,5552
1,333	1,3724	1,7916	2,7324	3,7924	4,96	6,2276	7,5889	9,038	10,5698	12,179
1,500	1,3703	1,783	2,7005	3,7239	4,8421	6,0478	7,3348	8,6979	10,1321	11,6328
2,000	1,3502	1,7278	2,5421	3,4244	4,3677	5,3675	6,4203	7,5231	8,6735	9,8692
2,506	1,33	1,6779	2,4139	3,1969	4,0229	4,8893	5,7943	6,7366	7,7149	8,7281
3,000	1,312	1,6352	2,3084	3,0142	3,7506	4,5167	5,3118	6,1351	6,9863	7,8648
4,000	1,2788	1,5597	2,1314	2,7189	3,3242	3,9485	4,593	5,2587	5,9463	6,6565
5,000	1,2511	1,4999	2,0004	2,51	3,0322	3,5696	4,1242	4,6976	5,2913	5,9065
6,000	1,2292	1,4529	1,8984	2,3489	2,8095	3,2837	3,774	4,2829	4,8121	5,3634
8,000	1,1865	1,3674	1,7272	2,0915	2,4656	2,8529	3,2563	3,678	4,1203	4,5852
10,000	1,157	1,3074	1,6043	1,9042	2,2127	2,5335	2,8696	3,2238	3,5984	3,9957
15,000	1,1088	1,212	1,4163	1,625	1,8434	2,0752	2,3237	2,5919	2,8832	3,2005

EBF	BSBaMn4						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0119	1,0119	1,0116	1,0111	1,0107	1,0104	1,0102
0,020	1,0483	1,0678	1,0895	1,1127	1,147	1,2196	1,412
0,026	1,1224	1,1404	1,153	1,1602	1,1651	1,1715	1,1811
0,030	1,1808	1,2084	1,228	1,2391	1,2463	1,2555	1,2694
0,040	1,2807	1,3276	1,3642	1,3876	1,4012	1,4142	1,4339
0,050	1,4057	1,4779	1,536	1,5754	1,5991	1,6192	1,6476
0,060	1,6712	1,8021	1,9101	1,9868	2,035	2,0753	2,1294
0,060	1,6885	1,824	1,9361	2,0162	2,0666	2,1089	2,1654
0,080	2,6548	3,0735	3,4454	3,7435	3,959	4,1418	4,3634
0,100	3,2379	3,8936	4,4882	4,978	5,3462	5,6686	6,0587
0,150	7,2938	10,2416	13,3043	16,2819	18,9982	21,6434	24,7046
0,200	9,9915	15,3593	21,3618	27,537	33,5714	39,9299	47,5551
0,300	16,5562	29,0317	44,4215	61,8086	80,947	102,851	128,6727
0,400	20,0622	37,4626	59,9911	86,6787	117,7069	154,1956	196,7379
0,500	20,8717	39,1395	62,5923	91,419	125,8895	165,5123	209,3164
0,600	20,4698	38,7408	62,9886	92,6679	126,951	165,1519	206,484
0,662	18,5866	34,0643	53,0969	75,4737	101,5196	130,9049	162,8247
0,800	19,6359	36,3856	57,9105	83,981	114,4067	148,7556	185,7911
1,000	16,5151	28,984	43,8399	60,64	79,2357	99,7744	122,3806
1,173	15,524	26,6901	39,6471	54,0143	69,7171	86,8344	105,1427
1,333	13,8607	23,1925	33,7022	45,0848	57,2982	70,3915	84,1284
1,500	13,1956	21,8044	31,461	41,9801	53,3693	65,5443	77,9943
2,000	11,108	17,884	25,491	33,7954	42,7085	52,0965	61,7038
2,506	9,7752	15,4857	21,8906	28,8339	36,1523	43,7345	51,5349
3,000	8,7701	13,67	19,0714	24,7349	30,4794	36,3488	42,5051
4,000	7,3897	11,4008	15,9031	20,6676	25,5725	30,841	36,8513
5,000	6,544	10,0826	14,1469	18,4905	22,9207	27,6593	33,2187
6,000	5,9381	9,1919	13,0367	17,2044	21,475	26,1407	31,8871
8,000	5,0745	7,9348	11,5161	15,6442	20,0897	25,089	31,4346
10,000	4,4181	6,9678	10,3235	14,3407	18,7604	23,8372	30,5669
15,000	3,5474	5,8469	9,3976	14,4419	21,0211	29,7871	43,0387

EABF	BSBaMn4									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0028	1,0058	1,0103	1,0124	1,0131	1,0131	1,0129	1,0126	1,0124	1,0123
0,020	1,0095	1,0145	1,0202	1,0236	1,026	1,0279	1,0295	1,031	1,0324	1,0337
0,026	1,0327	1,0494	1,0686	1,0802	1,0888	1,0958	1,1021	1,1078	1,1133	1,1185
0,030	1,0459	1,0708	1,1001	1,1179	1,1307	1,1409	1,1497	1,1577	1,165	1,1719
0,040	1,068	1,1064	1,1529	1,1816	1,2023	1,2189	1,233	1,2457	1,2574	1,2683
0,050	1,0985	1,1533	1,2191	1,2598	1,2894	1,3133	1,3339	1,3525	1,3697	1,386
0,060	1,1619	1,2588	1,3823	1,4627	1,5227	1,5716	1,6139	1,652	1,6873	1,7206
0,060	1,1614	1,2583	1,3822	1,4631	1,5236	1,573	1,6157	1,6543	1,6899	1,7236
0,080	1,3221	1,5439	1,8638	2,0975	2,2849	2,4444	2,586	2,7155	2,8368	2,9522
0,100	1,4625	1,7841	2,2555	2,6079	2,8965	3,147	3,3732	3,5834	3,7828	3,9749
0,150	1,9796	2,7724	4,1163	5,2844	6,3571	7,376	8,3669	9,3469	10,328	11,3193
0,200	2,0516	2,989	4,7209	6,358	7,9571	9,551	11,1618	12,8062	14,4968	16,2439
0,300	2,0142	3,074	5,3293	7,7721	10,4128	13,2631	16,3351	19,6412	23,1933	27,0029
0,400	1,8683	2,8369	5,0242	7,5343	10,371	13,5448	17,0693	20,9597	25,2322	29,9037
0,500	1,7576	2,6247	4,627	6,973	9,6643	12,7097	16,1203	19,9086	24,087	28,6677
0,600	1,6919	2,4863	4,3248	6,4822	8,9587	11,7612	14,8988	18,3816	22,2202	26,4248
0,662	1,6645	2,4155	4,1286	6,1104	8,36	10,882	13,6828	16,7691	20,1472	23,8223
0,800	1,5832	2,2639	3,8564	5,7379	7,9015	10,3464	13,0735	16,0838	19,3784	22,9578
1,000	1,5255	2,1297	3,5174	5,1208	6,9263	8,9259	11,113	13,4816	16,0255	18,7388
1,173	1,4904	2,0515	3,3327	4,8033	6,4499	8,2637	10,2378	12,3656	14,6411	17,0578
1,333	1,4625	1,9843	3,1582	4,4838	5,9469	7,5382	9,2497	11,0745	13,0061	15,0381
1,500	1,4401	1,9337	3,0369	4,2733	5,629	7,0941	8,6606	10,3214	12,0699	13,8998
2,000	1,4	1,8314	2,762	3,7696	4,8458	5,9849	7,1825	8,4349	9,739	11,0917
2,506	1,3676	1,7524	2,56	3,4119	4,304	5,2339	6,1996	7,1997	8,2329	9,2981
3,000	1,3397	1,6869	2,4023	3,1457	3,9171	4,7171	5,5459	6,4038	7,291	8,2077
4,000	1,2939	1,583	2,1614	2,7479	3,3479	3,965	4,6021	5,2614	5,9449	6,6544
5,000	1,2484	1,4907	1,9718	2,4558	2,948	3,4519	3,97	4,5045	5,0571	5,6295
6,000	1,2124	1,4177	1,8234	2,2312	2,6469	3,0741	3,5158	3,9745	4,4521	4,9507
8,000	1,1631	1,3194	1,627	1,9357	2,2509	2,576	2,9137	3,2663	3,6357	4,0238
10,000	1,1333	1,2596	1,5068	1,7547	2,0084	2,2713	2,5463	2,8357	3,1416	3,4663
15,000	1,0812	1,1596	1,3167	1,4785	1,648	1,8277	2,0195	2,2255	2,4478	2,6882

EABF	BSBaMn4						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0122	1,0132	1,0147	1,0151	1,0147	1,0143	1,0139
0,020	1,0349	1,0404	1,0447	1,0474	1,0489	1,05	1,0518
0,026	1,1236	1,1464	1,1636	1,1738	1,1812	1,1916	1,2081
0,030	1,1784	1,2069	1,2273	1,2387	1,2457	1,2549	1,2697
0,040	1,2787	1,3248	1,3608	1,3852	1,4019	1,4194	1,4437
0,050	1,4017	1,4725	1,5308	1,5716	1,5961	1,6152	1,641
0,060	1,7525	1,8973	2,0188	2,1079	2,1639	2,2058	2,2578
0,060	1,7558	1,9023	2,0255	2,1161	2,1731	2,2158	2,2685
0,080	3,0633	3,5833	4,0611	4,4725	4,7887	5,0322	5,2756
0,100	4,1618	5,0567	5,8884	6,5801	7,077	7,4641	7,9126
0,150	12,3273	17,7334	23,6414	29,24	33,7066	37,5616	42,4457
0,200	18,0556	28,2117	39,8326	51,3011	61,6491	72,8274	88,4089
0,300	31,0799	55,6618	86,6177	121,2569	158,1298	200,3666	253,0132
0,400	34,9911	67,2369	111,9822	169,6175	238,8533	318,195	407,9755
0,500	33,6622	65,1389	107,6212	160,2355	221,8966	292,2515	370,7375
0,600	31,0052	59,8256	98,8792	147,857	205,7053	271,2701	343,3244
0,662	27,7977	52,1091	82,8286	118,4664	159,1555	205,3792	256,5836
0,800	26,8221	50,3879	80,9077	118,2358	161,8121	209,6525	258,4114
1,000	21,6149	38,1991	57,8296	79,8094	103,8021	129,7059	157,0933
1,173	19,6096	34,1767	51,2452	70,3743	91,547	114,8993	140,0159
1,333	17,1643	29,0121	42,468	57,2324	73,3459	90,8497	109,2129
1,500	15,8052	26,2788	37,9636	50,6442	64,4075	79,2551	94,5934
2,000	12,4903	20,0848	28,4886	37,5028	47,0187	56,9997	67,4063
2,506	10,3942	16,3051	22,8405	29,8535	37,1761	44,6648	52,2493
3,000	9,1536	14,2966	19,9632	25,831	31,7976	38,1422	45,1953
4,000	7,3911	11,506	16,2634	21,3496	26,5778	32,3357	39,3475
5,000	6,2229	9,533	13,3858	17,5277	21,6008	25,5904	29,9638
6,000	5,4718	8,4511	12,0404	15,998	20,0627	24,46	29,8967
8,000	4,4323	6,8185	9,7843	13,1489	16,7844	21,0762	26,8549
10,000	3,8115	5,9062	8,7005	12,104	15,8894	20,2231	25,9564
15,000	2,9489	4,635	7,1607	10,7259	15,4248	21,6153	30,4914

EBF	BSBaZn									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0021	1,005	1,0095	1,0112	1,0113	1,011	1,0106	1,0105	1,0106	1,0109
0,020	1,0096	1,0154	1,023	1,0282	1,0321	1,0354	1,0383	1,041	1,0435	1,0459
0,026	1,0236	1,0372	1,0538	1,0642	1,0717	1,0778	1,083	1,0876	1,0918	1,0957
0,030	1,0359	1,0561	1,0804	1,0954	1,1061	1,1147	1,1219	1,1284	1,1342	1,1397
0,040	1,0568	1,0874	1,1231	1,1446	1,1599	1,1723	1,1828	1,1923	1,201	1,2092
0,050	1,0762	1,1192	1,1712	1,2035	1,227	1,2458	1,262	1,2765	1,2899	1,3025
0,060	1,108	1,1727	1,2549	1,308	1,3474	1,3793	1,4067	1,4312	1,4538	1,475
0,060	1,1104	1,1767	1,2611	1,3159	1,3565	1,3895	1,4178	1,4432	1,4666	1,4886
0,080	1,2041	1,339	1,5262	1,6581	1,7613	1,8477	1,9235	1,9922	2,0562	2,1166
0,100	1,232	1,3973	1,6429	1,8277	1,9789	2,1093	2,2261	2,3336	2,4345	2,5307
0,150	1,3781	1,6993	2,2589	2,7511	3,2014	3,6237	4,0267	4,4167	4,7977	5,1729
0,200	1,4551	1,8919	2,746	3,5915	4,4399	5,2984	6,1723	7,0655	7,9813	8,9222
0,300	1,4649	1,9487	2,9677	4,0545	5,2097	6,435	7,7321	9,1028	10,5488	12,0717
0,400	1,4663	1,9769	3,1072	4,3766	5,7845	7,333	9,0255	10,8657	12,8571	15,0031
0,500	1,4512	1,959	3,1112	4,4363	5,9324	7,6012	9,4457	11,4691	13,6741	16,0627
0,600	1,4415	1,9405	3,0781	4,3929	5,8838	7,5531	9,4043	11,4407	13,665	16,0788
0,662	1,4367	1,9294	3,0508	4,3442	5,808	7,4439	9,2547	11,243	13,4104	15,7573
0,800	1,4251	1,903	2,986	4,2293	5,6304	7,19	8,9096	10,7904	12,8329	15,0359
1,000	1,3931	1,8398	2,8545	4,0145	5,3106	6,737	8,2895	9,9641	11,7572	13,665
1,173	1,3735	1,79	2,7211	3,77	4,9295	6,1957	7,566	9,038	10,6099	12,2799
1,333	1,3601	1,7605	2,6503	3,6446	4,7345	5,9142	7,1794	8,5263	9,9513	11,4512
1,500	1,364	1,769	2,668	3,6692	4,762	5,939	7,1944	8,5229	9,9199	11,3809
2,000	1,3473	1,7189	2,5167	3,3789	4,3002	5,2776	6,3087	7,3915	8,5242	9,705
2,506	1,3294	1,6742	2,3997	3,1685	3,9778	4,826	5,7121	6,6349	7,5936	8,5873
3,000	1,3105	1,6309	2,2972	2,9956	3,7254	4,4863	5,2782	6,101	6,9546	7,8391
4,000	1,2692	1,5415	2,0984	2,6738	3,2695	3,8868	4,5269	5,1906	5,8791	6,5929
5,000	1,2445	1,4884	1,9831	2,4913	3,0163	3,5606	4,1262	4,7149	5,3281	5,9672
6,000	1,2254	1,4462	1,8884	2,3389	2,8027	3,2836	3,7845	4,3078	4,856	5,431
8,000	1,1813	1,3587	1,715	2,0803	2,4597	2,8568	3,2749	3,7165	4,1845	4,6812
10,000	1,1536	1,3009	1,5935	1,8921	2,2028	2,53	2,8773	3,2481	3,6457	4,0734
15,000	1,1041	1,2039	1,4038	1,6116	1,8326	2,0709	2,3304	2,615	2,9285	3,2755

EBF	BSBaZn						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0113	1,0125	1,0119	1,0112	1,0107	1,0103	1,0101
0,020	1,0481	1,0585	1,067	1,0738	1,0813	1,0914	1,105
0,026	1,0994	1,1146	1,1243	1,1299	1,1356	1,1441	1,1559
0,030	1,1448	1,1659	1,1791	1,186	1,1922	1,202	1,2161
0,040	1,217	1,2507	1,2744	1,2878	1,297	1,31	1,3297
0,050	1,3146	1,3682	1,4105	1,4383	1,4542	1,4675	1,4871
0,060	1,4952	1,5856	1,6591	1,7108	1,7433	1,7704	1,8062
0,060	1,5095	1,6031	1,6793	1,7332	1,7671	1,7953	1,8327
0,080	2,1745	2,4394	2,6681	2,8458	2,9702	3,0738	3,1994
0,100	2,6234	3,0529	3,4311	3,7307	3,9475	4,1372	4,3718
0,150	5,5446	7,3923	9,2242	10,9199	12,3839	13,7532	15,3316
0,200	9,8904	15,1675	21,054	27,0954	32,9836	39,1763	46,5982
0,300	13,6723	22,8322	33,6307	45,3292	57,6181	71,1948	87,013
0,400	17,3064	31,1926	48,6221	68,6628	91,2788	117,4389	147,8711
0,500	18,6358	34,1907	53,7645	77,1378	104,6294	136,1252	171,0306
0,600	18,6818	34,3889	53,9622	77,2699	104,7028	136,026	170,5138
0,662	18,2824	33,3781	51,8959	73,7384	99,2586	128,1444	159,6496
0,800	17,3963	31,3111	48,0453	67,5775	90,1658	115,4218	142,6298
1,000	15,684	27,3087	41,1319	56,7686	74,0628	93,0763	113,812
1,173	14,0462	24,2588	36,6064	50,8564	66,6809	83,5251	100,6727
1,333	13,0228	21,8545	32,0822	43,5119	56,0888	69,72	84,0005
1,500	12,9016	21,269	30,6433	40,8431	51,8629	63,5981	75,5387
2,000	10,9322	17,6874	25,2478	33,3837	42,0287	51,1037	60,4569
2,506	9,6147	15,2011	21,3182	27,6991	34,3633	41,4714	49,0732
3,000	8,7539	13,7601	19,3385	25,196	31,1992	37,5424	44,4906
4,000	7,3326	11,4251	16,1014	21,128	26,3411	31,9362	38,3247
5,000	6,6334	10,3908	14,8077	19,6248	24,63	30,0729	36,5469
6,000	6,0345	9,5247	13,7908	18,5646	23,5705	29,1053	36,0094
8,000	5,2091	8,385	12,537	17,5116	23,0475	29,4419	37,7615
10,000	4,5342	7,4419	11,5417	16,7712	22,8331	30,0857	40,1166
15,000	3,6605	6,3417	10,8279	17,7764	27,6618	41,8174	64,4173

EABF	BSBaZn									
Enerji	0,5 mfp	1 mfp	2 mfp	3 mfp	4 mfp	5 mfp	6 mfp	7 mfp	8 mfp	9 mfp
0,015	1,0021	1,0049	1,0094	1,0111	1,0112	1,0108	1,0104	1,0101	1,0101	1,0102
0,020	1,0105	1,0163	1,0232	1,0276	1,0308	1,0334	1,0357	1,0378	1,0397	1,0415
0,026	1,0245	1,038	1,0541	1,064	1,0713	1,0771	1,0821	1,0866	1,0908	1,0948
0,030	1,0351	1,0547	1,0781	1,0925	1,103	1,1114	1,1186	1,1251	1,1311	1,1367
0,040	1,0544	1,0839	1,1185	1,1393	1,1543	1,1663	1,1765	1,1858	1,1943	1,2024
0,050	1,0799	1,1234	1,1746	1,2055	1,2277	1,2453	1,2605	1,2741	1,2868	1,2987
0,060	1,1268	1,1999	1,2902	1,3473	1,3892	1,423	1,4521	1,4783	1,5025	1,5253
0,060	1,1283	1,2027	1,2947	1,3531	1,396	1,4307	1,4606	1,4875	1,5123	1,5358
0,080	1,2545	1,4206	1,6481	1,8062	1,9287	2,0304	2,1192	2,1995	2,2739	2,3442
0,100	1,3715	1,6144	1,9507	2,1883	2,3754	2,5333	2,6731	2,8011	2,9211	3,0355
0,150	1,8614	2,5035	3,5175	4,3417	5,064	5,7271	6,3554	6,9644	7,5642	8,162
0,200	2,0486	2,981	4,6999	6,3216	7,9032	9,4778	11,0678	12,6896	14,3561	16,0774
0,300	2,0076	3,0138	5,0674	7,202	9,4373	11,7885	14,2685	16,889	19,6605	22,5927
0,400	1,8753	2,8182	4,8809	7,1761	9,709	12,4888	15,5263	18,833	22,4202	26,2991
0,500	1,7683	2,625	4,5573	6,7708	9,2669	12,0525	15,1369	18,5299	22,241	26,2789
0,600	1,6989	2,4856	4,2742	6,3374	8,6754	11,2937	14,1999	17,4023	20,9087	24,7262
0,662	1,6656	2,4153	4,1204	6,0874	8,3156	10,8099	13,5765	16,6223	19,9537	23,5759
0,800	1,6002	2,2772	3,817	5,5923	7,601	9,8454	12,329	15,0551	18,0256	21,2404
1,000	1,5283	2,13	3,5008	5,0726	6,8333	8,7754	10,8935	13,1827	15,6381	18,2551
1,173	1,4987	2,0536	3,2915	4,6832	6,2194	7,8949	9,7058	11,6488	13,7208	15,9185
1,333	1,4742	1,9958	3,1467	4,426	5,8251	7,339	8,9641	10,6973	12,5356	14,4761
1,500	1,4412	1,9341	3,0318	4,258	5,5994	7,0465	8,5917	10,2285	11,9505	13,752
2,000	1,3988	1,8284	2,7542	3,7561	4,8259	5,9582	7,1488	8,3944	9,6918	11,0382
2,506	1,3678	1,7517	2,5568	3,4063	4,2971	5,2276	6,1965	7,2031	8,2465	9,3264
3,000	1,3397	1,6856	2,397	3,1357	3,903	4,6999	5,5275	6,3864	7,2774	8,2009
4,000	1,2877	1,5723	2,1445	2,7274	3,3257	3,9426	4,5806	5,2418	5,928	6,6409
5,000	1,2439	1,4817	1,9548	2,4331	2,922	3,4254	3,9461	4,4866	5,0492	5,6355
6,000	1,2038	1,4027	1,7995	2,2021	2,6156	3,0434	3,4882	3,9523	4,438	4,9469
8,000	1,1561	1,3066	1,6053	1,9082	2,2203	2,545	2,8851	3,243	3,6212	4,0216
10,000	1,1245	1,2441	1,4815	1,7235	1,9746	2,2381	2,5169	2,8135	3,1303	3,4697
15,000	1,0775	1,1523	1,3026	1,4586	1,6241	1,8016	1,9937	2,2031	2,4322	2,6839

EABF	BSBaZn						
Enerji	10 mfp	15 mfp	20 mfp	25 mfp	30 mfp	35 mfp	40 mfp
0,015	1,0105	1,0125	1,0125	1,0119	1,0113	1,0109	1,0106
0,020	1,0433	1,0506	1,0552	1,0572	1,0586	1,0614	1,0659
0,026	1,0985	1,1143	1,1247	1,1293	1,1313	1,135	1,1421
0,030	1,142	1,165	1,181	1,1892	1,1934	1,199	1,2089
0,040	1,2101	1,2447	1,2724	1,2921	1,307	1,3235	1,3459
0,050	1,31	1,3614	1,4034	1,433	1,4508	1,4641	1,4813
0,060	1,5471	1,6456	1,7268	1,7844	1,8186	1,8433	1,8752
0,060	1,5582	1,6595	1,7431	1,8024	1,8377	1,8632	1,896
0,080	2,4113	2,7192	2,9894	3,2069	3,36	3,4713	3,5867
0,100	3,1459	3,6613	4,1192	4,48	4,7252	4,912	5,1329
0,150	8,7627	11,8916	15,1701	18,1187	20,2261	21,7206	23,4723
0,200	17,8615	27,852	39,264	50,5005	60,6113	71,5267	86,7683
0,300	25,6933	43,8559	65,8773	89,4279	113,1169	139,5419	173,2958
0,400	30,4795	56,0852	88,9507	126,6606	168,1542	216,2108	274,6551
0,500	30,6508	57,5705	92,0801	132,4177	178,9	233,349	296,6443
0,600	28,8603	54,2989	86,8834	124,9562	168,4291	218,2514	274,4788
0,662	27,4924	51,4178	81,5876	116,5279	156,5148	202,2464	253,3673
0,800	24,6964	45,2463	69,9624	98,4147	131,2391	168,1274	208,0509
1,000	21,0287	37,0645	56,2373	78,0174	102,1592	128,607	157,0224
1,173	18,2383	31,5111	47,0251	63,9884	81,8286	100,0443	118,0327
1,333	16,5156	28,0601	41,3897	55,8965	71,2134	87,0138	102,8584
1,500	15,6275	25,9407	37,468	49,989	63,5541	78,143	93,2088
2,000	12,431	20,0085	28,4164	37,4385	46,9268	56,8104	67,0813
2,506	10,4422	16,5468	23,4887	31,1951	39,5574	48,4478	57,7679
3,000	9,1573	14,4167	20,3133	26,4764	32,7293	39,3833	46,9058
4,000	7,3817	11,5262	16,3361	21,4768	26,6131	31,9297	38,0695
5,000	6,2474	9,7263	13,8847	18,4349	22,9698	27,5215	32,7064
6,000	5,481	8,5709	12,3734	16,6668	21,1079	25,7619	31,2705
8,000	4,4463	6,9909	10,297	14,2173	18,525	23,4887	30,0298
10,000	3,8342	6,111	9,2969	13,3918	18,2052	23,9357	31,652
15,000	2,9611	4,8472	7,9113	12,593	19,2413	28,6411	43,1157

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Duygu ŞEN BAYKAL
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Uyruğu	☐ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Dokuz Eylül Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Fizik Bölümü
Mezuniyet Yılı	27.07.2013

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Fizik Anabilim Dalı
Programı	Nükleer Fizik Programı

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Fizik Anabilim Dalı
Programı	Nükleer Fizik Programı

Makale ve Bildiriler	
- Şen Baykal, D., Tekin, H., Çakırlı Mutlu, R., (2021). An Investigation on Radiation Shielding Properties of Borosilicate Glass Systems. International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESSEN), 7 (2), 99-108. DOI: 10.22399/ijcesen.960151 - Şen Baykal, D., Çakırlı Mutlu, R., (2016). Extraction of Z_{gamma} Including Finite N-Effect with B(E2) Values and Mikhailov Analysis. Turkish Physical Society 32nd International Physics Congress. - Şen Baykal, D., Çakırlı Mutlu, R., (2016). Radon Measurement Systems. Turkish Physical Society 31st International Physics Congress.	