

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

7,62 mm NATO MERMİSİNİN İÇ DİNAMİĞİNİN HEDEF DOĞRULUĞU
ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Fatih İLGIN

AĞUSTOS 2019

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalında Fatih ILGIN tarafından hazırlanan 7,62 mm NATO MERMİSİNİN İÇ DİNAMİĞİNİN HEDEF DOĞRULUĞU ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ayşegül Ülkü METİN

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin Yüksek Lisans Tezi olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR

Danışman

Jüri Üyeleri

(Başkan): Prof. Dr. Hüdayim BAŞAK _____

(Danışman) : Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR _____

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hayri YAMAN _____

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylanmıştır.

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

7.62 mm NATO MERMİSNİN İÇ DİNAMİĞİNİN HEDEF DOĞRULUĞU ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ILGIN, Fatih

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR

Ağustos 2019, 122 Sayfa

Bu çalışmada, 7,62 mm NATO mermisinin iç dinamiğinin hedef doğruluğu üzerine etkisi deneysel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Standart NATO fişegi kovanına önceden belirlenen barut türü ve miktarlarında dolum yapılarak, özel atış poligonu ortamında test denemeleri yapılmıştır. Aynı zamanda dolumu yapılan barut türü ve miktarının namlu iç balistik değerlerine etkisi de belirlenmiştir. Farklı noktalarda namlu basıncı, mermi hızı, namlu çıkış süresi, oluşan namlu ağzı gürültüsü ve hedef üzerindeki namlu atış doğruluğu ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen değerler kıyaslanarak barut türü ve dolum miktarları arasında en iyi hedef doğruluğu veren iç balistik şartlar araştırılmıştır. Hedef balistiği analizi sırasında aynı şartlarda en az beş atış yapılarak CDFC ölçümleri yapılmıştır. Aynı şartlarda yapılan atışların ortalama CDFC değerleri hesaplanarak iç balistik ölçümler eşliğinde değerlendirilmiştir. Farklı tür barut ve dolum miktarlarına göre hazırlanan deney numunesi fişeklerin tüm iç balistik değerleriyle birlikte hedef doğruluk analizlerine ait uygulamalı sonuçları, grafik ve tablolar haline getirilerek karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Genel olarak NATO mermisi içerisindeki barut miktarı arttıkça CDFC değerinde iyileşme görülmüştür. Değerlendirmeler sonucunda, küresel barut kullanılarak yapılan atışların hedef doğruluğu üzerinde daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu tez çalışmasıyla, farklı tür ve miktarlardaki NATO fişegi barutunun hedef CDFC üzerindeki sayısal analizi başarılı bir şekilde yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: NATO Mermisi, CDFC Analiz, İç Balistik

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF 7.62 mm NATO BULLET'S INTERNAL DYNAMICS ON TARGET ACCURACY

ILGIN, Fatih

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Defense Technologies, Master Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR

August 2019, 122 pages

In this study, the effect of 7,62 mm NATO bullet on target accuracy of internal dynamics was investigated using experimental methods. The standart NATO bullet was filled with predetermined gunpowder types and quantities and test trials were conducted in a special shooting range. At the same time, the effect of gunpowder type and quantity on the internal ballistic values of the barrel was determined. Barrel pressure, projectile velocity, muzzle velocity, muzzle noise, and muzzle firing accuracy on target were measured at different points. By comparing the obtained values, the internal ballistic conditions which gave the best target accuracy between gunpowder type and filling quantities were investigated. During the target ballistic analysis, at least five shots were performed under the same conditions and CDFC measurements were performed. The average CDFC values of the shots fired under the same conditions were calculated and evaluated with internal ballistic measurements. The test results prepared according to different kinds of gunpowder and fillings are presented in comparison with all internal ballistic values of the bullets and applied results of the target accuracy analysis in graphs and tables. In general, as the amount of gunpowder in the NATO bullet increased, the CDFC value improved. As a result of the evaluations, it was determined that firing using spherical gunpowder was more effective on target accuracy. With this thesis, the numerical analysis of different types and quantities of NATO bullet gunpowder on target CDFC has been successfully performed.

Keywords: NATO Bullets, CDFC Analysis, Internal ballistics,

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın hazırlanması esnasında değerli dűőüncelerini benimle paylaőan, yardımlarını esirgemeyen, deneyimleri ile beni yönlendiren, bana büyük destek olan tez yöneticisi çok değerli danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR' e sonsuz teőekkür ediyorum. Tez çalıőmalarım esnasında, bilgilerinden faydalandığım MKEK Barut Fabrikası Müdürü Berna DOęRUL' a ve müdür yardımcısı Murat KANAT' a çok teőekkür ederim. Bu çalıőmada konumun belirlenmesi aőamasından son őeklini alıncaya kadar büyük bir fedakârlık ile bana destek olan eőim Rahime ILGIN' a ve son olarak tezimi hazırlamam esnasında bana manevi desteklerini esirgemeyen anne ve babama çok teőekkür ederim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2.BARUT.....	7
2.1.Barutun Tarihçesi	10
2.2.Barutun Kullanım Alanları.....	12
2.3.Barutların Sınıflandırılması.....	12
2.3.1. Katı Barutlar	13
2.3.2. Sıvı Barutlar.....	14
2.4. Kara Barut	14
2.5. Sevk Barutu	17
2.6. Silindirik Barut Üretimi	21
2.7. Küresel Barut Üretimi	21
3.BALİSTİK BİLİMİ	23
3.1.İç Balistik.....	24
3.1.1.Hareket denklemi.....	34
3.1.2. Hal denklemi.....	34
3.1.3. Enerji Dengesi.....	34
3.1.4. Sürtünme kuvveti ve mermi çekirdeğinin dönmesi.....	34
3.1.5. Isı Kaybı.....	35
3.1.6. Mermi çekirdeğinin dönme enerjisi.....	35
3.2. Dış Balistik.....	35
3.2.1. Dönme ile Dengeleme.....	36
3.2.2. Balistik Katsayısı.....	36

3.3. Termal Balistik.....	37
3.4. Balistik Çevrimi.....	39
3.5. Balistik Hesaplama Programları.....	40
3.6. Balistik Koruma Testleri ve Standartları.....	44
4. SİLAH SİSTEMLERİ.....	48
4.1. Silah Sistemleri Unsurları.....	50
4.1.1. Namlu.....	50
4.1.2. Kovan.....	50
4.1.3. Kapsül.....	50
4.1.4. Barut.....	50
4.1.5. Yiv-Set.....	50
4.1.6. Hatve.....	51
4.1.7. Çap (kalibre)	51
4.1.8. Silah Beşik Sistemi.....	51
4.1.9. Silah Kundak Sistemi.....	52
4.2. Ateşleme Tertibatı.....	52
4.2.1. Tetik.....	52
4.2.2. İğne.....	52
4.2.3. İğne yayı.....	52
4.2.4. Horoz.....	53
4.2.5. Horoz Mesnedi ve Yayı.....	53
4.3. Ateşli Silahlar.....	54
4.4. Mermi Tasarımı.....	57
4.5. Basınç-Hareket Eğrisi.....	60
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	61
5.1. Test Düzeneği.....	62
5.1.1. Test Ortamı.....	63
5.1.2. Test Mermisi	65
5.1.3. Test Barutları.....	66
5.1.3.1. Küresel Barut	66
5.1.3.2. Silindirik Barut	66
5.2. Test Atışları	67

5.2.1. Küresel ve Silindirik Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu.....	67
5.2.1.1. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu.....	69
5.2.1.2 Atışlar İçin Hedef Doğruluğu.....	70
5.2.1.2.1. Bir Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	70
5.2.1.2.2. İki Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	71
5.2.1.2.3. Üç Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	72
5.2.1.2.4. Dört Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	73
5.2.1.2.5. Beş Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	74
5.2.2.Silindirik Barut	75
5.2.2.1. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu.....	76
5.2.2.2 Atışlar İçin Hedef Doğruluğu.....	77
5.2.2.2.1. Bir Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	77
5.2.2.2.2. İki Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	78
5.2.2.2.3. Üç Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	80
5.2.2.2.4. Dört Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	81
5.2.2.2.5. Beş Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	82
5.2.3. Küresel Barut İle Yapılan Atışlar.....	83
5.2.4. Silindirik Barut İle Yapılan Atışlar.....	86
5.2.5. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Basınç-Zaman Grafikleri.....	89
5.2.6. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Vuruş Noktalarının Nişan Noktasına Göre Sapma Miktarı.....	95
5.2.6.1. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu.....	96
5.2.6.2. Silindirik Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu.....	103
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	113
7.KAYNAKLAR.....	116

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Yaygın olarak kullanılan barut tane geometrileri	8
2.2. Katı barut şekilleri.....	13
2.3. Namlu içinde gaz basıncı ve hızın değişimi grafiği.....	20
3.1.Merminin namlu içindeki hareketi.....	24
3.2.Mermi tipleri.....	26
3.3.Değişik kalibreye sahip mermiler.....	27
3.4. Namlu içi mesafe – basınç ilişkisi.....	31
3.5. 7.62 NATO mermisi.....	36
3.6. Balistik Çevrim.....	39
3.7. Mermi yörünge hesaplama ve çizim programı.....	40
3.8. Silah sıfırlama grafiği ve atış doğrulama.....	41
3.9. Balistik hesaplama programı ara yüzü.....	43
3.10.Uluslararası Balistik test düzeneği.....	47
4.1.Silahlar ve silah sistemleri.....	49
4.2.Tarihi top namlu görüntüsü.....	53
4.3.Namlu mukavemet talepleri, Tipik tasarımı.....	54
4.4. Ateşli silahın çalışma prensibi.....	55
4.5. NATO Mermisine ait hafif silah fişeğin yapısı.....	56
4.6. Mermi tasarım ara yüzü.....	58
4.7.Tipik mermi gösterimi.....	59
4.8. Basınç Mermi hareketi eğrisine etki eden parametreler.....	60
5.1. Test yapılan NATO mermisinin atış düzeneği	62
5.2. Test mermisi atış düzeneği.....	63
5.3. Test mermisi atış poligonu.....	64
5.4. NATO mermisinin görüntüsü.....	65
5.5. NATO mermisinin sıfırlama hedef görüntüsü.....	68
5.6. Bir Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	70
5.7. İki Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	71
5.8. Üç Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	72
5.9. Dört Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	74

5.10. Beş Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	75
5.11. Bir Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	78
5.12. İki Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	79
5.13. Üç Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	80
5.14. Dört Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	81
5.15. Beş Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu.....	82
5.16. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği.....	83
5.17. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği.....	84
5.18. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği.....	85
5.19. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği.....	85
5.20. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği.....	86
5.21. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği.....	87
5.22. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği.....	88
5.23. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği.....	88
5.24. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği.....	89
5.25. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği.....	90
5.26. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği.....	91
5.27. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği.....	91
5.28. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği.....	92
5.29. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği.....	93
5.30. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği.....	94
5.31. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği.....	94
5.32. Hedefe yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi.....	95
5.33. 2.65 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler.....	97
5.34. 2.70 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler.....	99
5.35. 2.75 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler.....	101
5.36. 2.80 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler.....	103
5.37. 2.65 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler.....	105
5.38. 2.70 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler.....	107
5.39. 2.75 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler.....	109
5.40. 2.80 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler.....	111

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelgeler	Sayfa
2.1. Barutun yanması sonucunda açığa çıkan enerjinin dağılımı.....	10
2.2. Sevk barutu kimyasal bileşikleri.....	19
3.1. Vallier-Heydenreich faktör katsayıları	43
3.2. Balistik koruyucular için kullanılan uluslararası standartlar.....	44
3.3. NIJ-STD-0101,04 standardında belirtilen balistik koruyucular için koruma seviyeleri.....	46
5.1. Barut miktarına bağlı atış değişkenleri	68
5.2. Küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	69
5.3. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	69
5.4. Bir numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	70
5.5. İki numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	71
5.6. Üç numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	72
5.7. Dört numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	73
5.8. Beş numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	74
5.9. Silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	76
5.10. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	77
5.11. Bir numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	77
5.12. İki numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	79
5.13. Üç numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	80
5.14. Dört numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	81
5.15. Beş numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	82
5.16. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	83
5.17. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	84
5.18. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerler.....	86

5.19.	Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	87
5.20.	Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	89
5.21.	Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	90
5.22.	Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	92
5.23.	Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	93
5.24.	Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri	96
5.25.	Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	98
5.26.	Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	99
5.27.	Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri.....	102
5.28.	Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri	104
5.29.	Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri	106
5.30.	Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	108
5.31.	Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri.....	110

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

NATO	Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
EGM	Emniyet Genel Müdürlüğü
TSK	Türk Silahlı Kuvvetleri
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
CDFC	Atış mesafesinin merkeze mesafesi
mm	Milimetre
cm	Santimetre
μm	Mikrometre
gr	Gram
m/s	Hız
P	Yoğunluk (g/cm^3)
V	Hacim
T	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
V_0	Merminin İlk Hızı (m/s)
t	Zaman (s)
F	Kuvvet
$^{\circ}\text{C}$	Celsius derecesi
$^{\circ}\text{F}$	Fahrenhaeit derecesi
GPa	Giga Pascal (Basınç)
MPa	Mega Pascal (Basınç)
Inc	İngiliz uzunluk ölçü birimi

J	Joule
N	Newton (kuvvet)
t_0	Başlangıç Zamanı
p_0	İlk Basınç
p_{ort}	Ortalama Basınç
η	Kritik değer
L	Uzunluk
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon Dioksit
H ₂ O	Su
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
K ₂ CO ₃	Potasyum Karbonat
K ₂ SO ₄	Potasyum Sülfat
Ort.	Ortalama
dB	Desibel

1.GİRİŞ

Gelişen dünyada son yıllarda yaşanan teknolojik kazanımlar ve gelişmeler, internet, otomasyon ve imalat sanayi içerisinde bulunan imalat sistemlerindeki değişimler baş döndürücü bir hız ile ilerlemektedir. Bu değişim ve de ilerlemeler sonucu ülkemizin diğer ülkelere savunma sanayisinde olan bağımlılığı önemli ölçüde azalmıştır. Su, buhar, elektrik kuvvetlerinin kullanılması ile beraber başlayan teknolojik gelişmeler, son zamanlarda siber fiziksel sistemlere dayalı üretim yapılması aşamasına gelmiştir. Günümüz sanayi devrimi içerisinde yaşanan internet kullanımı, otomasyon ve imalat yöntemlerindeki değişimlere paralel olarak yapay zekâ teknolojileri de hızla ilerlemektedir. Bu teknolojik gelişmeler, son zamanlarda siber fiziksel sistemlere dayalı üretim yapılması aşamasına gelmiştir Makine, inşaat, sağlık, ulaşım gibi sektörlerin yanında, savunma sanayi sektörü de bu teknolojiden çok fazla oranda pay almaktadır. Akıllı füze, roket, silah, insansız araçlar, robot askerler ve gelişmiş mühimmat-patlayıcılar savunma alanının konuları arasındadır [1].

Günümüz mühendislik faaliyetlerinde ve ayrıca savunma sanayisinde ülkelerin kendi sahip olamadıkları savunma sanayi ürünlerini yurt dışından almayı istemektedirler. Talep ettiklerinde ülke ekonomilerine büyük para kaybına sebep olmakla birlikte dış ülkelere bağımlı kalmanın getirmiş olduğu siyasi yaptırımlar ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu nedenlerden dolayı gelişen teknolojiler konularında araştırmacılara büyük görevler düşmektedir [2].

Ülke savunma hizmetleri, günümüz çağdaş devlet yapısında devletin temel ve asli fonksiyonu olarak kabul edilmesi öngörülmektedir. Devletlerin varlığının bir göstergesi olarak ilk örgütlenen hizmetlerden birisi olan ülkenin savunma hizmetleri alanlarında yapılan çalışmalar olmuştur. Ülkelerin savunma sanayi konularında yapmış oldukları çalışmaları, ülke kalkınmalarının devamlılığı ve ülkelerin kaynaklarının yerinde kullanımının ülke güvenliğine olan etkileri ile ön plandadır. Gelişen teknoloji ile birlikte silah sistemlerinde de olumlu yönde büyük değişimler olmaktadır [1].

Savunma sanayi, gelişen teknolojiden çok fazla etkilenmekte ve akıllı füze, roket, silah, insansız araçlar, robot askerler, gelişmiş mühimmat-patlayıcılar gibi alanlarda, ülkeler arası rekabete dönüşmektedir. Savunma sanayi teknolojik gelişmelerin odağına yerleşmiş duruma gelmektedir. Teknolojik olarak sürekli gelişen savunma sanayisi, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ihtiyaçlarının karşılanması yanı sıra, yurtdışı pazarda da giderek artan avantajlı yönleriyle diğer ülkelerin dikkatlerini üzerine çekmektedir. Gayri safi milli hâsıla içerisinde ülkemizin % 3,9 olan yıllık savunma için olan gider payının % 1,3'lere kadar gerilemiş olması ve devletimizin eğitim alanı başta olmak üzere farklı alanlarda daha fazla yatırım yapmasına olanak sağlamaktadır [1].

Son yıllarda tasarımı orijinal olan ve mühendislik faaliyetlerinde sahip olunan ürünleri artırma çabasına girilmiş, milli projeler devreye sokulmuş, bilgi paketlerinin ülkemize ait olması için çalışmalar başlatılmıştır. Özellikle günümüzde tasarım, analiz, malzeme ve imalat bilgileri ile gerekli alt yapıya sahip olunması sonucunda özgün ürünler ortaya çıkacak, mühendislik faaliyetlerinde ve savunma sanayine esas katkı o zaman yapılabilmektedir. Diğer ülkelerden satın aldığımız her silah ve türevleri ülke ekonomisine çok büyük yük getirmeye sebep olmaktadır. Bununla birlikte ülkemizi dışa bağımlı kalmasının getirmiş olduğu siyasi sorunlar ile karşı karşıya getirebilmektedir [3].

Dünyadaki ekonomik ve finansal bütçe kesintileri ve önemli tasarruflar nedeni ile askeri güçler savunma sanayi maliyetlerini azaltma zorunluluğu hissetmişlerdir. Bu sebeplerden dolayı silah mühimmatlarının hizmet ömür problemleri konularında daha fazla ilgi kazanmaya başlamıştır. Silah ve mühimmat üretimi yapan özel işletmeler ya da kamu kuruluşları belirli patentler altında çalışmalar yapmaktadır. Silah ve mühimmatın tasarımları lisanslı olacağından askeri alanda gizlilik içermesi ayrıca bu gizlilik neticesiyle konu çalışmaları sınırlı kalmaktadır [4].

Savunma sanayisi konularında faaliyet göstermekte olan firmalarımızın, günümüzde yurt içi artan ürün geliştirme projeleri doğrultusunda gelişen teknoloji kazanlarıyla kendi yol haritalarını hazırlamış oldukları, kendi kaynaklarından gerçekleştirecekleri teknoloji kazanımlarını bu kapsamda ele almış oldukları görülmektedir [2].

Savunma sanayi sektörlerinde yatırımlar 2010'da 666 Milyon Dolara erişmiştir. Bu büyüklüğün etkin olarak kullanılması maksadıyla teknoloji kazanımı yol haritası oluşturulmuştur. Amacına uygun kullanılan silahların farklı amaçlara göre birçok tanımı olduğu gibi, bazı yasalarda kastedilen anlamlar da değişiklik gösterebilmektedir. Mesela insanların çoğunluğunda silah kelimesi; sadece ateşli silahların kastedildiği yolunda yaygın bir değerlendirmenin olduğu söz konusudur. Hatta ateşli silahlar ile birlikte, daha birçok alet ve gerecin de silah kapsamında olduğu bilinmektedir. Ancak tüm silah yapıların ve sistemlerin ana yapısı incelendiğinde, silahların tasarımı ve balistik incelenmesi konuların hep gündemde olduğu görülmektedir. Silah tasarımı ve balistik kavramı birbirinden ayrılamayan ve birbirini tamamlayan iki ana çalışma alanıdır [2].

Balistik konusunun çok özel olması ve bu konu ilgili çalışma yapanların sayısı her geçen gün artması ülkemizce bizi sevindiren haberlerin başında gelmektedir. Ülkemiz savunma politikası olarak son yıllarda silahlı kuvvetlerimizin ihtiyacı olan silah ve mühimmatın projelerini yerli ve milli projelerle hazırlanıp üretme çabası üzerinde önemle durulan konuların başında gelmektedir [5].

Balistik üzerine çalışmalar 14. yüzyıla kadar karmaşık değildi. Fırlatma düzenekleri; kas gücü, sapan veya elastiki kuvvetlerden enerji sağlayan mancınık ve yaylardan oluşuyordu. 1346 yılında İngilizler Fransızlara karşı silah sistemiyle fırlatılan mermiler kullanmaya başlayınca, iç balistik çalışmaların temellerini atmış oldular. O zamanlarda dökme demir ve bronzdan yapılan top tasarımları, yüksek kalitede yivli-setli çelik malzemelere kadar ilerleyerek gelmektedir. Bu gelişme ile beraber, daha büyük mermileri hızları arttırılarak atmayı ve çeşitli tahrik sistemleri kullanarak daha uzun mesafelere ulaşma fikrini ortaya çıkardı. Mermilerin yüksek hızlara çıkması bugün muhteşem bir kuvvet gerektirir. Kullanılan enerji kaynağı bu kuvvetleri destekleyebilecek, taşınması kolay ve güvenli imal edilecek nitelikte olmalıdır. Çeşitli zamanlarda bu enerji kaynağını sağlamada patlayıcılara alternatif olarak basınçlı hava, elektromanyetik kuvvet, merkezkaç kuvvetleri düşünülmüştür. Lakin şimdiye kadar kimyasal patlayıcılardan sağlanan bu enerji diğer hiçbir alternatiften elde edilememektedir [6].

İç balistik konusunda yapılan çalışma ve deneylerin zor ve pahalı olması matematiksel modellemeleri çok önemli hale getirmektedir. Bir silahın iç balistiğinin yapıldığı sırada geçen toplam süre sadece milisaniyeler sürmektedir. Dahası bu kısa süre sırasında namlu içinde basınç 400 Mega Paskal ve sıcaklık olarak 3000 °K sıcaklığı aşabilmektedir. İç balistik deneyleri sırasında genellikle test namluları kullanılmaktadır [7].

Bir silahın iç balistik hesaplamalarında deneysel metotlar kullanmak doğru sonuçlar bulmada etkilidir. Yapılan deneysel ölçümlerle ve formüllere dayalı tekniklerinin birlikte kullanılarak yapılan hesaplamaların yaklaşık ve de buna benzer sonuçlar bulmaya başlandığında, hesaplama yöntemini kullanmak daha pratik olmaktadır [8].

Savunma sanayi gelişen teknolojiden çok fazla etkilenmekte ve akıllı füze, roket, silah, insansız araçlar, robot askerler, gelişmiş mühimmat-patlayıcılar gibi alanlarda, ülkeler arası rekabete dönüşmektedir. Savunma sanayi, teknolojik gelişmelerin odağına yerleşmiş duruma gelmektedir [1].

Çalışmada silahlarda atılan mermi içerisinde katı barutun yanması ve bu barutun yanması sonucu meydana gelen olaylar ele alınmaktadır. Kullanılan silah namlusu içerisinde denemeleri yapılan barutun yanması ile merminin silah namlusunu terk etmesi arasında geçen olaylar çalışma konusunun kapsamı içerisinde yer almaktadır. NATO mermisi içerisinde farklı barut miktarları dolmuş ve atış sonuçları incelenmektedir. Namlu içerisinde oluşan maksimum basınç ve namlu ağzı hız değerleri ölçülmektedir.

İç balistik uygulamalarında silindirik veya küresel barut tane geometrilerinin kullanımı durumunda ani basınç değişikliklerine neden olabileceğinin dikkate alınması gerektiği tespit edilmektedir. Silahın izin verilen çalışma basınç kıstaslarına bağlı olarak, barut miktar seçiminin yapılması hususu ortaya konulmaktadır. Barut tanesinin iç balistik olayları açısından büyük farklar yaratabildiği tespit edilmektedir. Barut miktarlarının yanma hızını artıran veya azaltan etkilerinin olduğu ortaya konulmaktadır. Barut tanesinin miktarındaki çok düşük değişiklikler büyük basınç değişikliklerine neden olabildiği ortaya konulmaktadır.

Silindirik barut tane geometrilerinde tane miktarları dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiği belirlenmektedir.

İçerisinde bulunan barut miktarının düşük ya da fazla olması durumunda silah namlusu iç basıncının aniden yükselmesine veya azalmasına neden olabildiği ortaya konulmaktadır. Küresel barut tanesinin kullanılması durumunda, aynı çaplardaki silindirik barut tanesine oranla yanma hızının daha yüksek olduğu tespit edilmektedir. Aynı zamanda, küresel barut kullanılarak atışı yapılan merminin çıkış hızlarında da artış olacağı gösterilmektedir. Barut tane geometrisi olarak küresel geometrili barutların seçilmesinin avantajlı olduğu gözlemlenmektedir.

Tez kapsamında, katı barutun kullanılmasıyla klasik tipte namlulu silah sistemlerinin iç balistik olayları incelenmektedir. Bu tez kapsamında esas itibariyle, silah, mermi ve barut gibi bileşenlere ilişkin parametreler temin edildiği şekilde kullanılmıştır. Gelecek dönemde yapılacak çalışmalarda iç balistiğin elde edilen sayısal veriler neticesiyle sonuçların uzun namlulu top barutlarının iç balistiğine dönüştürülmesi ve imkânlar dâhilinde alınan sayısal verilerin doğrulanması planlanmaktadır.

Kinetik enerjili 7,62 mm NATO mermisinin namlu içi hızlarının ve oluşan basıncın ölçümü sonucu elde edilen sayısal değerlere balistik analizör cihazı kullanılarak ulaşılmıştır. Kurulu düzenek ile sabitlenmiş silah namlusu ile atışı yapılan mermi hızlarından ve mermi basıncının sayısal verilerinden bahsedilmektedir. Deneysel çalışma olarak; kullanmakta olduğumuz mermi hızı ölçüm sisteminin farklı miktarlarda barut içeren NATO fişeklerine ait mermilerin hızları belirlenmiş, sonuçlar tablo haline getirilip tabloda sayısal değerler olarak karşılaştırılmıştır.

Bu tezde yapılan çalışmalar bölümler halinde incelenmektedir. Birinci bölümde gelişen teknoloji ile birlikte barut teknolojisinin dünü ve bugünü hakkında bilgiler verilmektedir. Çalışmanın amaçları doğrultusunda 7,62 mm NATO mermisinin iç dinamiğinin hedef doğruluğu etkisinin genel hatları ile bahsedildiği bölümdür. İkinci bölümde barutlar hakkında bilgi verilen bölümdür. Üçüncü bölümde balistik bilimi konusu ele alınmış ve balistik çeşitleri hakkında bilgiler verilmektedir. Dördüncü bölüm silah sistemleri konusu anlatılmaktadır.

Beşinci bölüm çalışmamın materyal ve yöntemleri ele alınmış, namlulu silah sistemlerinde kullanılan barut çeşidi ve barut miktarının iç balistik olayları incelenmektedir.

İç balistik uygulamalarında silindirik veya küresel barut tane geometrilerinin kullanımı durumunda silah namlusu içinde basınç değişikliklerine neden olabileceğinin dikkate alınması gerektiği tespit edilmektedir. Altıncı bölümde barut tane geometrisi olarak küresel geometrili barutların seçilmesinin; 7,62 mm NATO mermisinin iç dinamiğinin hedef doğruluğuna etkisinde avantajlı olduğu gözlemlenmektedir.



2.BARUT

Barut, ateşli silah sistemlerinde çeşitli ateşleme araçları ile tutuşturulması durumunda meydana gelen gazların oluşacak olan itme kuvvetiyle merminin namludan atılmasını ya da herhangi bir aracın bulunduğu yerden daha uzağa, istediğimiz başka bir yere ulaşmasını sağlayan yanıcı yüksek enerjili katı maddelerin genel adıdır [9].

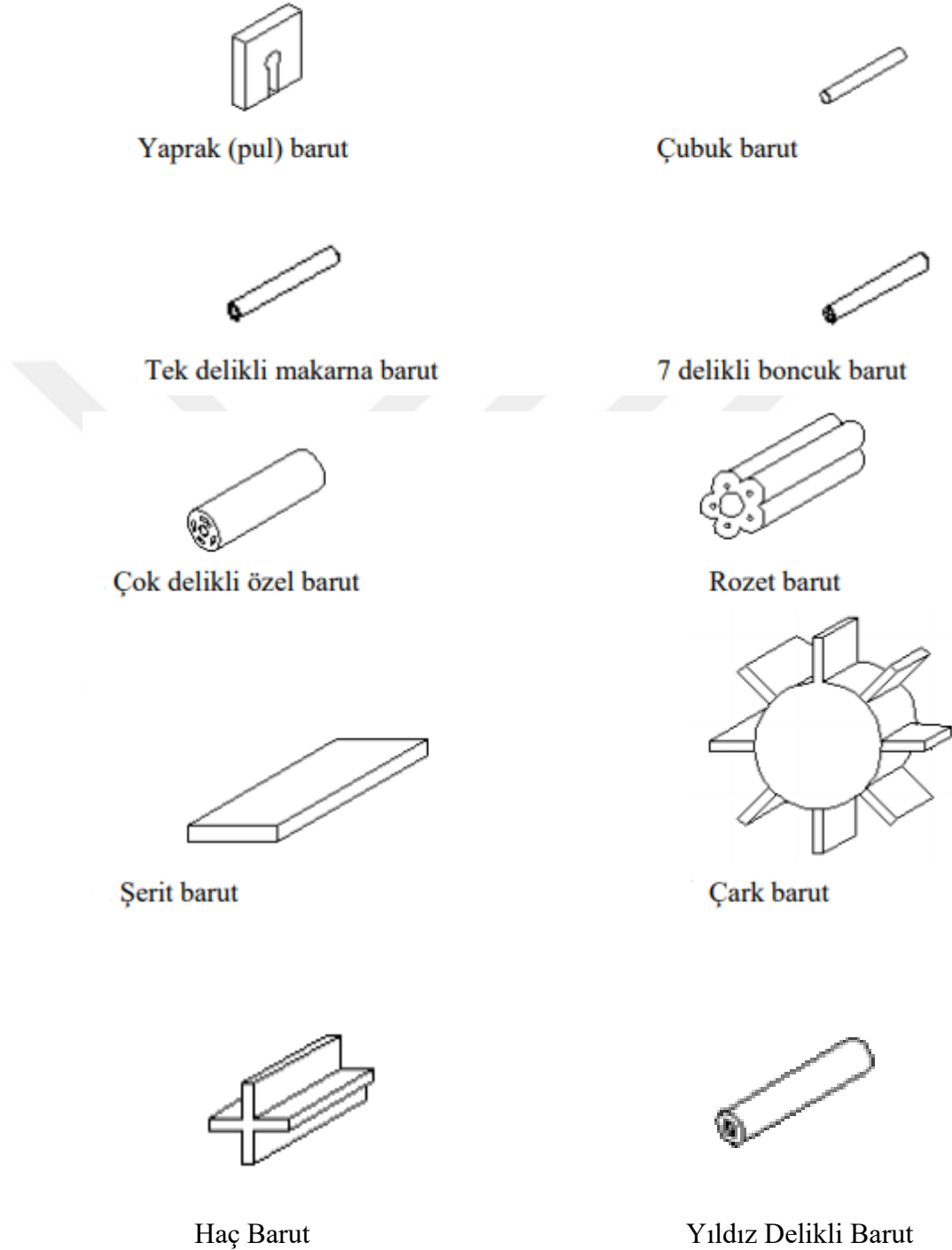
Barutun imal edilmesi ile ateşin gücü ve tesiri çok sayıda kitleleri etkileyecek bir güce kavuşmuştur. Barutun silahlarda kullanımı bireysel hayatı etkilemesinin yanında savaş alanlarında kullanılması ile birlikte teknolojiyi takip edemeyen devletlerin yıkılmasına sebep olmaktadır [10].

Barut, çok çabuk alev alabilen, yanıcı, sıkışık ortamda yanma olduğunda ise patlayıcı olan katı bir maddedir. Barut istediğimiz kuruluk oranından ne kadar fazla kuru ise o nispette çabuk yanar. Bulduğu depoda nem alan barutun yanma hızı daha ağırdır. Barutun çeşidi, barut tanelerinin şekli ve ebadı değiştikçe tutuşma ve yanma oranı da o nispette değişir [3].

Silahın ateşlenmesi için kullanılan barut, birkaç kimyasal maddenin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Kömür, potasyum nitrat ve kükürt üçlüsünün birleşmesiyle oluşan patlayıcıların genel ismine barut denmekte olduğunu bilmekteyiz. Bulunan ortamın dışından müdahale olmaksızın reaksiyona bile girmesi söz konusu olmayan barutun, herhangi bir enerji elde etmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı barutun kullanım alanı ile ilgili olarak patlayıcı araçların imalatında olduğu bilinmektedir [3].

Günümüzün modern silahları sistemlerinde barut olarak dumansız barut olarak bilinen barutlar kullanılmaktadır. Kompozit katı barutlar, yani karışımında nitrat ve oksitleyici olarak perklorat tuzu içerenler korozif etkilerinden dolayı silah sistemlerinde kullanılması doğru olmaz. Muhtelif dumanı olmayan barutların, farklı yanma oranları, fiziksel karakteristikler ve biçimlerde olmaktadır. Dumansız barutun toplam verimi basınç zaman grafiğine göre değerlendirilir. Namlu direnci ile ısı kaybının değişmediği kabul edildiğinde basınç zaman eğrisinin altındaki alan merminin hızı ile orantılıdır [3].

Yaygın olarak kullanıldığı bilinen barut tane geometrileri Şekil 2.1.' de sunulmuştur.



Şekil 2.1. Yaygın kullanılan barut tane geometrileri [1].

İdeal olarak bir dumansız barutun meydana getirmiş olduğu basınç zaman eğrisi, hızla maksimum basınca yükselmeli, barutun tamamı yanıncaya kadar bu basınç değerinde kalmalı, bundan sonrada barut gazlarının adyabatik genişlemesi ile sıfıra inmelidir. Bilinen bütün silah sistemlerinde silah performansını belirleyen hem sabit hem de sabit olmayan faktörler bulunmaktadır. Sabit olarak adlandırılan faktörler silahın kendisine ait faktörlerdir [3].

Sabit olmayan faktörler genellikle patlayıcı (barut), mermi ağırlığı ve mermi ile alakalı olan diğer faktörlerdir. Bunun yanında sabit ve değişken faktörlerin birliktelikleri ile oluşan faktörler de bulunmaktadır. Buna örnek verecek olursak paket haline getirilmiş barut ile mermi faktörleri birliktelikleri yanma odası konfigürasyonu belirlemektedir. Paketlenmiş barut ile mermi, silahın boyut ve sabit yapısal özellikleri ile sınırlandırılmaktadır. Merminin kendisi özgül dış çapı belirlediği gibi, merminin kendi ağırlığındaki değişim, merminin uzunluğun ve kütle değişkenine bağımlı olarak değerlendirilmelidir. Ağırlıkça hafif bir merminin yüksek ilk hızla bulunduğu namluyu terk edeceği hususu bilinen bir konudur. Bunun yanında, özel mermi boyutunun seçimi ile merminin arkasında kalan barutun hacmi sınırlandırılmış olmaktadır [3].

Herhangi bir silah patlayıcı çalışma sistemi, silahın arıza yapmaması ve deforme olmaması için seçilen maksimum çalışma basıncıyla sınırlandırılmaktadır. Doğru barut seçimi, izin verilen maksimum basıncı aşmayacak şekilde istenilen ilk hız (merminin namludan çıkış hızı) elde etmek üzere yapılmaktadır [3].

Gelişen teknoloji ile birlikte mermilerin hızlarının artırılarak ve çeşitli tahrik mekanizmaları kullanılarak daha uzun menzillere ulaşma fikrini gündeme getirmiştir. Mermilerin daha fazla yüksek hızlara çıkması bugün muazzam bir kuvvet gerektirmektedir. Kullanılan enerji kaynaklarının bu yüksek kuvvetleri destekleyecek, taşınması kolay olan ve güvenli olarak imal edilebilecek yapıda olmalıdır [11].

Yüzdeler olarak en fazla orana %42 ile gazların duyarlılığı ve görünmeyen ısı kaybı yer almaktadır. En az yüzdeler dilime sahip olan %1 ile geri tepme parçalarının hareketi ve mermi döngüsüdür. Aşağıda gösterilen Çizelge 2.1.'de barutun yanması sonucunda açığa çıkan enerjinin dağılımı yüzdeler dilimlerle ifade edilmektedir.

Çizelge 2.1. Barutun yanması sonucunda açığa çıkan enerjinin dağılımı [12].

	Toplam %
Mermimin Harekete Geçmesi	32.0
Sevk Çemberi ile Namlu Yüzeyi Arası Sürtünmesi	2.0
Barut Gazları Hareketi	3.0
Topta ve Mermide Isı Kaybı	20.0
Gazların Duyarlılığı ve görünmeyen Isı Kaybına	42.0
Geri Tepme Parçalarının Hareketi ve Mermi Dönüşü	1.0
Toplam	%100

2.1. Barutun Tarihçesi

İlk olarak barutun MÖ binli yılların başlarında Çinliler tarafından bulunup daha da geliştirildiği bilinmektedir. Çin’de barutun bulunması ile birlikte yıllarca eğlence amacıyla havai fişek yapımında kullanıldığı bilinmektedir [13].

Çinliler barutu silah olarak ilk defa 904 yılında patlayıcı olarak kullanmışlardır. Çinliler savaşların çoğunda ateşten yararlanmışlardır. Ateşli savaş araçlarının geliştirilmesi için çaba harcamışlardır [14].

Ancak ateş ile birlikte artık patlayıcı silahların üretimine geçilmesi gerekiyordu. Güherçile bu amaçla kullanılan beyaz rengi olan ince bir maddedir ve kimyasal ismi de potasyum azotat olarak bilinmektedir. Avrupa’da ise ilk olarak barut 13.yüzyıldan itibaren ateşli silahlarda kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa ve Çin 13. yüzyılda, bir araya gelerek savaşlarda kullanmak için topları icat etmişlerdir. Savaş için yapılan top mermilerinin hızla yerinden fırlatılması amacıyla o zamanlarda barutun gücünden faydalanılmıştır [14].

Çinlilerin imal ettikten sonra günümüze kadar barutun çok çeşidi üretilmiştir. Barutun kimyasal formüllerine 1040’lı yıllarda yazılmış olan askeri bir kitapta rastlanılmıştır. Barutun yapımı konusunda Çinliler bilinen ilk adres olsa da, barutun gelişmesi ve günümüze ulaşmasında birçok ülkenin yardımı olmuştur [14].

İlk olarak mermi atışını yapan kişinin 1313 yılında aslen din adamı olarak bilinen Berthold Anklitzten olduğu bilinmektedir [13]. 1935 yılında Birleşik devletlerinde geliştirilen “Küresel barut” olarak adlandırılan dumansız barutlar, küçük kalibre silahlarda kullanımına uygun olmasıyla bu barutların kullanımını yaygınlaştırmıştır. 1960 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde geliştirilen büyük kalibre silahlarda kullanılan “Yanar kovanlar” ve 1970’lerde Birleşik devletler ve Avrupa’da geliştirilen kovanı olmayan küçük kalibre silahlar, 1980’li yıllardan sonra şarj sistemleri otomatik şarj sistemlerine dönüştürülmesi barut kullanımının gelişerek devam etmesini sağlamıştır [15].

1970’lerden sonra tüm patlayıcı türleri (barutlar, roket yakıtları ve diğer patlayıcılar) için uygulama özellikleri aynı ve dış etkilere karşı (şok, darbe, sıcaklık vb.) maksimum duyarsızlık gösteren ürünler, “duyarsız mühimmatlar” geliştirilmeye başlanmıştır. Yine aynı dönemlerde daha çevreye uyumlu ve geri dönüşümü özellikleri sağlayan yeni ürünlerin geliştirilmesine başlanmıştır. Roketler ve füze sistemlerinde “sıvı yakıtların kullanımı” 20.yy.’in başlarındaki Goddard ve Siolkowski denemelerinden sonra önem kazanmıştır. Bu çalışmalar 1945’ten sonra ABD’de ve SSCB’de daha büyük bir ölçekte devam etmiştir. Ancak sıvı yakıtların kullanımı birkaç askeri uygulama ile sınırlı kalmıştır. Daha sonraki yıllarda sıvı yakıtların silah sistemlerinde kullanımını üzerinde çalışmalar devam etmiştir [15].

2.2. Barutun Kullanım Alanları

Savaş için kullanılan aletlerin itirme gücü yardımıyla fırlatılmasına yarayan barutun günümüzde çok kullanım alanı vardır. Savaş içerisinde olan ülkeler tarafından yaygın olarak kullanılan barutun, silah kullanımında patlayıcı özelliğinden değil de, itirme gücünden faydalanılmaktadır. Savaşın toplar tarihte ve günümüzde itirme gücüne ihtiyaç duyulan savaş malzemeleri için çoğunlukla barut kullanılmaktadır [15].

En eski bilinen barut içeriği, bir çalışmada Çin’de yapılmış 800’lü yıllardan kaldığı sanılan formüldür. Çinliler savaşlarda kullanmak için zaman kaybetmemişler ve ateşli silahları bulmadan önce alev makinesi, bomba, mayın da dâhil olmak üzere birkaç barutlu silah imal etmişlerdir [16].

2.3. Barutların Sınıflandırılması

Barutlar kimyasal-fiziksel özelliklerine katı - sıvı barutlar olarak ikiye ayrılırlar. Katı Barutlar temel kimyasal içeriklerine göre gruplara ayrılabilir. Değişik tipteki silahların isteklerini karşılamak maksadı ile sevk barutları çeşitli şekil ve biçimde imal edilmektedir [5].

Büyük çaplı silahlarda boyları sevk barutu kesesi boyutunda olan daire kesitli çubuk barutlar kullanılmaktadır. Hafif silahlarda ise kullanılan sevk barutları daha ziyade tane şeklindedir. Bu nedenle hafif silah boyutlarında olan barutlara tane barutlar da denir. Yaprak ya da pul biçimli barutlar çoğunlukla havanlarda kullanılır. Silah çapları büyüdükçe barut tanelerinin boyutları da büyür. En küçük boyutlu taneler haliyle hafif silah barutlarıdır. Elde edilen grafiksel şekillerden elde edilen veriler kullanılarak silah modeli ile namlu tasarlanırken istenen ve en uygun balistik parametre değerleri bulunabilmektedir [5].

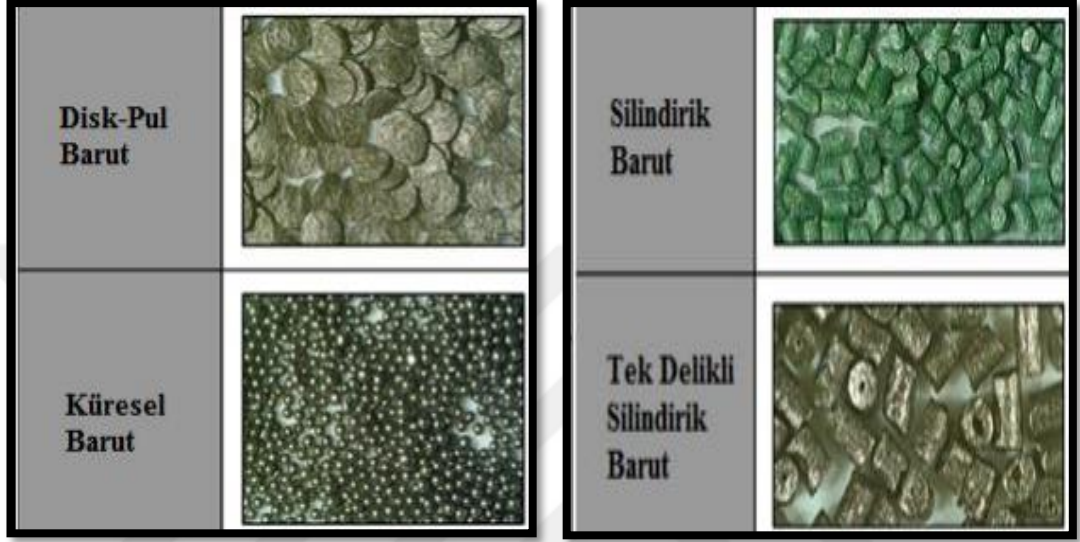
Basınç, sıcaklık ve mermi hızı değerleri namlu tasarımında silah sisteminde arzu edilen performansın alınabilmesi bakımından en önemli balistik parametrelerdir. Silah namlusu çıkışında istenen mermi hızına ulaşılabilmesi için belirli değerlerde basınca ihtiyaç bulunmaktadır. Ama oluşan basınç değerlerinin belirlenmesi keyfi olmamakla beraber namlu mukavemeti ve malzeme dayanımı ile sınırlı olacaktır [5].

Silahta oluşacak sıcaklık değerleri ise namlunun atım ömrünü etkileyen ve kendi kendine ateşlenme gibi olumsuzluklara neden olması bakımından son derece önemli parametredir. Silahımızın mermisinin hızı ise silahın hedefi vurması ve belli bir enerjinin hedefe aktararak zarar verilmesi bakımından silahın nihai hedefidir. Bu nedenlerle namludaki bu üç parametrenin dikkatle ve doğru şekilde hesaplanması büyük önem taşımaktadır. Elde edilen verilerle geliştirilen modelden elde edilen sonuçların deneysel verilerle kıyaslandığında tam değere yakın bir doğrulukta oldukları görülmektedir [5].

Silah modeli ile namlusu tasarlanırken mermi atış testi yapılma ihtiyacı büyük oranda azaltılmakta ve maliyetler istenen seviyelere düşürülmektedir [5].

2.3.1. Katı Barutlar

Katı barutlar, silah – roket sistemlerinde ve gaz jeneratörlerinde kullanılmaktadır [8]. Şekil 2.2.'de katı barutların geometrik şekilleri gözlemlenmektedir. Konumuzla alakalı olarak küresel ve silindirik barut şekilleri resim üzerinde ifade edilmektedir.



Şekil 2.2. Katı barut şekilleri [17].

2.3.2. Sıvı Barutlar

Sıvı barutlar yakıt ve oksitleyici bir madde veya karışımdan oluşur. Katı yakıtlarda yanacak katı yanma odasında bulunurken, sıvı yakıtlar stok tankından yanma odasına enjekte edilir. Sıvı yakıtlar, roket sistemlerinde ve silahlarda ilk defa kullanılırken tek bir malzemedenden veya basit karışımlardan oluşurken günümüzde kullanılan yakıtların yanma aşamalarını düzenleyen farklı katkı maddelerinin ilavesiyle daha karmaşık kompozisyonlarda bulunmaktadır [8].

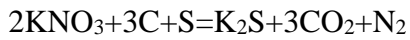
2.4. Kara Barut

Barut; odun kömürü, kükürt ve potasyum nitratın karışımıdır. Kükürt kullanmadan yalnız potasyum nitratın ve odun kömürünün kullanılmasıyla kara barut yapılırsa da, yapılmış olan barut içerisinde kükürt olan kara barut gibi güçlü olmamaktadır [18].

Çok eskiden beri barut tipi olarak bilinmekte olan kara barutun askeri alanda kullanımında oksitleyici olarak daha çok potasyum nitrat kullanılmaktadır. Kara barut 300 °C'nin üzerindeki derecelerde aniden yanmaya başlar ve yüksek sıcaklık meydana getirir. Kara barut genellikle küçük, küre biçimine yakın biçimde taneler halinde olup, taneler grafit ile cilalanmıştır [19].

Bir barutun bileşiminde %15 odun kömürü, %75 potasyum nitrat ve %10 kükürttten ibaret fiziksel karışımdır. Kara barut çok kolay tutuşan bir maddedir. Açık alev, kapsül alevi veya elektrik kıvılcımı tutuşması için yeterlidir. Kara barut yanma sırasında kendi hacminin 300 katı kadar gaz ürün verir, tutuşma sıcaklığı 457 °C'dir. Oluşan karışımdaki potasyum nitrat, kömür ile kükürttün yanmasında gerekli olan oksijeni verecektir; bununla birlikte kükürt de, barutun kolay bir şekilde tutuşabilmesini sağlar ve barut yakılınca çok miktarda gaz açığa çıkartır. Barutumuzu meydana getiren maddelerden kömürün yanması ile karbon dioksit (CO₂), kükürttün yanması ile de, kükürt dioksit (SO₂) gazları meydana gelir. Bunlar sonucunda geriye, potasyum karbonat, potasyum sülfat, potasyum sülfür kalır, bunların gazları yüksek basınç oluşturur. Oluşan basınç, ateşli silahlarda merminin atılan silahtan ileriye doğru fırlatılmasını sağlamaktadır [18].

Kuru olarak muhafaza edildiği sürece özelliğini uzun süre muhafaza eder. Sürtünme ve kıvılcım ile ateşlenebildiği için elden geçirilmede en tehlikeli patlayıcı ya da yanıcı bir maddedir. Kara barutun tam yanma denklemi aşağıdaki gibidir [19].



Hartwing' in çalışmalarında; 18.yy.'da dumansız barut icat edilmeden önce ateşli silahların fişeklerinde kara barutun kullanıldığı bilinmektedir [20].

Kara barutun kullanıldığı silahlar, genellikle namlu ağzından barutun doldurulup namlunun silaha yakın kısmında kurşun bir küre ile tıkaç yardımı ile muamele edilir ve sonrasında barut ve kurşun elimizdeki harbi yardımı ile istenilen düzeyde sıkıştırılırdı [20].

Kara barutun aşağıdaki sıralanan özellikleri nedeniyle sevk barutu olarak kullanılması uygun bulunmamıştır [19].

- a) K_2CO_3 ve K_2SO_4 silah namlusunda birikir bu nedenle her atımdan sonra namlunun temizlenmesi gerekmektedir.
- b) Tepkime sonucu meydana gelen gaz miktarı azdır. Dolayısı ile mermiye ilk hızı kazandıracak enerji yüzdesi çok düşüktür.
- c) Tane büyüklüğü homojen olmadığından yanma hızının kontrolü de zor olacaktır.
- d) Ağız alevi ve duman fazladır.
- e) Yanma hızı düşüktür.
- f) Nem çekicidir dolayısı ile depo ömrü azdır.

Nemli ortamlar olmadığı sürece kara barut oldukça kararlıdır. Kara barut yüzyıllardır kullanılmasına rağmen günümüz koşullarında mermileri daha da hızlandırmak için yeterli bir performansa sahip değildir. Rutubete karşı duyarlıdır. Bundan dolayı günümüzde barutun yerini modern yapılı sevk barutları almıştır [21].

İki veya daha fazla farklı bileşikten oluşan ve ilkel barut olarak da adlandırılan bu barutlar, takriben %15 odun kömürü, %75 potasyum nitrat ve %10 kükürttten oluşan fiziksel karışımdır. Öğütülüp karıştırılıp, baskı ile katı bir kütle haline getirildikten sonra tekrar kırılır elekten geçirilir, grafitle cilalanarak ambalajlanır. Kara barut çok kolay tutuşabilen bir maddedir [22].

Açık alev, kapsül alevi veya elektrik kıvılcımının tutuşması için yeterlidir. Kara barutun yanması sırasında kendi hacminin 300 katı kadar gaz ürün verir. Tutuşma sıcaklığı 457 °C olup, yeteri şiddette bir darbe ile örneğin 5 kg çelik silindirin 1 m mesafeden düşürülmesinde tutuşabilir. Yanma ürünlerinde CO, H₂S gibi zehirli maddeler bulunduğundan yakıldığında ortamın havalandırılması gerekmektedir. Nemli ortamlar olmadığı sürece sonra kara barut oldukça kararlıdır. 12 °C'ye kadar ısıtıldığında bir değişikliğe uğramaz, ancak 70 °C' den itibaren kükürt uçmaya başlayacağından bileşimi değişir. Yoğunluğu 1.72–1.77 g/cm³ tür [22].

Kara barut yüzyıllardır kullanılmasına rağmen günümüz koşullarında mermileri daha da hızlandırmak için yeterli performansa sahip değildirler. Mermi hareketi sırasında düzensizliğe neden olurlar. Fazla duman üretip kalıntı oluştururlar. Rutubete karşı duyarlıdır. Bu sebeplerden dolayı günümüzde barutun yerini modern sevk barutları almıştır. Sevk barutların ortak özelliği yandıkları yeri tahrip etmeden bir kütleye hız verebilmeleridir [22].

Sevk barutlarının tutuşma sıcaklığı 175–200°C arasındadır. Sevk barutları kendi hacminin 800 katına kadar gaz oluşturabilirler. Yandıkları yeri tahrip etmeden bir kütleye hız verebilirler. Stabilitesi çok iyi, nem ve suya karşı dayanıklıdır. 30–40 yıl süre ile bozulmadan muhafaza edilebilirler. Silah sistemlerinin yanma odasında barutunun kimyasal enerjisi ısı enerjisine dönüşür. Isı enerjisi de, oluşan gazlarının basıncının artırması ile kinetik enerjiye dönüşüp, itme kuvvetini meydana getirerek merminin hareketlenmesini sağlar. Bu nedenle sevk barutu iç balistikteki olayları etkileyen en önemli faktördür [22].

İdeal bir sevk barutu: Düşük sıcaklık ve basınçta mermiye maksimum hız sağlayacak şekilde düzenli ve hızlı yanma sağlamalıdır, flaşsız ve dumansız olmalıdır. Zehirli olmamalıdır, silahta aşınma yapmamalıdır. Atmosfer koşullarından ve sıcaklık değişkenliklerinden etkilenmemelidir. Hidroskopik olmamalıdır. Hidroskopi; havadan nem soğurma eğilimidir. Nemden etkilenmeyen bir barut daha uzun süre depolama şartlarına sahiptir. Stabil olmalıdır. Stabilizer; barutun kendinden ateşlenmesini engellemek için kullanılan kimyasal katkılarıdır [22].

2.5. Sevk Barutu

Sevk barutları, bünyelerinde kimyasal enerjiyi saklayan, bir alev veya kıvılcım etkisi ile ve dışardan bir oksitleyiciye lüzum kalmaksızın, gaz ve yüksek ısı meydana getirerek ayrışan (yanan) kimyasal bileşim ya da karışımdır. Sevk barutlarının yanması esnasında dışarıdan bir oksitleyiciye gereksinim duymayışları, lüzumlu oksijeni bünyelerinde bulundurmalarındandır [19].

Bu durum ise sevk barutlarının ısı değerlerinin dışarıdan oksijen alarak yanan bazı yakıtlara nazaran daha düşük olmasına neden olur [19].

Mukayese edebilmek için aşağıda ısıl değerler verilmektedir [19].

- ✓ Kara barut 685 Kilokalori/kg,
- ✓ Benzin 10026 Kilokalori/kg,
- ✓ Nitrogliserin 1478 Kilokalori/kg,
- ✓ Asetilen 12030 Kilokalori/kg.

Genel olarak sevk barutları da patlayıcı maddeler sınıfında olup bunların tepkimeleri düşük hızlarda oluşur. Bu nedenle sevk barutlarının tepkimelerine patlama ya da infilak yerine daha doğru olarak yanma, demek gerekmektedir [19].

Sevk barutlarının (düşük hızlı patlayıcı maddelerin) yanma hızları 0.01 ~ 1 m/s arasındadır. Yüksek hızlı patlayıcı maddelerin patlama hızları ise 2000 ~ 9000 m/s arasındadır. Hızlar için bu belirlemeler açık havadaki tepkimelere göre yapılmış olmaktadır [19].

Sevk barutlarının yanma zamanları,

- a) Barutun cinsine,
- b) Barut tanelerinin biçim ve boyutlarına,
- c) Barutun nem ve sıcaklığına,
- d) Barutun yandığı yerin durumuna,
- e) Barutu tutuşturan maddelerin alev gücüne bağlı olarak değişmektedir [19].

Aşağıda gösterilen Çizelge 2.2.'de sevk barutunun kimyasal bileşikleri ayrıntılı olarak barutun içerisinde yer alması ya da barutun içinde olmaması olarak işaretlenmektedir.

Sevk barutları kapalı olan yerlerde özel olarak hazırlanan ateşleme düzenleriyle ateşlendiğinde bunlar da yanma olayının yerine patlama biçiminde tepkime gösterebilirler. Sahip olunan sevk barutlarının yanması esnasında biranda meydana gelen barut gazı, genellikle karbon (C) , hidrojen (H), azot (N) kükürt (S) ve oksijenin (O) gibi çeşitli bileşikleri içerisinde barındırır [19].

Bu nedenle en çok meydana gelen bileşikler CO₂ ve H₂O dur. Fakat sevk barutlarının yanma basınçlarına ve dolayısıyla hızlarına bağlı olarak, yanma ya da patlama biçiminde oluşan tepkimeler sonundaki ürünleri miktar ve adet bakımından farklılık içerebilirler. İçerisinde nitroselüloz içeren barutlar, pamuğun nitrik aside batırılması ile elde edilir. İçerisinde nitroselüloz bulunan barutların ana maddesi nitroselüloz olup bu nedenden dolayı bu barutlara tek fazlı barutlar denir. Barutlar, tek fazlı, çift fazlı, üç fazlı olarak anıldığında ‘faz’ kelimesi ve önündeki sayı (tek, çift, üç) barut içerisinde bulunan ara madde sayısını göstermektedir [19].

Nitroselüloz içerisinde ihtiva eden barutlar su altında da yanabilirler. Nitroselüloz içeren barutların destinasyon hızlarının azaltılması için, aseton ve benzeri eriyiklerde eritilir. Bu olaylar esnasında barutlara istenen şekil ve biçimler verilebilir. Barutun alevini azaltıcı olarak bazı tuzlar barutun yanması esnasında hızını düşürmek için, bunun yanında barutun depolama ömrünü arttırmak için difenilamin barutun terkinde bulunan maddelerdir [19].

En iyi sevk barutunu bulmak amacı ile insanlar yaklaşık 1200 yılından bu zamana kadar çaba harcamaktadırlar. İlk zamanlarda savaş alanlarından ziyade gürültü çıkarmak maksadı ile kullanılmaktadır. Isı enerjisi, oluşan gazın basıncının da artırması ile hareket enerjisine dönüşüp, itme kuvvetini oluşturarak merminin hareketlenmesini sağlar. Bu nedenle sevk barutu iç balistikteki olaylarını etkileyen en önemli faktördür [19].

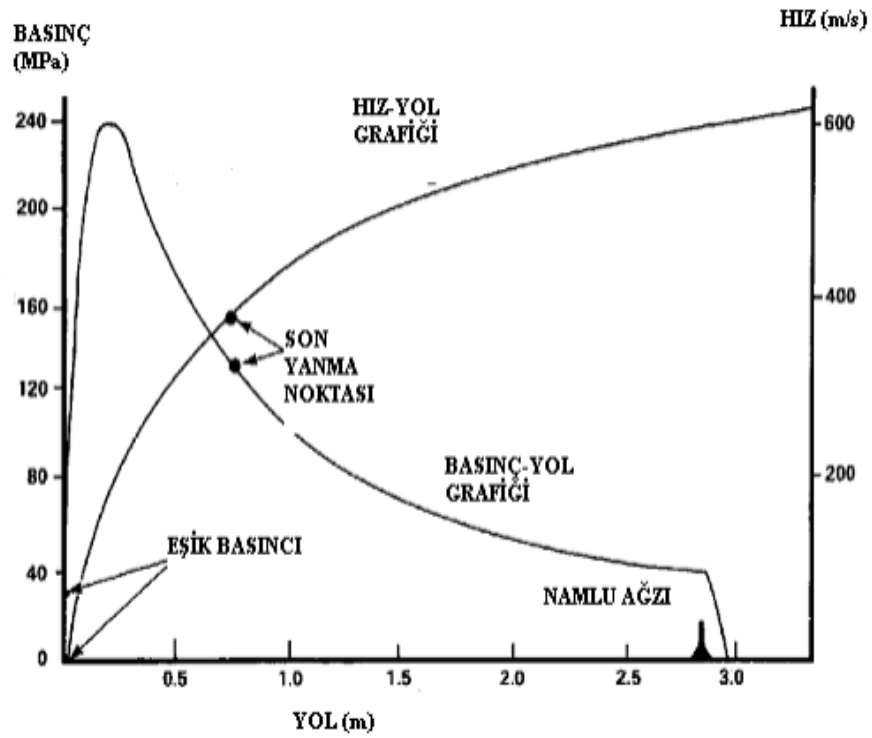
Dumansız barutlar çoğunlukla dengeleyici olarak difenilamin içerir. Barutun içerisinde bulunan difenilamin bir nitrat temizleyicisi olarak görevini yerine getirir ve sırası ile karmaşık olarak barut nitratlanır. Çok sayıdaki nitrat difenilaminler, barutların örneklerini karakterize etmeye hizmet etmiş olabilir, fakat bu gibi türevler sadece barut üretimini değil, aynı zamanda depolanmanın kariyerini ve barutun üretimden sonra termal tarihini yansıtır. Difenilamin türevleri, ince tabaka kromatografisi ve sıvı kromatografi yoluyla izole edilebileceği bilinir ve ayrıca bu şekilde tanımlanabilmektedir [24].

Çizelge 2.2 Sevk barutu kimyasal bileşikleri [23].

Malzeme \ Amaç	Hidros. Azaltıcı	Strabilizer	Plastiser	Geciktirici	Alev Sıcaklığı Azaltıcı	Flash Azaltıcı	Namlu Erozyon Azaltıcı	Elektriksel İletken Azaltıcı	Yanma Hızı Kontrolü	Oksijen Kaynağı	Nem Önleyici Kaplama
Nitrogliserin	X		X							X	
Nitroguadin					X	X	X				
Dinitrotoluen	X		X	X			X		X		X
Metalsentralit			X	X			X		X		
Etilsentralit	X	X	X	X	X	X	X		X		X
Difenilamin											
Dibutiloftalat	X	X	X	X	X	X	X		X		
Dietilfatalat						X	X		X		
Baryumnitrat						X					
Potasyumnitrat						X					
Potasyumperclorat						X			X	X	
Potasyumsülfat						X					
Grafit								X			

Sevk barutu, topçu silâhlarında çeşitli tip ve miktarda (kovanı olan hartuç veya keseli hartuç şeklinde) bez torbalar veya pirinç kovan içinde serbest olarak bulundurulur. Hartuç halindeki sevk barutları, özellikle dağ veya obüs toplarında, istenilen mermi yolunu elde edebilecek şekilde atış yapılacak mesafeye ve silâhın özel atış cetveline göre düzenlenmektedir [19].

Şekil 2.1.'de namlu içinde gaz basıncı ve hızın değişimi basınç-yol grafiğinde gösterimi yapılmıştır. Eşik basıncının basınç-yol grafiğinin neresinde gözlemlendiği, son yanma noktasının nerede olduğu gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Namlu içinde gaz basıncı ve hızın değişimi grafiği [25].

Sevk barutları, daha çok yanıcı niteliği olan bir patlayıcı maddedir. Meydana getirdiği büyük basınç dolayısıyla içinde yandığı boşlukla ters orantılı olarak etkisini gösterir; yani, barut ne kadar küçük boşlukta yanarsa o kadar büyük basınç sağlar. Sevk barutunun yanmasıyla meydana gelen gazlar, namlu içindeki direnci yenebilecek kadar basıncı sağladığı zaman, mermi ileri harekete geçerek namludan çıkmaktadır [19].

Mermi ateşlendiği zaman üzerindeki sevk çemberi, barut gazının yarattığı büyük basınç etkisi ile namlu iç yüzünde bulunan çelik setler tarafından kesilerek eksenî çevresinde dönmeğe başlar ve ileri harekete geçerek namludan çıkmaktadır. Merminin, namlu içinde sevk çemberi yardımıyla aldığı bu dönüş, hava direncini kolaylıkla yenerek takla atmadan hedefine kadar gitmesini ve tapası üzerine vurmasını sağlamaktadır [19].

2.6. Silindirik Barut Üretimi

Silindirik barut istenilen hız ve basınç toleranslarında kontrolleri yapılmakta ve hız-basınç toleransı yanı sıra balistik testleri de takip edilmektedir. İstenilen barutun elde edilmesi için devamlı olarak çalışmalar yapılmış ve hatalar en aza indirgenmektedir. Gerekli görülen hallerde numune kontrolü yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmektedir [14].

Şartların daha iyi değerlendirilmesi ve barut üretiminin yerinde görülmesi için zaman zaman dış ülkelere iş gezileri düzenlenmiş, ilgili personel o ülkedeki üretimi ve üretim aşamalarını yerinde görmüş, kendi çalışmaları ile kıyaslama olanağı bulmuştur. Tavsiye kararlarına uyulmuş ve sonraki imalata daha iyi neticeler alındığı gözlemlenmektedir [14].

Barut içerisindeki oranlar önce kullanılan miktarlar ile kıyaslanmıştır, yüzdeler oranlar güncellenmektedir. Hesaplamalar ve kalori değerleri arasındaki fark yeniden hesaplanmaktadır. Kullanılan barut kaplama malzemeleri miktarları değerlendirilmektedir. Barutun birim zamanda yanma hızı kontrol edilip, namlu içi basınç ve mermi hızı dağılımı namlu çaplarında çok sayıda ateş testi yapılarak parametreler ölçülmektedir. Elde edilen veriler kıyaslanarak sonuçların doğruluk oranları kontrol edilmektedir [14].

2.7. Küresel Barut Üretimi:

2008 yılında Küresel barut tesisinin kurulması ile birlikte 7.62 NATO mermisinin barutu burada üretilmeye başlanmıştır. Tesisi İspanyol firması kurmuş ve devreye almıştır. Küresel barut üretimi genellikle küçük ve orta kalibreli silah sistemleri için yapılmaktadır [14].

Üretimin büyük bölümü sulu ortamda gerçekleştiği için Silindirik barut üretimine göre daha güvenlidir. Amerikan ordusunun yaptığı araştırmaya göre bu barutta daha temiz bir yanma gerçekleştiği görülmektedir. Küresel barut sistemiyle üretilen barutun yanmasının kontrollü olması ve düşük alev sıcaklığı ile yanma olacağı için kullanılan namlu ömrü daha uzun olmaktadır [14].

Küresel barut imalat yöntemi daha güvenli ve daha emniyetlidir. Üretimin çoğu aşaması su içerisinde ve ıslak bir ortamda olacağından patlama riski yoktur. Küresel barut üretim aşamaları daha az maliyetlidir. İşçilik maliyetleri silindirik barut üretim sistemine göre daha ekonomiktir. Üretimin çoğu aşamasında otomasyon sistemi vardır ve transfer olacak imalat pompalar yardımıyla olmaktadır. Bu nedenle işçilik maliyeti azalmaktadır [14].

3.BALİSTİK BİLİMİ

Balistik sözcüğü Fransızca balistique sözcüğünden gelmektedir. Genel anlamıyla silah yardımıyla atılmış olan merminin hareketini inceleyen bir bilim dalıdır. Merminin atış yapılan silahın içerisindeki ve silahın dışındaki hareketini, merminin hedefin üzerindeki etkisini araştıran bilim dalıdır. Balistik bilimi barutun kullanımı ile başlamaktadır[26].

Dünya yüzeyinden uzaya fırlatılan cisimlerin, özellikle de atılan mermilerin gerek silah içi gerekse silah dışı hareketleri ve doğrultulan hedefteki etkilerini araştırıp sonuca gidilmesinde balistik konuları önem arz etmektedir [27].

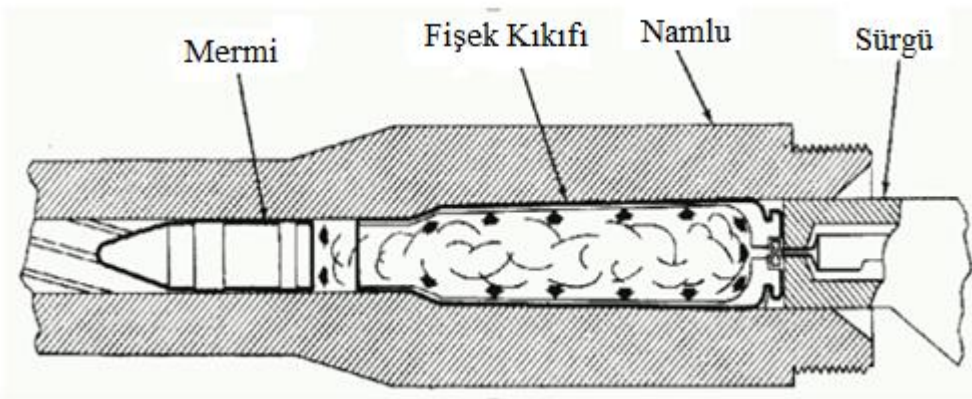
20. yüzyılda matematiksel denklemlerin balistik biliminde kullanılması, fırlatılan cisimlerin uçuşları ile alakalı bütün aerodinamik kuvvet etkilerinin tanımlanmasında yardımcı olmaktadır. Uçuş ile ilgili testlerde, ateşleme testlerinde ve de ayrıca laboratuvarlarda yapılan teorik çalışmalarındaki bulgular zaman zaman doğrulanmaktadır [28].

1742’de Benjamin Robins balistik sarkacı icat etmiş ve bu sarkaç ile silahların namlu ağzı çıkış hızlarını tespit etmiştir. “Yeni Atış Tekniği Prensipleri” adlı kitabında iç balistiğin temel problemlerini incelemiş ve basınç değerleri için namlu çıkış hızlarını hesaplamıştır. 1792’de Amerikalı Count Rumfort ilk defa deneysel olarak barut gazının basıncını ölçmüştür. Deney sonuçlarından gaz basıncı ile gaz yoğunluğu arasında ilişki olduğunu tespit etmiştir. Rumfort’un basınç, yoğunluk ilişkisi ve barut tam olarak yandıktan sonra merminin harekete geçeceği kabul edilerek yapılan 18. yüzyıl sonundaki çalışmalarında basınç değişimi ile atış mesafesinin değişimi hesaplanmıştır. Basınç, mühimmat uçuş yörüngesinin hesaplanması sonucundan namlu ağzı çıkış hızı hesaplanarak deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmaktadır [29].

Günümüzde balistik mühimmatın namlu içindeki hareketini (iç balistik), namlu dışındaki hareketini (dış balistik) ve hedef (terminal) üzerindeki etkisini incelemek üzere 3 gruba ayrılmış bir bilim dalıdır [30].

Silahlarda ateşlemenin başlamasından merminin silah mermisini terk edene kadar meydana gelen olayların tümüne iç balistik denir. Temel görevi; mermiye istenen ilk hızı kazandırmaktır. Silahın dışında olan balistik; atılan mermi çekirdeğinin silah namlusunu terk ettikten sonra hedefine varıncaya kadar geçen zaman içinde olan yörünge üzerindeki hareketi ile ilgilidir. Termal balistik; atışı yapılan mermilerin hedefte oluşturduğu etkileri ile ilgilidir. Bu etkiler, zırhlı hedeflerin delinmesi, parça tesiri, yanma-patlama etkisi, hedeflerin aydınlatılması, sis, zehirli gaz ve radyoaktif etkilerdir [30].

Silah sistemlerinde, bir reaksiyon hücresine irtibatlandırılarak mermiye kılavuzluk edecek bir namlu yardımıyla mermi fırlatma işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.1.'de merminin namlu içerisinde hareketinin başlama anı gözlemlenmektedir. Katı barutun hücresinde yanması ile barutta bulunan kimyevi enerji ısı enerjisine çevrilir, bunun sonucunda oluşan sıcak gazlar genişleyerek mermiyi büyük bir hızla namludan sevk etmektedir [14].



Şekil 3.1. Merminin namlu içindeki hareketi [6].

3.1. İç Balistik

Silahlarda ateşlemenin başlamasından, mermi silah namlusunu terk edinceye kadar meydana gelen olaylar iç balistik adı altında incelenmektedir. İç balistiğin temel görevi, mermi namlu ağzını terk edinceye kadar mermiye arzu edilen büyüklükte bir V_0 ilk hızı ile ayrıca arzu edilen büyüklükte bir devir sağlamaktır [19].

Merminin namludan geçişi mekanik olarak gerinim yaratacağından namlu içerisinde kayma meydana gelmektedir. Yükselen sıcaklık ile birlikte meydana gelen basınç oluşumu ile beraber, metal ve kimyasal etkileşim sonucu namlu ısıtmaktadır [6].

Balistiğin bu dalı kapsül, kapsülün ateşlenmesi, barutlar, yanma hızları, yivler, yivlerin sayısı, dönüş dereceleri, fişek yatağı ve namlu boyutları, çekirdeğin hızını incelemektedir [31].

İç balistik ifadesinin kullanılmaya başlanması kara barutun kullanılması zamanı ile başlamaktadır, ancak ilk inceleme tarihi henüz tam olarak tespit edilememiştir. 1346 yılında İngiltere ile Fransa arasındaki savaşta kullanıldığı tahmin edilmektedir [32].

Balistik için en az üç farklı uzman bakış açısı bulunmaktadır.

- 1) Teorikçi,
- 2) Silah tasarımcısı ve mermi tasarımcısı,
- 3) Hedefin vurulması için yörüngeyi tahmin edecek olan pratik uygulayıcıdır.

Kullanıcı için yapılmış olan uygulamalar, balistik koşullardaki değişkenleri göz önüne alarak, kullanılan metotları ve düzeltmeleri daha da geliştirmeyi içermektedir [33]. Silah ateşlenip atılan merminin silah içerisindeki hareketi silahtaki oluşan gazın mermiyle olan etkilenmesine bağlıdır. İlk olarak silah namlusunda basınç gerçekleşir ve namluda sürtünme hareketi başlamış olur. Bununla birlikte yüksek sıcaklıkta oluşan gaz silah namlusunu ısıtırken, silah namlusunda kimyasal bir reaksiyon başlamaktadır [34]. Bakıldığında araba motorlarının çalışma prensibiyle, silahların çalışma şekilleri birbirine benzemektedir. Bu sistemler için aralarında olan tek fark, genişlemiş gazın, pistonlar yerine silahtan atılan mermileri hareket ettirmesidir [31]. Atılan barutun yanması sonucu namlu içi basıncın yükselmesi, merminin olağan hareketi, mermi sevk çemberinin silah atım yatağını kapatması, bununla birlikte silah namlusu içindeki merminin iç dinamikleri sonucu atış gerçekleşmektedir [19].

Askeri orduların kullanmış olduğu silahlarla, şahsi silahların çalıştırılma yöntemleri birbirinden farklı olmaktadır. Orduların kullandığı silahlar, basınç ve sıcaklık açısından daha zor şekilde çalıştırılmaktadır [35].

Silahın ateşleme sırasında kovan içi anlık sıcaklık 3000 santigrat dereceye kadar ulaşır ve atılan mermi çekirdeğinin tabanına inç kare başına 25 ton gibi bir basınç uygulanmaktadır [18]. Bu miktarlar kullanılan barut miktarı ve barut kalitesine göre değişmektedir [35].

Örnek olarak 7,62 milimetrelik bir NATO mermisinde 3 gram barut bulunmaktadır. Bu nedenle barut yanması $3 \times 952 = 2856$ kaloridir. Sonuç olarak 2709 Joule' dir. Enerjinin %30'luk kısmı mermi çekirdeğinin hareketi içindir. Kalan enerjilerin %3'lük kısmı namlu içi sürtünmeye, bir o kadarı da geri tepmeye, %20'lik bir bölümü namlu ve mermi kovanının ısınması için, %40'luk kalan kısmı da gazların ısınmasına harcanmaktadır [18].

Şekil 3.2.'de mermi tipleri gösterilmiştir. Mermilerin uç şekilleri, mermilerin çekirdek şekilleri ve mermilerin ve mermilerin topuk şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Mermi tipleri [11].

Aşağıda gösterilen Şekil 3.3.'te değişik kalibreye sahip mermilerin şekilleri gösterilmiştir. Mermi boylarının uzunlukları ve mermi çaplarının arasındaki farklılıklar ifade edilmektedir.



Şekil 3.3. Değişik kalibreye sahip mermiler [11].

Namlu ağzında oluşacak olan balistiği konusu ile alakalı yapılan deneysel çalışmalarda, “namlu ağız balistiği” (orta veya ara balistik) olarak da adlandırılan diğer bir deyişle iç balistik olarak da bilinen bir daldan bahsedilmektedir. İç balistik; namlu içindeki sevk yakıtının (barutun) yanmaya başlaması ile başlayan ve atılan merminin namluyu terk etmesine kadar geçen zaman içinde meydana gelen olayları incelerken, dış balistik; atılan merminin namluyu terk ettikten sonra hedefe ulaşmaya kadar geçen süre içinde atılan merminin ve mermi yoluna etki eden unsurları incelemektedir. Namlu ağız balistiği ise silah namlusu içerisindeki iç balistikten dış balistiğe geçiş bölümü olup, mermimizin silah namlusunu terk ettiği anda namlu ağzında meydana gelen her türlü olaylar ile ilgilenmektedir [37,38].

Silahımızdan atılan merminin peşinden, merminin namludan çıkan sıcak ve yüksek basınçlı sevk barutu gazlarının sebep olduğu gürültü ile askeri açıdan silah namlusu ağzında istenmeyen alev ve yine bu oluşan gazların, mermi ve mermi yoluna olan tüm etkileri araştırma konuları arasındadır. Bununla birlikte iç balistiğin içerisinde yer alan aynı zamanda geç de olsa kendi başına ayrı bir bilim dalı olarak ele alınmaya başlanmaktadır [37,38].

Merminin kullanmakta olduğumuz silahın ağzından çıkmadan önceki; sevk barutunun meydana getirdiği yükün, merminin ve silahın birbirleri ile olan etkileşimi ile ilgilendir. Daha başka bir ifade yardımı ile sevk barutunun (patlayıcının) ateşleme işlemesi esnasında, o anda kullanılan barutun fişek yatağı iç kısmında yanma meydana gelir. Bu yanma olayını, fişek yatak kısmında (yanma odasında) meydana gelmekte olan basıncı, silahımızdan atılan mermiye ilk hareketin verilmesini kapsar. Bu konu silah namlusu boyunca atılan merminin hızını, silah fişek yatağı ve namlu içerisinde meydana gelen olay veya hasarları, atılan merminin namlu içi dinamiğini ve ateşleme çevrimi esnasındaki meydana gelen namlu dinamiğini kapsamaktadır [38].

Namlu ağzında mermiye istenilen ilk hızı ve yivli setli silahlarda dönme hareketini sağlamak temel amaçlar arasındadır [37]. Silah ateşlemesi ile birlikte sevk barutunun yanması sonucu, kullanılan barutun bünyesinde saklı bulunan kimyasal enerji ısı olarak açığa çıkar ve bu ısı, mermi çekirdeğinin arkasındaki boşluktaki (yanma odasındaki) basıncın artmasına yol açar. Bu ifade de söz konusu basıncın mermi üzerine bir kuvvet uygulaması ile atılan merminin istenilen hıza ulaşması sağlanır. Kısacası sevk barutumuzun içerisinde saklı bulunan kimyasal enerjinin, mermide kinetik enerjiye dönüşmesi söz konusudur [38].

Bir başka ifadeyle, ihtiyaç duyulan enerji; açığa çıkan ısı enerjisinin mekanik olarak kullanılabilir bir başka enerjiye dönüşmesi ile elde edilebilecektir. Fakat merminin hareketi için bu elde edilen enerjinin sadece üçte biri kullanılabilir [37].

Merminin namluyu terk ettiği andaki toplam enerjinin yaklaşık dağılımı ve bu dağılım oranları sayısal olarak yüzdeler dilimlerle şöyle ifade edilmektedir.

Merminin hareketi %32, Sürtünme kayıpları %3, Sevk barutu gazlarında ısı ve Basınç formunda kalan enerji %42, Sevk barutu gazlarının hareketi %3, Silahın ve merminin ısınması %20' dir [60]. Kişiyeye özel olarak tasarlanan bir silah ve mermi tasarımında, izin verilen iç basıncı daha fazla aşmamak koşuluyla istenilen namlu ağzı hızını sağlayacak yanma odası boyutlarının hesabı yapılmakta ve bu yapılan hesap ile birlikte hangi patlayıcının nerede kullanılacağı belirlenmektedir [38].

Daha büyük bir yanma odası sayesinde belirlenen patlayıcının miktarı artırılarak, namlu ağzında mermiye kazandırılacak hızı yükseltmek mümkün olmaktadır [7]. Fişek yatağı (yanma odası) patlayıcı ile doldurulduğunda, oksijen için çok küçük bir boş yer kalır. Yani fişek yatağında her zaman boş bir hacim vardır. Burada bir miktar oksijen bulunmasına rağmen patlayıcıyı tamamen yakabilmek için yeterli değildir. Bundan dolayıdır ki, patlayıcılar hem yakıt hem de oksitleyici içeren bir bileşime sahip olmaktadır [38].

Ateş edildikten sonra patlayıcının sıcaklığında meydana gelen artış, patlayıcının gücünü ve yanma hızını artırarak daha yüksek bir namlu ağzı hızı sağlamaktadır. Bunun aksine patlayıcı sıcaklığında meydana gelen azalma ise hızı düşürmektedir [5]. Ancak sıcaklığın yüksek olması her ne kadar namlu ağzı hızını artırsa da, namlu iç yüzeyinde ve özellikle yiv-set sisteminin başladığı bölgede (yiv-set sistemi olmayan silahlarda buraya karşılık gelen yerde) ısınmalara sebep olur. Bu ısınmalar ise daha sonraki atışlarda mermi iç yüzeyinin zayıf kalmasına neden olur. Patlayıcının yanması sonucu açığa çıkan yüksek basınçlı gazların ve ilerleyen merminin etkisiyle yüzeyden metal parça koparak aşınma meydana gelir. İç balistikte bu olay aşınma olarak tanımlanır. Belirlenen patlayıcının özellikleri, aşınmanın azaltılabilmesi ve aynı anda istenilen namlu ağzı hızının sağlanabilmesi açısından önemlidir. Sevk barutu içerisine düşük miktarlarda titanyum dioksit-parafin karışımı ve talk pudra-parafin karışımı gibi kimyasal katkı maddeleri konularak, yanma esnasında bu maddelerin namlu iç yüzeyine yapışıp yalıtkan bir yüzey oluşturması sağlanabilmektedir. Bu sayede namlu iç yüzeyinin ısınması azaltılmış olur. Isınmayı geciktirmek için namlu dış çapını artırarak daha geniş bir namlu yüzey alanı oluşturup, bu sayede çevreye olan ısı transferinin hızlanması da sağlanabilmektedir. Ancak bu durum namlunun ağırlığının artmasına neden olmaktadır. Isınma sorununu en aza indirmek için değiştirilebilir namlulu silahlar kullanılabilmektedir [37].

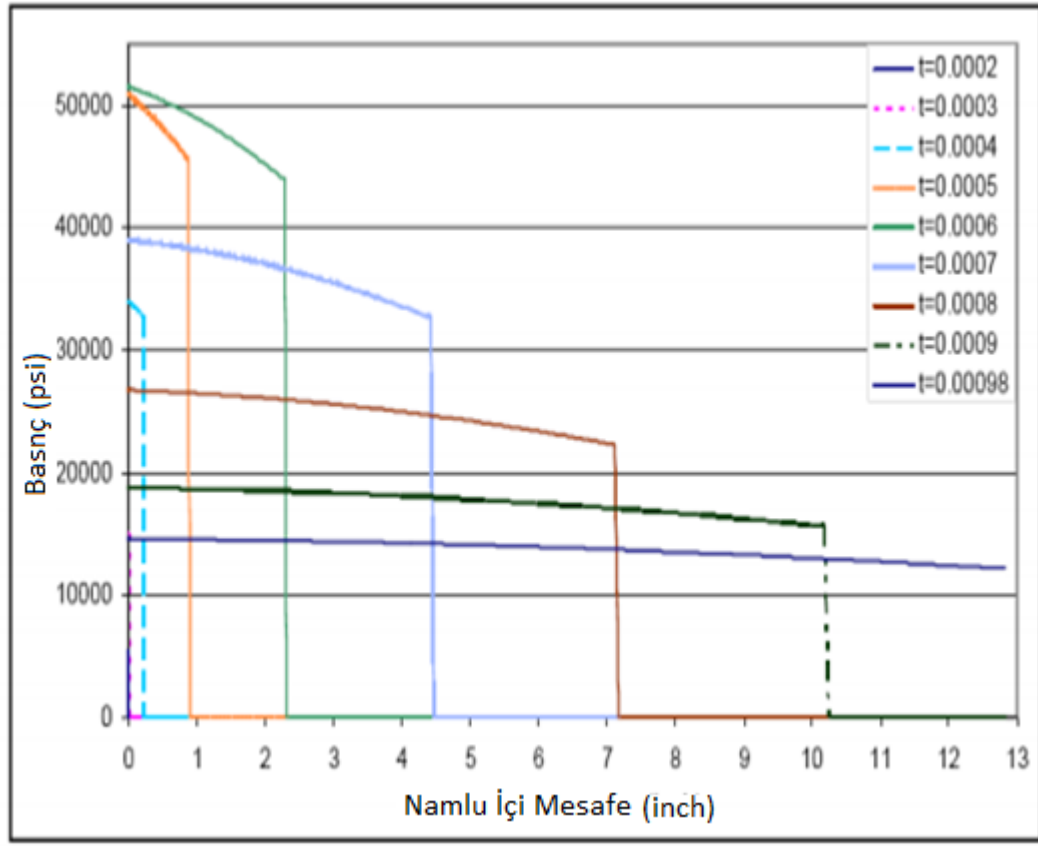
Bir silahın kusursuz çalışma ömrü, namlu deliğinin durumuna bağlıdır. Bu durumu ise aşınma ve korozyon olayları belirlemektedir. Aşınma, daha önce bahsedildiği üzere ateş etmenin bir sonucudur ve en fazla aşınmanın meydana geldiği bölge, sevk barutu gazlarının sıcaklığının aniden en yüksek olduğu; silahın yanma odasının (fişek yatağının) önüdür [39].

Aşırı aşınma, silahın mermiyi döndürme yeteneğini kaybetmesine ve sonuç olarak; dış balistikte görüleceği üzere düşmelere ve uçuşun düzgün olmamasına yol açar. Ayrıca aşınma sonucu parça kopmasıyla beraber namlu deliğinin iç çapı genişlemiş olur ve pürüzlü bir iç yüzey oluşur. Buna bağlı olarak da iç basınçta ve dolayısıyla mermi hızında düşme meydana gelir. Çünkü sevk barutunun yanmasıyla beraber açığa çıkan yüksek basınçlı gazın, namlu ağzına doğru ilerlerken aşınmaya uğramış bölgeye sızması (daha geniş bir hacim), basıncın düşmesine yol açmaktadır. Bu durumda mermi beklenen basınca ulaşmadan ilerlemektedir. Bir başka bir ifade ile hava boşluğu artmış, merminin namlu boyunca olan hareketinin hızı değişmiş ve patlayıcının verimi düşmektedir [39].

Silahın kusursuz çalışma ömrünü etkileyen korozyon (paslanma) ise ihmalkârlıklardan dolayı meydana gelmektedir [39]. Çünkü günümüzde kullanılan sevk barutları, kimyasal olarak paslandırıcı etkisi olmayan maddelerden üretilmektedir. Dolayısıyla paslanma sadece; silahın nemli ortamlarda bırakılması, atış sonrası namlunun temizlenmemesi ve silahın periyodik bakımlarının zamanında yapılmaması gibi kişisel hatalardan kaynaklanmaktadır [37]. Dış balistik, merminin havadaki hareketini ve uçuşu esnasındaki davranışını incelemektedir [39].

Mermi dinamiği ve uçuş dengesi, düşünülen uçuş yörüngesi ve uçuş süresi, çarpma noktası, çarpma açısı ve çarpma hızı konularıyla ilgilenmektedir. Ancak bu incelemeleri yapabilmek için; iç balistiğin konusu olan namlu ağzındaki mermi ilk hızının, dönme sayısının ve atış eğiminin dış balistikte bilinmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca mermi tasarımcıları tarafından belirlenen mermi şekil ve kütle özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir [38].

Şekil 3.4.'te namlu içi mesafe—oluşan basınç ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Namlu içi mesafe – basınç ilişkisi (psi-inç) [15].

Bilinenlerin dışında ortamın yoğunluğu, sıcaklığı, basıncı, viskozitesi ve rüzgâr gibi uçuş hareketini etkileyecek atmosfer koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır [37]. Dış balistiğin temel sorunu, atış hızı ve açısı bilinen belli bir merminin ağırlık merkezinin, havadaki uçuş esnasında izleyeceği yolun yani mermi yörüngesinin hesaplanmasıdır. Yörünge ise mermi üzerine etki eden kuvvetlere bağlıdır [39].

Merminin uçuşu esnasında üzerine etki eden; yerçekimi kuvveti ve hava direnci olmak üzere iki temel kuvvet vardır. Yerçekimi kuvveti merminin kütlesine bağlıdır. Merminin ağırlığı kadar ve düşeyde aşağı doğru etki eder [39].

Hava direnci ise merminin hızına, havadaki konumuna (hareket doğrultusu ile yaptığı açıya), atmosfer koşullarına ve merminin özelliklerine (burun şekli vb.) bağlıdır [39]. Örneğin soğuk hava şartları, havanın yoğunluğunu artırmakta ve dolayısıyla hava direnci de artmaktadır [40].

Hedef balistiği, atılan merminin hedef üzerindeki etkileri ile ilgilenir [37]. Mermi hedefe ulaştığında meydana gelen olayları bütün yönleriyle içine alır. Hedefe etkime mekaniği, zırh arkasındaki etkiler, saçılan parça şekilleri, toplu ölümcül durumlar, yüksek basınçtaki patlamalar, ölümcül olmayan etkiler ve canlı organları (dokuları) üzerindeki etkiler şeklinde bir kapsamı vardır. Özellikle bu son konu giderek daha da önemli hale gelmektedir. Silahlı kuvvetlerin ölümlerden ziyade bu konuya aşırı ilgi duyuyor olmasından dolayı, “yara balistiği” olarak bilinen kendine özgü bir dal sınıflandırılması yapılmaktadır[38].

Bu çalışmanın kapsamının doğrudan silahın iç balistiği ile ilgili olması sebebiyle, konuyu daha ayrıntılı incelemekte faydası olacağından dolayı silah hedef balistiğinde karşımıza sık çıkan “nüfuz etme” merminin hedefin herhangi bir bölgesine girme durumunun gelişimi olarak tanımlanmaktadır. Çarpışma esnasında mermi hedefe birkaç şekilde nüfuz edebilir. Bunlar delinme, saplanma ve sekme şeklinde olabilir. Delinme, merminin hedefin içinden geçtikten sonra geriye kalan son bir hızı varsa, delinme gerçekleşmiştir. Saplanma, mermi, hedef ile teması esnasında öylece kalmışsa hedefe saplanmış durumdadır. Sekme, mermi hedefe çarptıktan sonra durmaksızın yön değiştirmişse, sekme durumu söz konusudur [41].

Hedef üzerinde meydana gelen hasarlar; malzeme özelliği, çarpışma hızı, mermi burun şekli, mermi yörüngesi ve mermi ve hedefimizin boyutları gibi çeşitli değişken farklara bağlıdır. İnce veya orta kalınlıktaki levha şeklinde olan hedefler için yaygın olarak görülen hasarlar, Zukas ve arkadaşları tarafından ortaya konmuş olup, hasar oluşması esnasında bunlardan birisi etkin olmasına rağmen birkaç mekanizma birden etkileşim halinde olabilir. Örneğin düşük veya orta sertlikteki kalın levhalarda görülen tipik hasar mekanizması sünek delinme ile birlikte küçük parça kopmasıdır [42].

Sünek delik gelişimi, tıkaç (dolgu) oluşumu ve taç yaprağı oluşumu sünek malzemelerde baş gösteren hasar şekilleri olmakla birlikte literatür de farklı hasar şekillerinin çeşitli tanımları vardır [41]. Levha şeklindeki hedefler için en yaygın hasar mekanizmaları: (a) gevrek kırılma, (b) sünek delinme, (c) parça kopması, (d) radyal çatlak oluşumu, (e) tıkaç oluşumu, (f) taç yaprağı oluşumudur [9]. Bir mermi hedefe çarptığında bası dalgaları oluşur. Bu dalgalar hedefin serbest yüzeyinden çeki dalgaları olarak yansır ve darbeye maruz kalan hedefte bir takım hasarlar oluşabilmektedir [38].

Küçük parça kopması (pul pul parçalanma), başlangıçtaki bası dalgalarının belli bir kalınlıktaki levhanın arka yüzünde çekme dalgaları olarak yansımalarının bir sonucudur. Patlayıcı veya yoğun darbe yükü etkisinde ve özellikle basma durumunda, çekme durumuna göre daha dayanıklı malzemelerde yaygın görülür. Parça kopması kabuk şeklinde de olabilmektedir. Bu sefer çatlak ile başlayan ve daha geniş bir alanda şekil değiştirme söz konusudur. Yüzeyde homojen olmayan ve izotropik olmayan bölgeler vardır. Aşırı şekil değiştirmeden dolayı kırılma meydana gelir, öte yandan gevrek kırılma genellikle zayıf ve düşük yoğunluklu hedeflerde görülmektedir. Başlangıçtaki gerilmenin, malzemenin en yüksek dayanım değerini aşması sonucu meydana gelmektedir. Radyal şekilde çatlak oluşumu ise çekme gerilmesi basma gerilmesinden daha düşük olan seramik gibi malzemelerde yaygın görülmektedir. Ayrıca bazı zırh çeliklerinde de meydana gelmektedir. Bir başka hasar mekanizmasında; kör ve yarı küresel burunlu mermilerle yapılan atışlarda, mermi çapı ile yaklaşık aynı çapta silindirik şekle yakın bir parça şekli oluşur ki buna tıkaç oluşumu denmektedir [38,42].

Tıkaç oluşumu oldukça sünek malzemelerde ve genellikle mermi çarpma hızının balistik sınır hıza yakın olduğu durumlarda görülür. Son olarak taç yaprağı oluşumu denilen hasar mekanizması, radyal ve çevresel gerilmelerin yüksek olduğu durumlarda görülmektedir. Öyle ki merminin ilk çarpma etkisi ile levha malzemenin çekme dayanımına ulaşılmış ve mermi ucunun çevresinde yıldız şeklinde bir çatlak oluşmuştur. Mermi ucu etrafındaki bu bölgede meydana gelen yoğun çekme gerilmelerinin yanında, ilerleyen merminin levha malzemesini harekete zorlaması sonucu eğilme momentleri oluşur ve malzemeye taç yaprağı şeklini verir. Taç yaprağı oluşumu çoğunlukla ince levhalarda görülür [38,42].

Sivri kemer veya konik burunlu mermilerde göreceli olarak düşük hızlarda gerçekleştirilen atışlarda, kör burunlu mermilerde ise balistik sınır hıza yakın olan atışlarda görülmektedir [38,42].

3.1.1. Hareket denklemi

Namlunun içinde kullanılan barutun yanması ve mermi çekirdeğinin hareket etmesi, termodinamik, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi ile ilgilidir. Namlunun içerisinde çekirdeğin hareketi Newton Hareket Kanununa uymaktadır [18].

3.1.2. Hal denklemi

Barut gazlarının hal denklemi, gazların yoğunluğu, sıcaklığı ve basıncı arasındaki bağıntıdır. Namlu içerisindeki yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle, barut gazları ideal gaz kanununa uymazlar. Barut gazları için sıkıştırılabilirlik etkisinin de göz önüne alındığı deneysel formüller geçerliliğini korumaktadır [18].

3.1.3. Enerji dengesi

Barutun yanması sonucunda ortaya çıkan enerji, mermi çekirdeğinin kinetik enerjisini, namlu içerisinde çekirdeğin arkasından hareket eden gaz parçacıklarının kinetik enerjisini, çekirdek ile namlu arasındaki sürtünme kayıplarını, mermi çekirdeğinin dönme enerjisini namludan atmosfere yayılan ısı kaybını karşılamaktadır [18].

3.1.4. Sürtünme kuvveti ve mermi çekirdeğinin dönmesi

Mermi çekirdeğine dönme hareketini, namlu içinde bulunan “yiv-setler” verir ve çekirdeğin arkasındaki basıncın sızmasını önler. Namlu ile sevk çemberi arasında belli bir toleransla sıkı geçme hali mevcuttur. Dolayısıyla mermi çekirdeğinin arkasındaki gaz basıncının bir kısmı, çekirdeğin döndürülmesi sırasında, setlerdeki sıkı geçme ve sürtünme kuvvetinin yenilmesine harcanmaktadır [18].

3.1.5. Isı kaybı

Barutun yanması sonucu ortaya çıkan ısının bir kısmı, soğuk olan mermi çekirdeğinin ısınmasında kullanılmaktadır. Isı kaybı oranı atışın yapıldığı ortamın sıcaklığına ve atımlar arasındaki zaman aralığına bağlı olmaktadır [18].

3.1.6. Mermi çekirdeğinin dönme enerjisi

Çekirdeğin dönüşü dengeli ise, dönme hareketi çekirdeğe “yiv-setler” tarafından sağlanmaktadır. Enerjinin bir kısmının dönmeye harcanması nedeniyle de merminin ivmelenmesi için gerekli kuvvet azalmaktadır [18].

3.2. Dış Balistik

Dış balistik, atılan merminin silahtan çıkışından başlayarak, merminin uçuşundaki hareketini inceler. Mermilerin hedefini vurmasını, yer çekim kuvveti ve hava şartları belirlemektedir [31].

Merminin silahtan ateşlenmeden hemen öncesinde belirlenen bir noktayı vurabilmesi için, merminin silahtan çıktıktan sonra doğrultusundan sapmadan hedefine doğru hareket etmeleri gerekmektedir. Mermi uçuşunun yolu üzerinde değişimler olursa mermi hedefine varamaz, merminin hedefine tam olarak ulaşmasını sağlamak amacıyla mermiye iyi bir uçuş sağlamak gerekmektedir. Bunun sağlanması için, iki adet yöntem vardır [31].

Bu yöntemler;

- Dönme stabilizasyonu
- Kanatçık stabilizasyonudur.

3.2.1. Dönme ile Dengeleme

Barutun yanması esnasında oluşacak olan yüksek basınç ve sıcaklığın gazın etkisine dayanabilmesi için, mermilerin tabanlarının kalın ve de ağır olmaları gerekmektedir. Bu tür mermi tasarımında, mermi burun direncinin azalabilmesi için mermi burun kısmının daha da sivri hale getirilmesi kaçınılmazdır. Bu faktörler merminin ağırlık merkezinin tabana yakın olacak biçimde merminin arka kısmında, basınç merkezlerinin ön kısmında olan burunda oluşmasına neden olur. Mermi için ağırlık merkezinin oldukça geride olması, atılan merminin dengelenmeden hedefine kadar olan uçuşunu gerçekleştirme mümkün olmamaktadır [18].

3.2.2. Balistik Katsayısı

Balistik katsayı konusunda hava ve sıcaklık önemli bir kavramlardır. Oluşan hava direncinin sayısal değeri mermi çekirdeğinin şekline bağlıdır. Sivri uçlu bir mermi çekirdeği daha az hava direnci ile karşılaşır. Yani anlaşılan mermi için rüzgârı dezavantaj olarak görülebilmektedir [43].

Şekil 3.5.'te buna en iyi örnek yeni nesil mermilerden olan 7.62 NATO mermisidir.



Şekil 3.5. 7.62 NATO mermisi [44].

3.3. Termal Balistik

Merminin hedefte meydana getirmiş olduğu etkileri hedef balistiği inceleme konuları arasındadır [45].

Merminin bulunduğu namluyu terk ettiği andan itibaren kendi hedefine ulaşmaya kadar farklı etkilere maruz kalır, Bu etkiler içinde atılan merminin hızını ve hedef ile silah namlusu arasındaki mesafeyi en çok etkileyen kuvvet sürüklenme adı verilen kuvvettir [46].

Merminin çekirdekleri, insan dokusunda üç yolla zarar verir.

1. Geçici boşluk
- 2.Şok dalgaları
3. Yırtma ve ezme

Herhangi bir silah sisteminde silahın fonksiyonuna etki eden sabit ve değişken faktörler mevcuttur. Sabit faktörler, esas itibariyle silahın kendisi ile ilgilidir. Mesela namlu boyu, çapı ve hazne konfigürasyonu ve hacmi vb. [31].

Değişken faktörler genellikle mühimmat ve barut ile ilgilidir. Barut ile mermi konfigürasyonu uygun olmaktadır. Barut ve mermi ölçüleri sınırlanmış ve bir derecede sabitlenmektedir. Mermi, sabit bir dış çapa uymak mecburiyetinde olduğundan, mermi ağırlığı ya uzunluk veya kütle değişimine bağlıdır. Hafif bir mermi, daha yüksek bir namlu ağız hızına imkân verir. Mermi ölçü seçimi ile merminin arkasındaki hacim sınırlanmış olacağından dolayı geriye değişken olarak sadece barutun yanması kalmaktadır [31].

Merminin uçuşu esnasında merminin konumunda ve açısında meydana gelen hareketlerde sınırlamaya maruz kalmaz. Serbest bir cisim olarak mermi kullanıcısının ve mermi tasarımcısının amacına uygun olmayarak, karmaşık ve bazen de kararsız olarak hareket ettiği gözlemlenebilmektedir. Bu gibi istenmeyen durumların incelenerek daha önceden önlenmesi ve merminin hedefine doğru istenildiği gibi ilerlemesinin gözlemlenmesi dış balistik uzmanlarının temel amaçları arasındadır [18].

Merminin noktasal bir kütle olarak kabul edildiği ve mermiye havanın sürtünmesinin ve yerçekimi kuvvetinin temel alındığı hareket denklemleri oluşturulmaktadır. Günümüzde pratik olan uygulamalarda daha sade yöntemler kullanılmaktadır. Hesaplama tekniklerinin ve bilgisayarların merminin matematiksel modellemelerde kullanılmasıyla atılan merminin hareketini ve mermi yörüngesini etkileyen yaklaşık bütün faktörler hesaplamalara eklenir. Hızlı ve hassasiyeti daha yüksek sonuçlar elde edilmektedir [18]. Küçük silah mühimmatının terminal balistiklerinde kullanılan kurucu modelleri ve sayısal algoritmaları deneysel olarak doğrulamak için her gün yeni çalışmalar sunulmaktadır. Metodoloji için bazı unsurlardan faydalanılacaktır: deneylerde ölçülen parametrelerin dağılımını değerlendirmek için yeterli veri sağlamak için bir dizi bağımsız teste malzeme modellerinin tanımlanması, en önemli mermi-hedef etkileşimi durumlarını kapsayan koşulların terminal balistik testini deneylerden elde edilen modelleme sonuçlarının sapmasını karakterize eden bir ölçü oluşturmaktır [47].

Elde edilen verilerin amaçlarına uygun olarak, çelik zırh plakalarını mühimmat hızında delmek için 7,62 mm zırh delici mühimmat kullanılıp mermi hızı ve yolu, plaka deformasyonu ve süner şekilde olmasını karakterize eden çeşitli parametreler olduğu ölçüldü ve modellerin doğrulanması için referans verileri olarak kullanılır [47].

Mermi ve hedefin detaylı modelleri ile ayırıklaştırma yöntemleri sunulması ve farklı bulgular balistik test sonuçlarıyla karşılaştırılması sağlanır. Metodoloji, modellerin yeterliliğinin değerlendirilmesinde önemli bir etkinlik göstermektedir. Zorlama oranına dayalı modellerin deneysel sonuçlarla iyi bir uyum içinde sonuç verdiği elde edilen veriler sayesinde görülmüştür ve çeşitli fiziksel mekanizmaların tahmini en uygun şekilde sağlanmaktadır [47].

NATO mühimmatı kullanılarak, sabit olarak yerleştirilmiş bir tüfek için ayarlanabilir bir namlu tasarımı ile ilgili çalışmalar günden güne hız kazanmaktadır. Ayarlanabilir olan özelliğini kullanarak, atıcıdan atıcıya farklılıkların ele alınması ve sık karşılaşılan problemlerin çözümü en iyi şekilde bize sunacaktır. Bunun yanı sıra, kısa geri tepmesi olan silahların da uygun değer geri tepme gereksinimi sorununu da çözmesi sağlanmıştır. Bununla birlikte silah pazarında zaten var olan emsallerine oranla kıyaslandığında üstünlük sağladığı görülecektir [48].

Mevcut olan muadili arasına alındığında, piyasaya uyarlanabilir olmasından dolayı ayrıca ürünün piyasaya uyarlanabilir olmasını garanti eder. Bu şekilde bulunan sonuçlar namlu freninin performansı ile ilgili tatmin edici sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır [48].

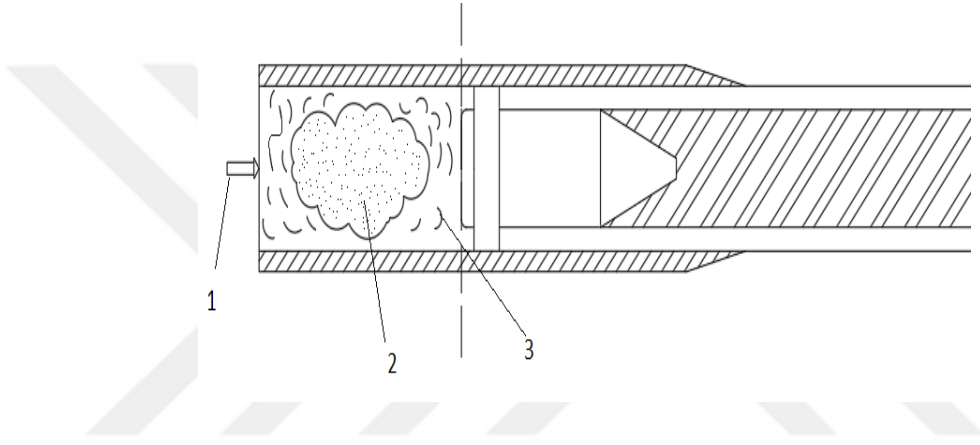
Mermi çekirdeğinin hedefine temas ettikten sonra duruncaya kadar olan enerjiyi hedefe iletmesi gibi etkilerle ilgilidir. Termal balistiğin insanlarda meydana gelen yaralarla ilgili olan bölümüne yara balistiği de denmektedir [31].

Mermi çekirdeğinin vücut dokularına etki etme gücü ve vücutta oluşan yaranın şiddeti ve görünüşü ile ilgili olmaktadır [31].

3.4. Balistik Çevrim

Bir silah sistemi, bir reaksiyon hücresine irtibatlandırılmış, mermiye kılavuzluk eden bir borudan ibaret bir mermi fırlatma tertibatı olarak tarif edilebilmektedir. Katı barutun reaksiyon hücresinde yanması ile barutun kimyasal enerjisi çevrilir [14].

Bu esnada meydana gelen sıcak gazlar genişleyerek mermiyi büyük bir hızla sevk etmektedir [14]. Şekil 3.6.'da numaraların ifadeleri: 1-Ateşleme iğnesinin çarpması ile barutun yanması başlamaktadır. 2-Yanan baruttan gaz oluşumu gösterilmektedir. 3-Hazne basıncı ve ısının hızla artışı olmaktadır [14].



Şekil 3.6. Balistik Çevrim [14].

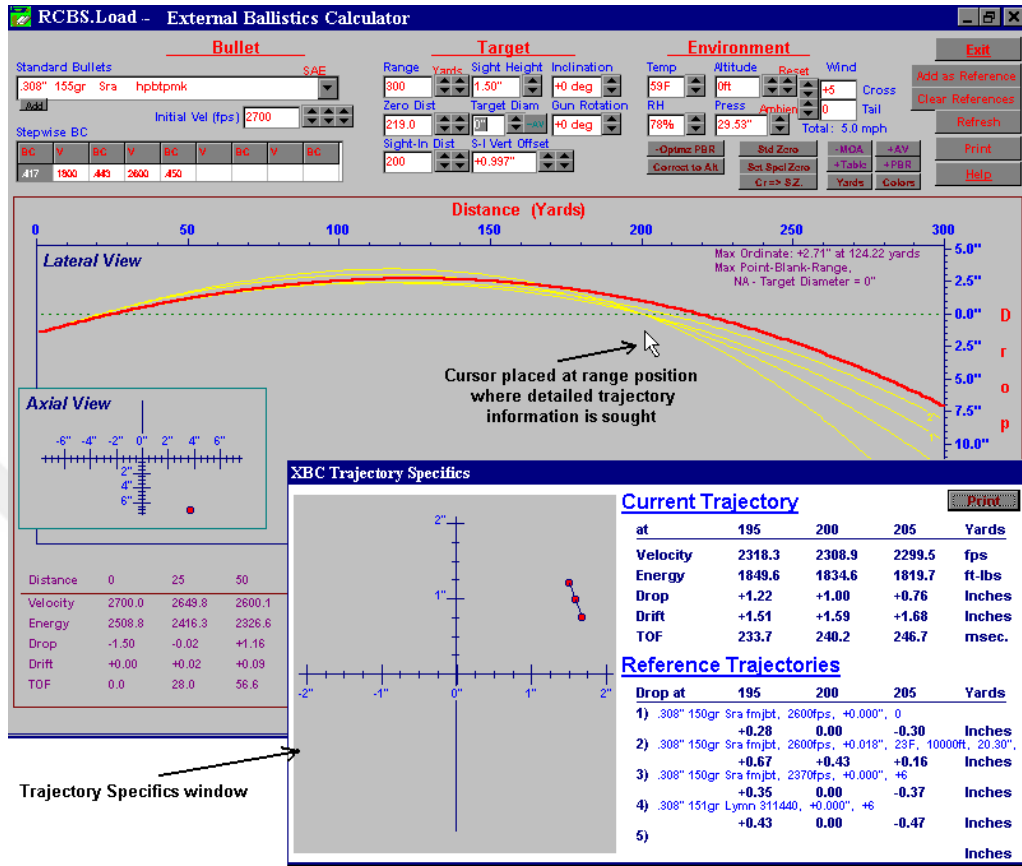
3.5. Balistik Hesaplama Programları

Dış balistik hesaplama programları sayesinde menzil ve uçuş yörünge planlaması yaptırılabilir [49].

Merminin namlunun ucundan çıkmasıyla birlikte, havadaki hareketlerini etkileyen faktörler ve yerçekimi etkisinde bir yörüngede hareket etmektedir. Rüzgâr hız ve yönü, yükseklik, sıcaklık, nem gibi hava olayları da bu hareket üzerinde etkilidir [49].

Merminin namludan çıkarak hedefe varıncaya kadar geçen zamandaki hareketleri dış balistik hesaplamalarla elde edilmektedir.

Şekil 3.7.' de dış balistik hesaplama amacıyla tasarlanmış bir program ara yüzü görülmektedir [49].

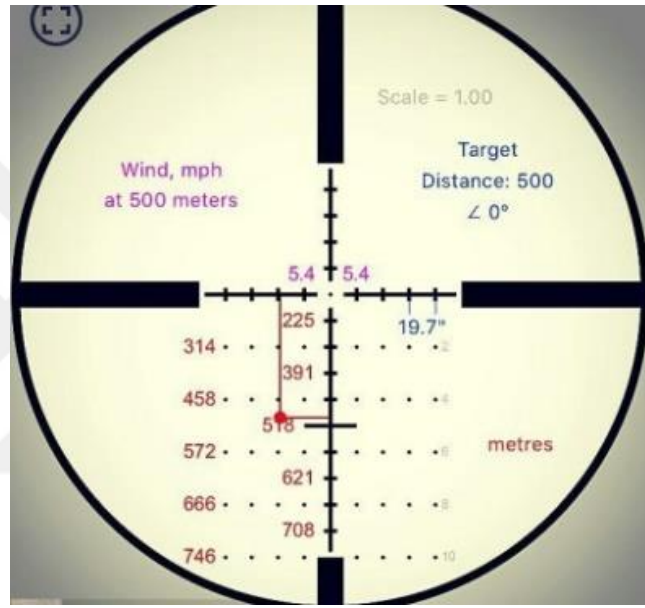
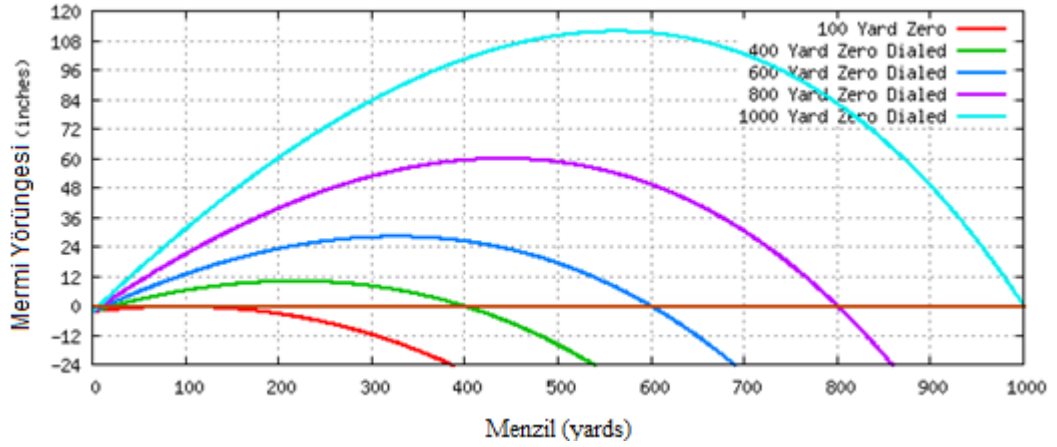


Şekil 3.7. Mermi yörünge hesaplama ve çizim programı ara yüzü [49].

Dış balistik hesaplama yapan programlar sayesinde atış hızı belirlendikten sonra, kullanılan mermiye ait balistik tanımlayıcı değerler girilmektedir. Bu sayede merminin ağırlığı, mermi görünüşü ve uç yapısına ait balistik katsayılar seçilerek, havadaki sürtünme hesaplarının doğru yapılması sağlanmaktadır.

Silah sistemlerinde yer çekimi etkisiyle oluşan düşey eksenli "drop" hareketi atış mesafesi bilindiği durumlarda kontrol edilebilmektedir. Silaha ait dürbün veya hedef sistemi üzerinde yapılacak mesafe ayarlaması sayesinde, merminin hedefe ulaşmasında yerçekimi etkisinin telafisi sağlanabilmektedir.

Şekil 3.8.'de silah sıfırlama ve dürbün sisteminin yapısı görülmektedir.



Şekil 3.8. Silah sıfırlama grafiği ve atış doğrulama [49].

İç balistik konusunda yapılan deneylerin zor ve pahalı olması matematiksel modellemeleri çok önemli hale getirmektedir. Bir silahın iç balistiğinin yapıldığı sırada geçen toplam süre sadece milisaniyeler sürmektedir [50].

Dahası bu kısa süre sırasında namlu içinde basınç 400 MPa ve sıcaklık 3000 °K aşabilmektedir. İç balistik deneyleri sırasında genellikle test namluları kullanılmaktadır. Bu deneylerde mermi hızı, maksimum basınç ve namlu içi basınç dağılımları ölçülebilmektedir [18].

Vallier-Heydenreich tekniği deneysel verilerdir. Basınç oranı hesaplaması kullanılan (denklem 1) kritik değer (η) hesaplanırken, namlu içerisinde oluşan ortalama basınç (P_{ort}), maksimum basınç (P_M) değeri kullanılmaktadır [50].

$$\eta = \frac{P_{ort}}{P_M} \quad (1)$$

Çizelge 3.2.'de deneysel faktör değerleri kullanılarak, merminin namludan çıktığı andaki, iç balistik toplam zamanı (t₀), namlu boyu (L), mutlak sıcaklık (T) ve namlu ağız basıncı (P₀) denklem 2-3 deki gibi hesaplanmaktadır.

$$t_0 = \frac{2.L.T(\eta)}{v_0} \quad (2)$$

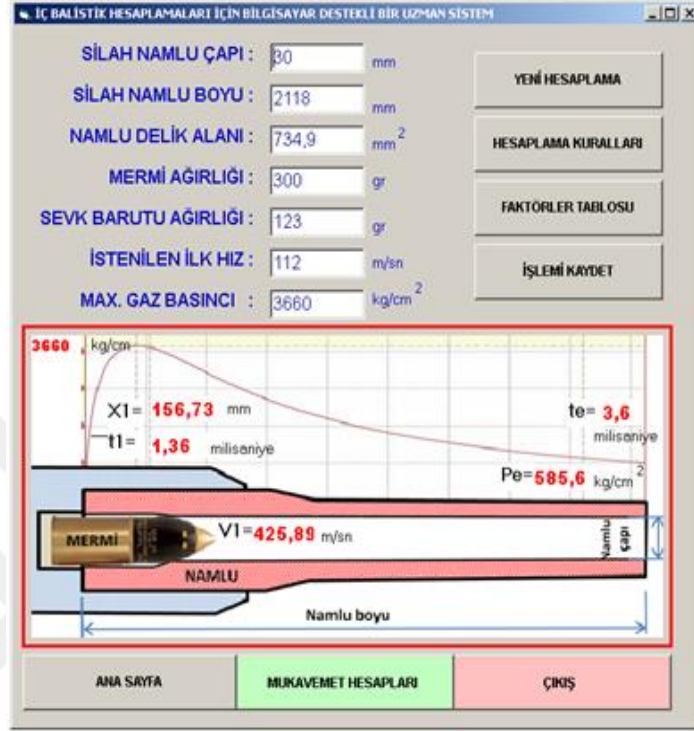
$$P_0 = P_{ort} \cdot \Pi(\eta) \quad (3)$$

Bir silahın iç balistik hesaplamalarında bu metot hızlı ve yaklaşık sonuçlar bulmada etkilidir. Yapılan deneysel ölçümlerle bu yöntem kullanılarak yapılan hesaplamalar yaklaşık benzer sonuçlar bulmaktadır [31]. Çizelge 3.1.'de Vallier-Heydenreich yönteminde kullanılan bazı katsayı ve hesaplama değerleri görülmektedir. Bu temel değerleri kullanarak çalışan balistik hesaplama programına ait ara yüz Şekil 3.9.'da görülmektedir.

Çizelge 3.1. Vallier-Heydenreich faktör katsayıları [31].

η	Σ(η)	θ(η)	Φ(η)	Π(η)	T(η)
0.20	0.0262	0.150	0.322	0.274	0.744
0.25	0.0360	0.196	0.337	0.306	0.792
0.30	0.0471	0.246	0.352	0.338	0.842
0.35	0.0597	0.300	0.367	0.368	0.893
0.40	0.0740	0.358	0.383	0.400	0.946
0.45	0.0903	0.420	0.399	0.432	1.000
0.50	0.1090	0.487	0.416	0.465	1.056
0.55	0.1320	0.560	0.435	0.501	1.116
0.60	0.1600	0.642	0.457	0.541	1.180

Şekil 3.9.'da balistik hesaplama programı ara yüzü gösterilmektedir. Bilgisayar destekli analiz programı aracılığı ile elimizde mevcut olan silah özelliklerinin verileri girilerek hesaplama işlemi yapılmaktadır.



Şekil 3.9. Balistik hesaplama programı ara yüzü [49].

Silahımız hakkında bizden istenen silah namlu çapı, silah namlu boyu, silah namlusu delik alanı, mermimizin ağırlığı, sevk barutumuzun ağırlığını gram cinsinden girerek mermimizin ilk hızı ve oluşacak maksimum gaz basıncı değerlerini elde edilebilmektedir.

3.6. Balistik Koruma Testleri ve Standartları

Balistik Koruma Standartları Dünyada balistik koruyuculuğunun test edilebilmesi için bazı standartlar bulunmaktadır. Kabul edilen standartlar NIJ (The US National Institute of Justice) ve HOSDB (UK Home Office Scientific Development Branch) tarafından kabul edilen standartlardır[51].

NATO ve Türk Standartları Enstitüsü beraber çeşitli askeri standartlar geliştirilmiştir. Tablo 3.2.'de balistik koruyucular için kullanılan standartlar verilmektedir [52].

Çizelge 3.2. Balistik koruyucular için kullanılan uluslararası standartlar [54].

STANDART NO	STANDART ADI
TS 11164	Balistik koruyucu vücut zırhı
TS 13349	Askeri zırhlar-V ₅₀ balistik hız deneyi
MIL-A-46103 C	Light Weight, Ceramic Composite Armor Procedure Requirements
MIL-B-44053 A	Fragmentation Protective Body Armor
MIL-STD-662 F	Balistic Test For Armor
NIJ-STD-0101.04	Balistic Resistance Of Personel Body Armor
NIJ-STD-0101.06	Balistic Resistance Of Personel Body Armor
NIJ-STD-0108.04	Balistic Resistance Of Protective Materials
STANAG 2920	Balistic Resistance Of Personel Body Armor
UK/SC/4697	The Balistic Testing Of Fragment Protective Personel Armors
PPAA STD-1989-05	Personel Protective Armor Assosiation Standarts For Balistic Resistance Of Personel Body Armors
UL 752	Balistic Resistance Equipment
MIL-B-44194 A	Body Armor Fragmentation Protective UndergarmentC.V.Crevmens
MIL-P-46199	Aluminium Oxide Ceramic
Pr EN ISO 14876-2	Protective clothing- Body Armor-Part 2

Türk Standartları Enstitüsünde yer alan TS 11164 nolu ve TS 13349 nolu standartlar, ateşli olan silahlara karşı kişisel zırhların balistik koruması için deney yöntemlerini kapsamaktadır [53-54]. Kullanılan NIJ (National Institute of Justice) standardında belirtilen değerler, günümüz teknolojisinde hafif silahlara karşı koruyucu zırhlar için geliştirilen ürünlerin balistik performanslarının ölçülmesinde referans olarak alınmaktadır [54]. NIJ-STD-0101.04 ve NIJ-STD-0101.06 standartları günümüzde yaygın kullanılan standartlar olup, bu standartlarda, malzemenin hangi koruma seviyesi içerisinde test edileceği ve ne kadar koruma sağlayacağı gibi detaylara yer verilmektedir [55,56]. NIJ-STD-0101.04 standardının amacı, asgari performans şartlarını ve insan vücudunu silah ateşine karşı korumayı amaçlayan kişisel vücut zırhının balistik performansı için uygulanılacak test yöntemlerini açıklamaktır [52].

Balistik koruyucu malzemeler, NIJ-STD-0101.04 standardında, farklı özellik ve ağırlıkta, farklı hızlarda atılan mermilerin darbe etkisine dayanıklı yedi ayrı koruma seviyesi içerisinde sınıflandırılmaktadır. Bu koruma seviyeleri Çizelge 3.3.'te verilmektedir [55]. Farklı malzemelerden, Çizelge 3.3.'te yer alan farklı koruma seviyelerine sahip olmaları beklenmektedir. Örneğin, piyade tüfeklerinden koruma amaçlı üretilen zırhların mermiye karşı seviye III düzeyinde koruma etkinliğine sahip olması beklenmektedir. Kullanılmakta olan NIJ standardında belirtilen tüm değerler, günümüz teknolojisinde hafif silahlara karşı koruyucu zırhlar için geliştirilen ürünlerin balistik performanslarının ölçülmesinde referans olarak alınmaktadır [54].

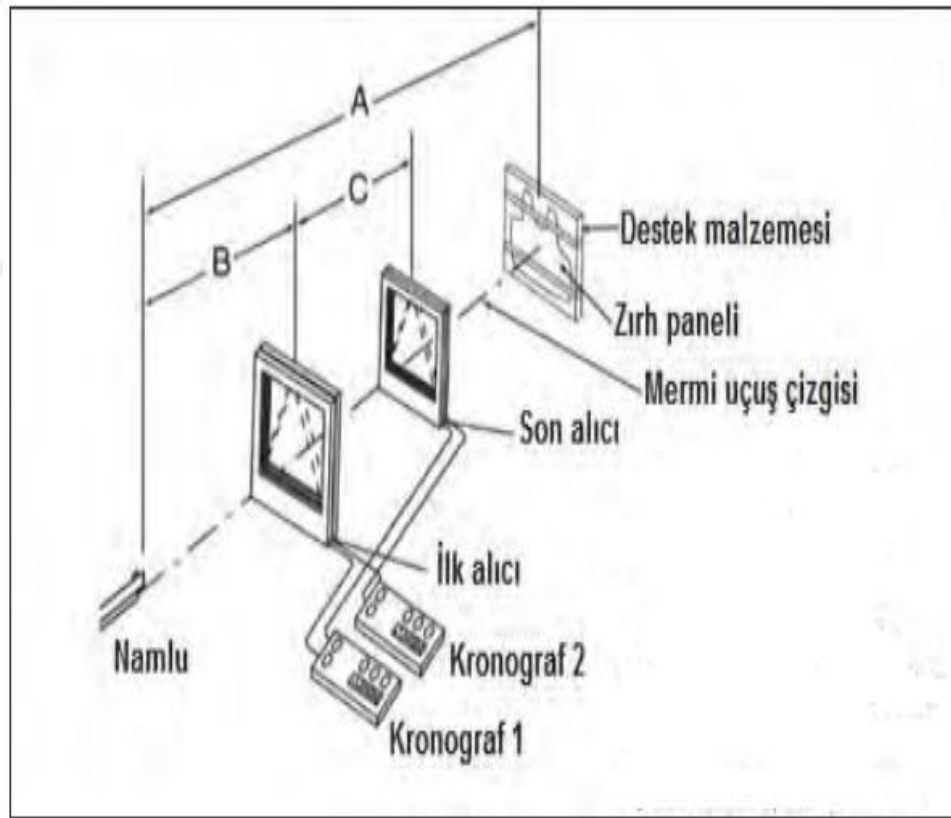
Çizelge 3.3. NIJ-STD-0101.04 standardında belirtilen balistik koruyucular için koruma seviyeleri [54].

Koruma Seviyesi	Kalibre ve Mermi Tipi	Mermi Ağırlığı (gr)	Mermi Hızı (m/sn)	Travma Derinliği (max)
1 (5 m mesafeden)	22 LR Kurşu	2,6	320	44 mm
	Burunlu Mermi 380 ACP Kaplama Burunlu Mermi	6,2	312	
2A (5 m mesafeden)	9 mm metal kaplama	8,0	332	44 mm
	40 S&W metal kaplama	11,7	312	
2 (5 m mesafeden)	9 mm metal kaplama	8,0	358	44 mm
	357 Magnum metal kaplama	10,2	427	
3A (5 m mesafeden)	9 mm metal kaplama	8,0	427	44 mm
	44 Magnum kaplama	15,6	427	
3 (5 m mesafeden)	7,62 mm metal kaplama mermi	9,6	838	44 mm
4 (5 m mesafeden)	30 mm Zırh Delici Mermi	10,8	869	44 mm

Çizelgede koruma seviyeleri mesafeleri 5 m ve 15 m olarak alınmıştır. Atışı yapıla silahın özellikleri ve kullanılan merminin tipi hakkında ayrıntılı bilgiler verilmektedir. Kullanılan merminin ağırlığı gram cinsinden belirtilmektedir.

Atılan mermilerin hızları çizelgede verilen sayısal değerler arasında yer almaktadır. 7,62 mm mermi olarak kullanılan mermiler tam metal kaplamalı olarak tercih edilmektedir.

Şekil 3.10.'da uluslararası balistik test düzeneği görülmektedir. Silah namlusu, mermi hızını belirlemek için ilk alıcı ve son alıcı plakaları, atışın yapıldığı hedef bulunmaktadır. İki plaka arasındaki sensörler yardımı ile merminin hızı bulunmaktadır.



Şekil 3.10. Uluslararası Balistik test düzeneği [54].

(A mesafesi: I, II-A, II ve III-A seviye zırhlar için 5m, III ve IV seviye zırhlar için 15 m, B mesafesi: Minimum 2 m, C mesafesi: 0,5 ile 1,5 m arası) olacak şekilde test düzeneği ayarlanabilmektedir [54].

4.SİLAH SİSTEMLERİ

Günümüz silah sistemlerinin çalışma prensipleri aynıdır. Öncelikle elimizle kurulan silah mekanizması mermiyi haznesine alır. Ardından silahın tetiğine basıldığında horoz silah iğnesine çarpar, fişegin içerisindeki barut ateşlenmiş olur [57]. Barutun içerisinde meydana gelen basınç ile birlikte mermi çekirdeği, silah namlusu içerisindeki yivler sayesinde dönerek silah namlusundan çıkar. Silah haznesinde meydana gelen basıncın bir kısmı silah mekanizmasının geriye doğru itilmesinde kullanılır. Geriye gelen silah mekanizması kurulan yayın gücüyle tekrar ileriye doğru hareket eder ve böylece silah, yeni bir mermiyi haznesine alır. Kullanacağımız silahımızı ikinci kez atışa hazır hale getirmiş olmaktadır [58].

Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) ve Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) personelinin silahlı hizmet etkinliğini arttıracak, uluslararası standartlarda ve teknolojik üstünlüğü bulunan silah sistemlerimizin çeşitleri,

- Keskin Nişancı Tüfekleri,
- Saldırı Tüfekleri,
- Tek Atışlı Tabancalar,
- Çok Namlulu Tabancalar,
- Toplu Tabancalar,
- Manivelalı Tabancalardır [58].

Bu silah sistemlerine benzer farklı modellerde ve özelliklerde her çeşit silah ve tüfek müşterilerin kullanımına sunulmaktadır. Silah sistemleri ve tüfekler için harekât ihtiyacına uygun olarak farklı silahlar kullanılabilir. Silah Sistemleri, taktik kara araçlarında, hava ve kara tehditlerinde ve asimetrik tehditlere karşı kullanılmaktadır [58].

Gelişmiş ülkelerde şiddet unsuru içeren bir suç sayılan unsurlarda bıçak ve bıçağa benzer kesici aletler, keskin silahlar en yaygın biçimde kullanılmakta olan ve bu sebeplerden dolayı da ateşli silahlar ile yapılan şiddetlerin çeteyle ilgili suçları tartışırken, ülkelerde suç unsurlarının önemli ölçüde artış gösterdiği görülmektedir [60].



Şekil 4.1. Silahlar ve silah sistemleri [59].

Ayrıca son zamanlarda ateşli silah ile ve kesici aletler ile yapılan cinayet ve cinayet girişimleri ülkelerde artmaktadır. Bu konuda yapılan güncel çalışmalar ayrıca bir ateşli silahın bıçak, keskin bir silahtan daha da ölümcül olduğunu ve baş, göğüs ve karın bölgesinin vurulacak en ölümcül ve ciddi anatomik bölgeler olduğunu göstermektedir. Son yıllarda suç unsurlarından etkilenen ülkelerin en kalabalık şehirleri olduğu gözlemlenmektedir [60].

Emniyet güçleri cinayet ve cinayet teşebbüsü gibi ateşli silahlarla ilgili suçları çözmede ciddi zorluklar yaşamaktadır. Geçen birkaç yılda bu konu ile alakalı bazı iyileştirme çalışmaları yapılmakta, fakat ateşli silahlar ile ilgili şiddetler konusu ve bu konunun etkileri hakkında yapılan çalışmalar yeterli düzeyde olmadığından konu ile alakalı incelemeler devam etmektedir [60].

4.1. Silah Sistemleri Unsurları

4.1.1. Namlu

Ateşli silah sistemlerinde merminin çekirdeğinin hedefe gitmesini sağlayan bölüme namlu adı verilir. Namlular yivli setli ve yivsiz setsiz olabilirler. Çoğu silahlarda birbirine paralel ve de ayrıca helezon şekilde sağa ve sola dönerli şekilde uzanan girinti (yiv) ve çıkıntıları (set) vardır [61].

4.1.2. Kovan

Barutu, çekirdeği ve kapsülü bir arada tutan, onları dışarıdan gelebilecek unsurlara karşı koruyan, genellikle pirinçten yapılmış silindire benzer şekli olan parçalara verilen isimdir. Silah namlusunun soğuması için gerekli olan ısının bir miktarı kontrollü atışımızdan sonra kovan ile beraber dışarı atılmaktadır [62].

4.1.3. Kapsül

Kovanın alt kısmında bulunur ve şekil olarak içeriye doğru girintilidir. İçerisinde çok kolay alev alabilen maddeler vardır. Silah tetiği çekildiğinde iğnesi kapsüle çarpar ve bu çarpmanın etkisi ile alev alan içerisindeki maddeler önde buluna baruta kıvılcım vermiş olmaktadır [62].

4.1.4. Barut

Kolay alev alabilen, yanıcı, sıkışık ortamda ise patlayıcı olan katı bir maddeye verilen addır. Barut ne kadar kuru bir yapıya sahip ise o nispette çabuk yanar. Rutubetli olan barutun yanma hızı daha yavaştır. Barutun cinsi, tanelerinin şekli ve miktarının değişmesi ile birlikte barutun tutuşması ve de yanmasında değişiklik meydana gelmektedir [62].

4.1.5. Yiv-Set

Namlu içerisinde helezon şekilde birbirine paralel şekilde uzanan setlerin mermi çekirdeği üzerinde silahın yapısına uygun şekilde bıraktığı izlerdir [61].

4.1.6. Hatve

Mermi çekirdek silahın yiv ve setlerine uyarak dönmektedir. Çekirdeğin silah namlusu içinde bir defa dönmesi için namluda ilerlediği mesafeye hatve denir. Silah namluları sabit veya hareketli olabilmektedir bazı tabancaların namluları perçin veya pim ile çerçeveye sabitlenmiştir. Örnek olarak; Kırıkkale, Walter' dir [61].

4.1.7. Çap (Kalibre)

Karşılıklı olarak iki set arasındaki uzunluğun milimetre veya inç olarak ifade edilmesine çap denir. Namlu kalınlıkları kuyruk kısmında fazla ağız kısmında azdır. Namlu uzunluğunun artması tabancanın etkili mesafesini arttırmaktadır [61].

Silah namlusu boyu ve fişek çekirdeğinin ağırlığı sabit kalıp, barut miktarı arttırılırsa ilk hız, enerji ve gideceği yol artar. Silah namlu boyu ve konulacak barut miktarı sabit bırakılıp, fişek çekirdeğinin ağırlığı arttırılırsa ilk hız azalır. Namlu boyu barut miktarı ve fişek çekirdeği ağırlığı sabit kalıp, silah yivlerinin dönüş açıları arttırılırsa mermi namlu çıkış hızı artar. Konulan barut miktarı mermi çekirdeği ağırlığı ve yivlerin dönüş açısı sabit kalıp, namlu boyu arttırılırsa çıkış hızı azalır fakat ulaşacağı mesafe artmaktadır [63].

Konulan barut miktarı, mermi çekirdeği ağırlığı ve yivlerin dönüş açısı sabit kalıp namlu boyu kısaltılırsa çıkış hızı artar fakat ulaşacağı mesafe azalır. Yiv ateşli silahlarda merminin yolunda dönme hareketi kazanmasını sağlayan namlu içine açılmış birbirine paralel kabarıklıklardan oluşan ve silah namlusu içine spiral görüntü kazandıran kabartı ve oyuklardır [61].

4.1.8. Silah Beşik Sistemi

Namlu sistemini üzerinde barındıran, bağlantı elemanları ile taşıyıcı sisteme bağlanan ve geri tepme kuvvetlerini taşıyıcı sisteme aktaran bir yapısı vardır. Geri tepme ve icra hareketi sırasında geri tepmiş olan kütleyle kılavuzluk etmektedir [64].

4.1.9. Silah Kundak Sistemi

Silah üst kundağı ile birlikte silah sistemini üzerinde taşıyan, namlunun yatay ve düşey düzlemde yönlendirilmesini sağlayan, atış ile birlikte doğabilecek yükleri zemine ve kundak kollarına ileten sistemin adıdır. İki ana bileşenden ve yardımcı bileşenlerden oluşmaktadır. Ana bileşenleri alt kundak ve üst kundaktır. Diğer yardımcı bileşenleri ise alt tabla, yan ve yükseliş mekanizmaları ve dengeleme sistemleridir [65].

4.2. Ateşleme Tertibatı

Silah iğnesinin mermi kapsülüne darbe yaparak barutun ateşlenmesini sağlayan kısımdır. Tetik, iğne, iğne yayı, horoz, horoz mesnedi ve yayından oluşmaktadır [62].

4.2.1. Tetik

Merminin ateşlenmesi için ilk hareketi veren silah kısmına tetik denir. Silah tetiğinin çekilmesi ile birlikte otomatik tabancalarda horoz silah iğnesi çarparak iğnenin büyük bir kuvvetle kapsüle vurmasını sağlar veya iğneli (horozsuz) sistemdeki gibi silah ateşleme iğnesini serbest bırakıp harekete geçirerek kapsüle çarpmasını sağlar [62].

4.2.2. İğne

Silahta horozun yapacağı hareketi fişek kapsülüne aktaran ve silahtaki patlamayı gerçekleştiren parçadır [62].

4.2.3. İğne Yayı

Silahta horoz tarafından ileriye itilen iğnenin iğne yuvası içinde, daha sonra da geriye ve normal yerine gelmesini sağlamaktadır [62].

4.2.4. Horoz

Silahın horozlu sisteminde tetiğin çekilmesi ile birlikte iğneye bir kuvvet uygulayarak iğnenin kapsüle çarpmasını sağlayan kısımdır. Toplu tabancalarda olduğu gibi doğrudan kapsüle çarpan kısımdır [64].

4.2.5. Horoz mesnedi ve yayı

Horoza direnç ve esneklik sağlayan parçadır. Şekil 4.2.'de tarihi top namlu görüntüsü vardır.

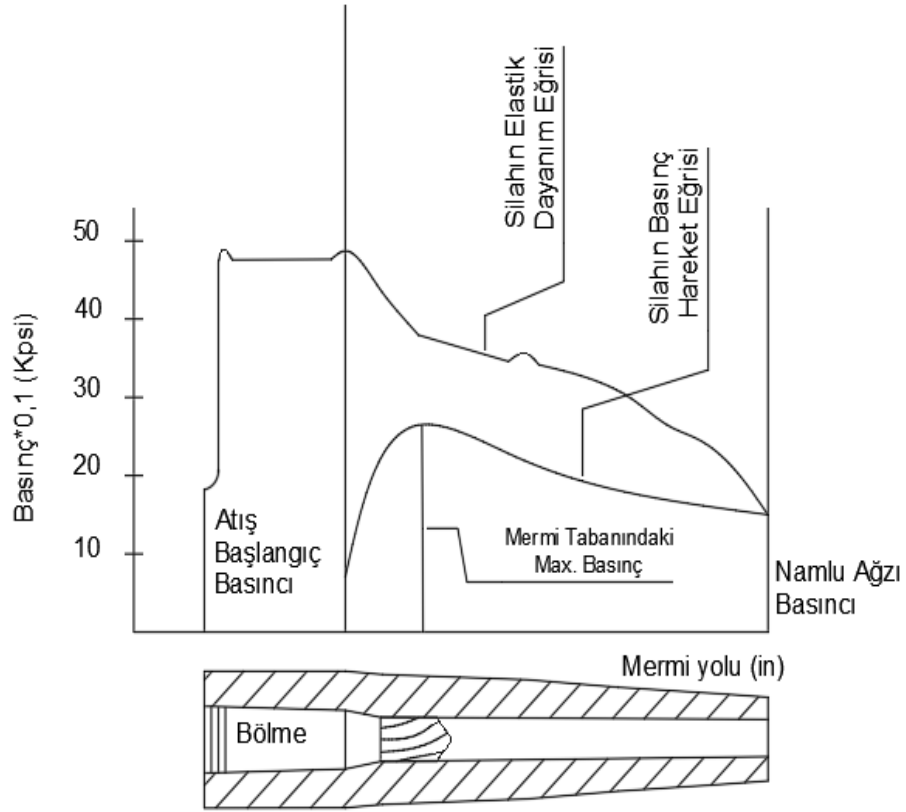


Şekil 4.2. Tarihi top namlu görüntüsü [66].

Top namluları, balistik çevrim esnasında meydana gelen yüksek basınçlara dayanacak şekilde yapılmaktadır. Namlu en yüksek basınçların hüküm sürdüğü arka kısımlarda en büyük kalınlığa sahip olmaktadır [64].

Namlu mukavemeti (cidar kalınlığı) bütün balistik çevrim boyunca sistem bütünlüğünü garanti etmek için yeterli şekilde, namlu ağzına doğru azalmaktadır [64].

Şekil 4.3.' te tipik mermi tasarımı resmi gösterilmektedir. Namlu içerisinde mermi hareketi sonucu meydana gelen namlu içi ve namlu ağzı basınçları vardır.



Şekil 4.3. Namlu mukavemet talepleri, Tipik tasarımı [14].

4.3. Ateşli Silahlar

Silah; “uzaktan ya da yakında canlıları öldürebilen, yaralayan, etkisiz bırakan, canlı organizmaları hasta eden, cansızları parçalayan, yok eden araç ve aletlerin tümüne” denmektedir. Mermiye, ateşlenen barut gazıyla itici güç vererek hedefe ulaştırmaya yarayan aletlere ateşli silah denmektedir [5].

Başka bir tanıma göre; mekanik bir kuvvetle içerisinde bulunan sert cisimleri belirli mesafelere kadar ulaştıran ve orada da bu sert cismin etkisiyle tahribat yapan aletlere ateşli silah denir. Bu iki tanıma göre ateşli silah; özel şekil ve niteliği bulunan mermiyi barut gazı basıncı ile uzak mesafelere atabilen aletler olarak tanımlanır [14].

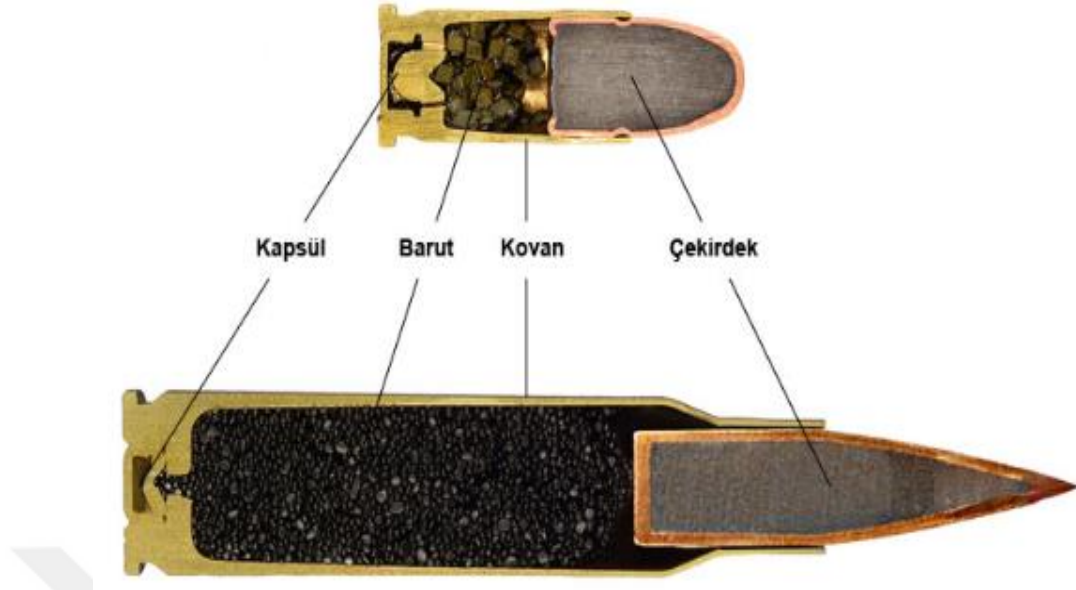
Tabanca, tüfek örnek olarak bu grupta gösterilebilen silah türleridir. Şekilde bir tabancanın çalışma prensibi gösterilmektedir. Tabancaların tersine, uzun namlulu hafif silahlar genellikle omuza dayalı olarak atış yapılan mekanizma dipçik, kundak ve namlu olmak üzere dört ana parçadan oluşan silahlardır. Bunları savaş tüfekleri ve av tüfekleri olmak üzere iki başlıkta inceleyebiliriz. Savaş tüfekleri yiv ve setli olup, uzun menzil ve tahrip gücü yüksek olan silahlardır. Şekil 4.4.'de ateşli silahın çalışma prensibi verilmektedir. Merminin şarjörden namluya verilmesi gösterilmektedir [15].



Şekil 4.4. Ateşli silahın çalışma prensibi [15].

Ateşli silahların en önemli parçası mermidir. Ağır ve hafif silah mermileri arasında yapısal farklılıklar bulunur. Hafif silah mermilerine fişek denilir ve dört temel bölümden oluşur. Fişegin namludan hızla çıkan, uç bölümü mermi çekirdeğidir. Silah ateşlenince, içeride oluşan yüksek gaz basıncı mermi çekirdeğini hedefe doğru iter. İkinci bölüm olan sevk barutu, yanma sonrası istenilen basınç artışını sağlamaktadır. Üçüncü kısım da mermi kovanıdır [67].

Mermi kovanı, fişek parçalarının hepsini bir arada tutan ve gövde görevi yaparak barutun doldurulduğu kısımdır. Son olarak kovanın arkasında, barutun yakılmasını sağlayan kapsül bölümü yer alır. Kapsül fişegin ateşlenmesi sağlar ve tetik mekanizmasıyla kontrol edilir. Şekilde 4.5.'de hafif silah fişeklerinin içyapısı ve bölümleri görülmektedir [67].



Şekil 4.5. NATO Mermisine ait hafif silah fişegin yapısı [67].

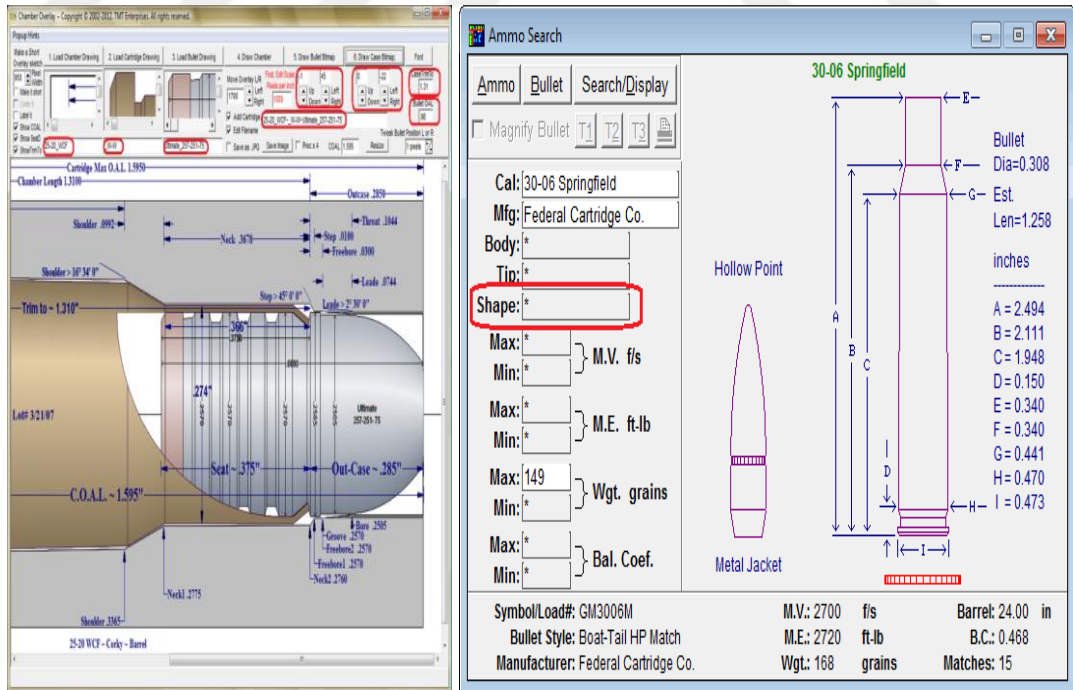
Silah ateşleme iğnesinin çarpmasıyla fişek kapsülü patlar ve mermi kovanındaki barutu tutuşturur. Mermi içerisinde bulunan barutun yanmasıyla ortaya çıkan sıcak gazın basıncı mermi çekirdeğini ileriye doğru iter ve çekirdek namlu ağzından büyük bir hızla hedefe doğru harekete başlar [68]. Fişek kapsülünde bulunan ve çoğunlukla kurşun stıfnat, baryum nitrat, antimon sülfıt vb bileşiklerin karışımından oluşan madde tutuşarak, meydana getirdiği alev kovan içindeki barutu ateşler. Bu sırada namlu içinde basınç 60.000 psi ye kadar yükselir. Barutun patlaması 2800 °C'ı aşabilen büyük bir sıcaklık ve ilk hacmine kıyasla 1300 kata kadar genişleyen bir gaz kitlesi oluşmaktadır [69].

Bu kısa sürede namlu içinde oluşan ve santimetrekarede 2000-3000 kg varabilen basıncın büyük bir kısmı mermiyi namluya gönderir ve burada mermi setlere sürtünüp kendi ekseni etrafında dönüş yaparak büyük bir hızla namluyu terk eder. Enerjinin geri kalan kısmından bir bölümü “geri tepme” şeklinde silahı kullanan kişiye aktarılırken, bir bölümü de yarı-otomatik silahlarda, silahın bir sonraki atış için kurulması ve doldurulmasında harcanmaktadır [69].

Günümüzde elde edilen veriler silaha bağlı şiddetin dünyada arttığını belirtmektedir. Ateşli silahlara ait şiddetin farklı veri tabanlarında yapılan kapsamlı bir araştırmaların ardından, İngilizce hakemli dergilerde yayınlanan birçok çalışma tespit edilerek, konu detaylı olarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, gelişmiş ülkelerde şiddet içeren bir suçta kesici aletler, keskin silahların yaygın olarak kullanıldığı ve bundan dolayı da ateşli silahlarla meydana gelen şiddetlerin çetelerle ilgili suçları tartışırken, bu sebebe dayalı olayların önemli ölçüde arttığını gözlemlenmektedir. Son yüzyılda geçen birkaç yılda bazı reformlar yapılmakta ve ateşli silahlarla ilgili şiddet üzerindeki etkileri incelenmektedir [60].

4.4. Mermi Tasarımı

Mermi tasarımında büyük çeşitlilik mevcuttur. Mermi tasarımı, mermi hedef tipine bağlıdır. Mermi tasarım parametresi sadece merminin ivme ve hızına değil, aynı zamanda çevrimin başlangıç kısmında basınç artış hızına etki edeceğinden, mermi kütlesi özel öneme sahiptir [9]. Şekil 4.6.'da mermi tasarımı yapabilen programlara ait ara yüz örnekler görülmektedir.



Şekil 4.6. Mermi tasarım ara yüzü [9].

Ateşli silahların en önemli parçası mermidir. Ağır ve hafif silah mermileri arasında yapısal farklılıklar bulunmaktadır. Silah ateşlenince, içeride oluşan yüksek gaz basıncı mermi çekirdeğini hedefe doğru fırlatır. İkinci bölüm olan sevk barutu, yanma sonrası istenilen basınç artışını sağlamaktadır. Üçüncü kısım mermi kovanıdır. Mermi kovani, fişek parçalarının hepsini bir arada tutan ve gövde görevi yapan barutun doldurulduğu kısımdır. Son olarak kovanın arkasında, barutun yakılmasını sağlayan kapsül bölümü yer almaktadır. Kapsül fişegin ateşlenmesini sağlar ve tetik mekanizmasıyla kontrol edilmektedir [5].

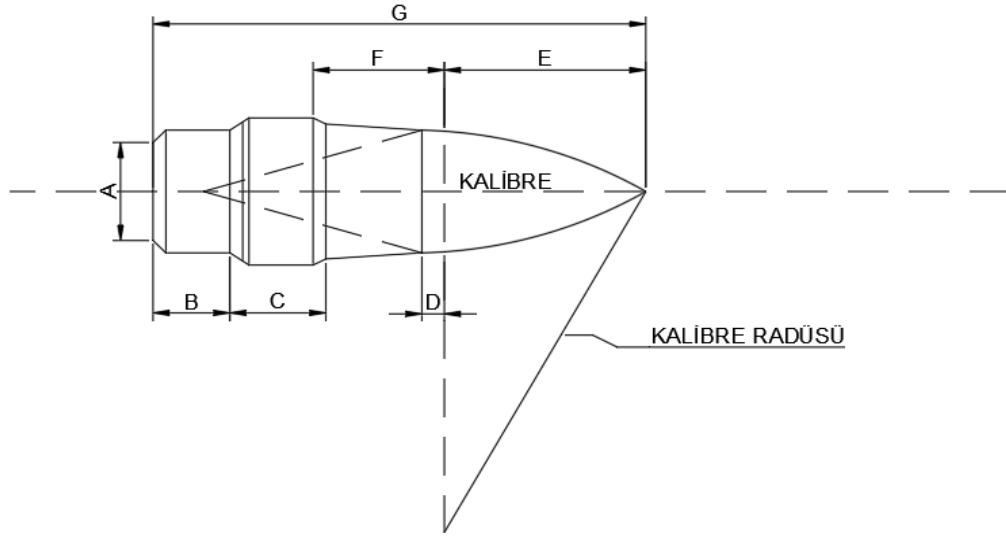
Şekil 4.7.'de hafif silah fişeklerinin içyapısı görülmektedir. Hafif silah mermilerinden farklı olarak ağır silah mermisinin gövdesi, sevk çemberi ile kılavuz arasındaki silindirik kısımdır. Kılavuz ve sevk çemberi, mermi gövdesine göre hafifçe yükseltilmiş kısımlardır. Bu yüzeyler merminin namlu içinde hareketi esnasında destekleme ve mermi yatak vazifesi görürler. Bu yüzeyler aynı zamanda mermi etrafından sıcak barut gazlarının kaçak yapmasına karşı sızdırmazlık temin etmektedir [5].

Silah Sisteminin karakteristik basınç-hareket eğrisi birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan en önemlileri şunlardır:

- Sevk barutunun terkiibindeki değişiklikler.
- Sevk barutunun yanma hızındaki değişiklikler.
- Ateşleme karakteristikleri.
- Barut tane yapısındaki değişkenler.
- Barutun miktarındaki artış ve azalışlar.
- Çevre ortam sıcaklığı.
- Merminin yapısı ile ilgili değişimleri.
- Yivleme mukavemeti görünüşündeki değişiklikler.

Top tasarımında büyük bir çeşitlilik olduğu gibi, aynı çeşitlilik mermi tasarımında da mevcuttur. Mermi tasarımı, mermi hedef tipine bağlıdır. Mermi tasarım parametresi, sadece merminin ivme ve hızına değil, aynı zamanda çevrimin başlangıç kısmında basınç artış hızına etki edeceğinden, mermi kütlesi özel öneme sahiptir [5].

Aşağıda verilen şekilde tipik bir merminin kısımlarının gösterimi yapılmıştır. Şekil 4.7.'deki harflerin anlamları: A-Mermi taban plakası, B-Taban, C-Sevk çemberi, D-Kılavuz, E-Oviğe (Burun), F-Gövde, G-Kiriş

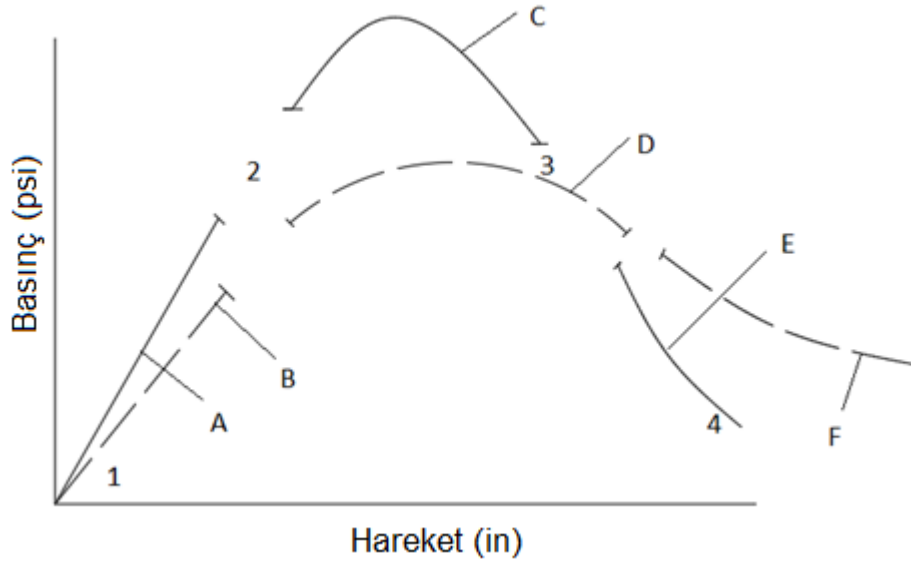


Şekil 4.7. Tipik mermi gösterimi [14].

Merminin gövdesi, sevk çemberi ile kılavuz arasındaki silindirik kısımdır. Kılavuz ve sevk çemberi, mermi gövdesine göre hafifçe yükseltilmiş kısımlardır. Bu yüzeyler merminin namlu içinde hareketi esnasında destekleme ve yatak olma vazifesi görmektedirler.

4.5. Basınç-Hareket Eğrisi

Şekil 4.8.'de basınç-mermi hareketi eğrisine etki eden parametreler gösterilmiştir. Şekildeki harflerin ifadeleri: A-Kuvvetli Ateşleme, B-Zayıf Ateşleme, C-Yüzey Alanında Hızlı Değişme, D-Yüzey Alanında Daha Az Hızlı Değişme, E-Hızlı Hazne Genişlemesi (Hafif mermi, dönmeye karşı düşük mukavemet), F-Daha Az Hazne Genişlemesi (Ağır mermi, dönmeye karşı büyük mukavemet)



Şekil 4.8. Basıncı Mermi hareketi eğrisine etki eden parametreler [14].

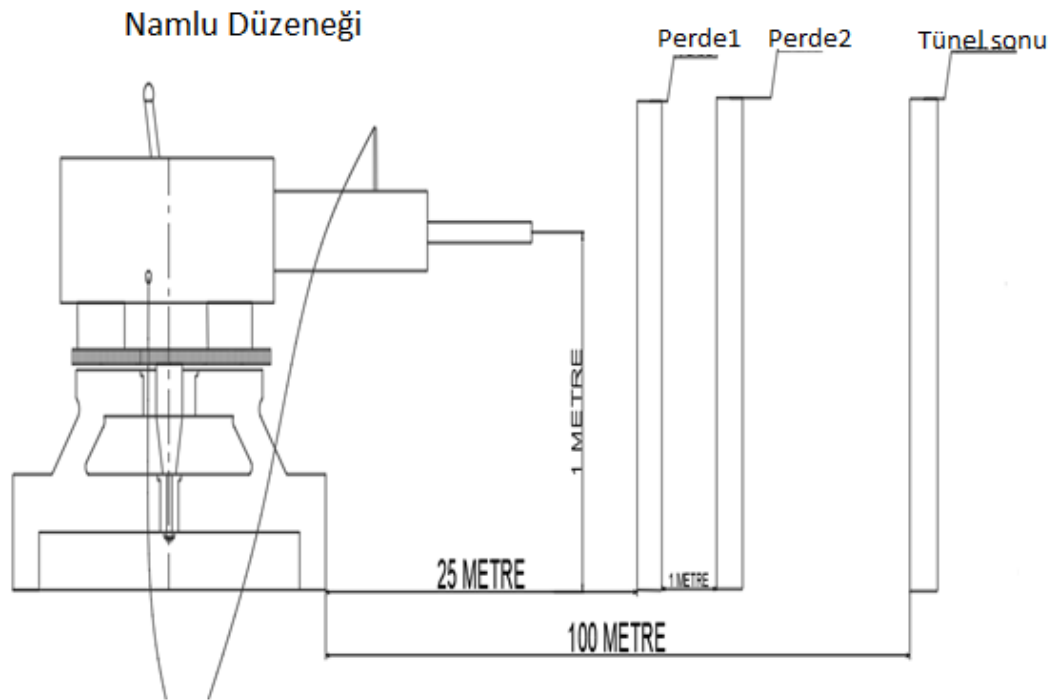
5.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, NATO fişegi kovani içerisinde farklı barut türleri ve barut miktarlarıyla dolumu yapılarak, sevk barutlarının iç balistik etkileri deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Namlu içerisinde oluşan maksimum basınç ve namlu ağzı hız değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sayısal sonuçların aralarındaki karşılaştırmalar yapılmıştır. Kurulan deney düzeneği sayesinde mermi hızı, namlu iç basıncı, namlu ağzı basıncı ve namlu çıkış zamanı gibi değerler hassas bir şekilde ölçülebilmektedir. Kullanılan bazı sayısal analizler sayesinde, zamandan ve mermi üzerinde yapılacak deneysel çalışmalarda test numune sayılarının azaltılması yönünden kazanımlar sağlanmıştır. Çalışmada kinetik enerjili NATO mermisinin namlu içi hızlarının ve oluşan basıncın ölçüm sonucunun hedef kâğıdı üzerindeki CDFC etkisi sayısal verilerle incelenmiştir. Mermi testi yapılan ortamın iklim değerleri; sıcaklık +21 °C ve bağıl nem % 40-60 arası değerlerde sabittir. Bilgisayar destekli analiz programları kullanılarak yapılan test atışları ve atışlar sonucunda alınan namlu içi iç balistik değerlerin birbirleriyle karşılaştırılması yapılabilmektedir.

Test atışlarının yapıldığı deney ortamında, 7,62 mm mermi hızı ölçüm sisteminin farklı miktarlarda ve türlerdeki sevk barutu yüklemesine ait mermilerin hızları belirlenmiş, sonuçlar tablo haline getirilmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen mermi hızları ve hedef kâğıdı üzerindeki atış CDFC değerleriyle birlikte atışların karşılaştırılması yapılabilmektedir. Bu analizler sonrasında, merminin menzili ve namlu içi basınçları, namlu ağzı basınçları sayısal olarak incelenebilmektedir. Namlulu silah sistemlerinde, barut terkiibindeki barut miktarının ve barut çeşidinin iç balistik olaylarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Barut tane geometrisi olarak küresel ve silindirik geometrili barutlar seçilmiştir. Silahların hedef üzerinde doğruluğu ve atış yörünge benzetimi yapılabilmektedir. Namlu içerisinde oluşan maksimum basınç, namlu çıkış hızı, namlu önü gürültü değeri, namlu çıkış zamanı gibi ölçülebilen değerlerle birlikte hedef balistik üzerindeki CDFC ölçümleri arasında ilişki tespit edilmiştir. Elde edilen sayısal verilerin karşılaştırılmasıyla oluşturulan tablo ve grafiklerle yapılan test atışlarının sayısal analizi sağlanabilmektedir.

5.1. Test Düzenegi

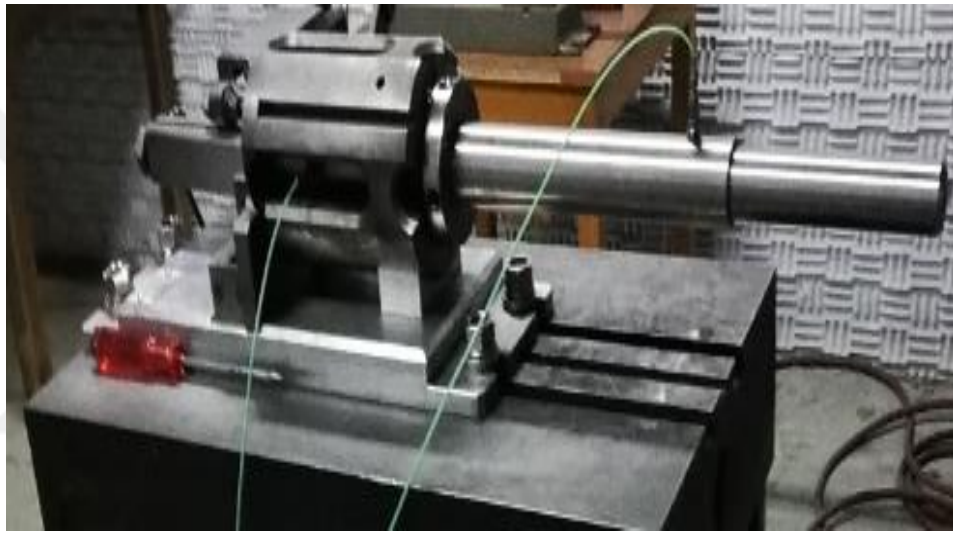
Fişek kovanı içerisine yapılacak barut dolumu ölçümleri hassas ölçüm cihazında yapılmıştır. Barut miktarıyla birlikte barut çeşitlerinin hedef doğruluğu üzerine etkisinin incelenmesi ve sayısal bulguların elde edilmesi amaçlarımız arasındadır. Bu doğrultuda, öncelikle deneysel bölümde kullanılacak NATO mermimizin iç dinamiğinin hedef doğruluğu üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla ön testler yapılmıştır. Böylece deneylerin devamına yönelik, barut miktarları ve barut çeşitleri konusunda bir fikir oluşturulmaya çalışılmıştır. Mermi hızlarının ölçümü için hızölçer ve mermi varış süresi ölçümleri için süreölçer kullanılmıştır. Test atışları esnasında atılan merminin çıkarmış olduğu sesin şiddeti ses ölçüm cihazı yardımıyla ölçülmüştür. Merminin içerisine konan barut miktarı ile orantılı olarak ses seviyesinde yükselmeler gözlemlenmiştir. Ses seviyesinde ulaşılan değerler 110-130 desibel arası değişiklik göstermiştir. Ulaşılan bu değerler bir uçağın kalkışı sırasında çıkarmış olduğu ses seviyesindedir. Şekil 5.1.'de testlerin yapıldığı düzeneğin şematik resmi gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Test yapılan NATO mermisinin atış düzeneği

Atış yapılan poligonda, hedefin bulunduğu tünelin tam boyu 100 metredir. Elektronik olarak mermi hızını algılayan iki adet perde yerleştirilmiştir. Bu perde düzeneği aralarında 1 metre mesafe olacak şekilde mermi atış mekanizmamıza olan uzaklığı 25 metredir. Kurulan düzenek aracılığı ile atılan merminin saniyede aldığı mesafeyi bulunabilmektedir.

Şekil 5.2.'de atış test düzeneği sehpanın ayağı yere sabittir. Üzerindeki silah sistemi de sehpaaya yerden 1 metre mesafede cıvatayla sabitlenmiştir.



Şekil 5.2. Test mermisi atış düzeneği

5.1.1. Test Ortamı

Güvenli atış kontrol düzeneği kurulmuş poligon içerisinde bulunan birbirleri arasında 1 metre mesafe bulunan iki elektrik perdesi sayesinde istenen mesafeden atışı yapılan test mermisinin namlu dışındaki hızları tespit edilebilmektedir.

Testler yapılırken atış sehпасına sabitlenmiş namlu kullanılmıştır. İlk ayarlamalarla atış yapılan merminin hedefe isabet etmeleri için hedef sistemi ayarlanmıştır. Silahı ateşleyecek personelin güvenliği açısından, elektrikli ateşleme mekanizması yardımıyla silahın ateşlenmesi güvenli mesafede bulunan başka bir odadan yapılmaktadır.

Test atışları MKE atış poligonunda gerçekleştirilmiştir. Poligonda, test düzeneğinde Şekil 5.1.' de gösterilen mermi atış cihazımızın değiştirilebilen namlusu sayesinde farklı çap ve markalarda mermileri belirli bir mesafeden elektrikli ateşleme düzeneği yardımı ile mermi atabilen bir atış sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.3.'te test mermisi atış poligonunda hedefe atılmaktadır. Atılan mermi 25. metrede bulunan iki plaka arasından geçerken hızı tespit edilmektedir.

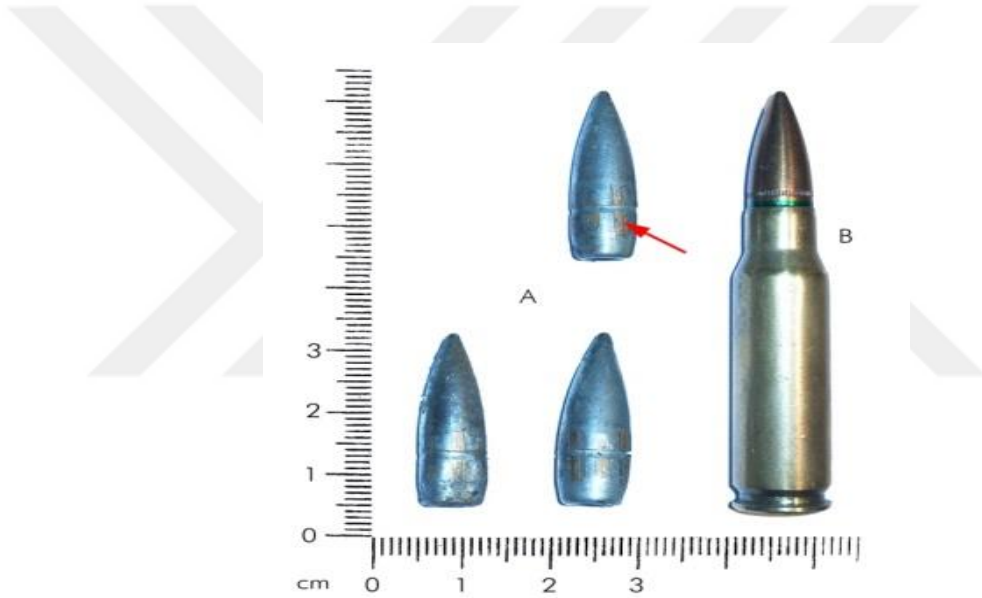


Şekil 5.3. Test mermisi atış poligonu

5.1.2. Test Mermisi

Testi yapılan mermi için kullanılan ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık % 40-60 arası bağıl nem oranları tespit edilmiştir. Test aşamasında kullanılan merminin özellikleri aşağıda verilen Şekil 5.4.'te detaylı olarak verilmiştir. Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, mermi çekirdek ağırlığı: 9,45 ± 0,10 gr' dır.

Şekil 5.4.'te NATO mermisine ait resim görülmektedir. 7,62x 51 mm olan bu mermiye farklı miktarlarda küresel barut doldurularak atış testleri yapılmıştır.



Şekil 5.4. NATO mermisinin görüntüsü [78].

Test aşamasında kullanılan bu fişeğin özellikleri aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm,

Mermi uzunluğu: 51 mm,

Atış mesafesi: 25 m,

Çekirdek ağırlığı: 9,45 ± 0,10 gr' dır.

Testi yapılan mermi için kullanılan ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık % 40-60 arası bağıl nem oranları tespit edilmiştir.

5.1.3. Test Barutları

Tercih edilen barutun elde edilmesi için devamlı olarak çalışmalar yapılmış ve hatalar en aza indirgenmiştir. Gerekli görülen hallerde numune kontrolü yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Barut içerisindeki oranlar önceki kullanılan miktarlar ile kıyaslanmıştır, hesaplamalar yapılarak elde edilen kalori değerleri arasındaki fark değerlendirilip kullanılacak mermi için barut çeşidi seçilir [14].

5.1.3.1. Küresel Barut

Küresel barut nitroselülozun küreler halinde tane yapısı oluşturulmasıyla elde edilmiş barut tipidir. Genellikle 5,56 mm, 7,62 mm, 12,7 mm ve 20 mm fişekleri gibi küçük kalibre silahlarda kullanılmaktadır, büyük kalibre silahlarda kullanımı çok sınırlıdır. . Küresel barut üretimi genellikle küçük ve orta kalibreli silah sistemleri için yapılmaktadır. Üretimin büyük bölümü sulu ortamda gerçekleştiği için silindirik barut üretimine göre daha güvenlidir. Amerikan ordusunun yaptığı araştırmaya göre bu barutta daha temiz dumansız bir yanma gerçekleştiği görülmüştür. Küresel barut sistemiyle üretilen barut kontrollü yanma olacağından düşük alev sıcaklığı sebebiyle namlu ömrü daha uzun olmaktadır [14].

Küresel barut imalat yöntemi daha güvenli ve daha emniyetlidir. Çoğu aşama su içerisinde ve ıslak bir ortamda olacağından patlama riski yoktur. Küresel barut üretim aşamaları daha az maliyetlidir. İşçilik maliyetleri Silindirik barut üretim sistemine göre daha ekonomiktir. Üretim sulu ortamda olduğundan çoğu aşamada otomasyon sistemi vardır. Transfer olacak imalat, pompalar yardımıyla olmakta ve işçilik maliyeti azalmaktadır [14].

5.1.3.2. Silindirik Barut

Silindirik barutlarda yanma hızını ayarlamak için barut taneleri üzerinde delikler açılarak yanma yüzeylerinin artırılması yoluna gidilir [14].

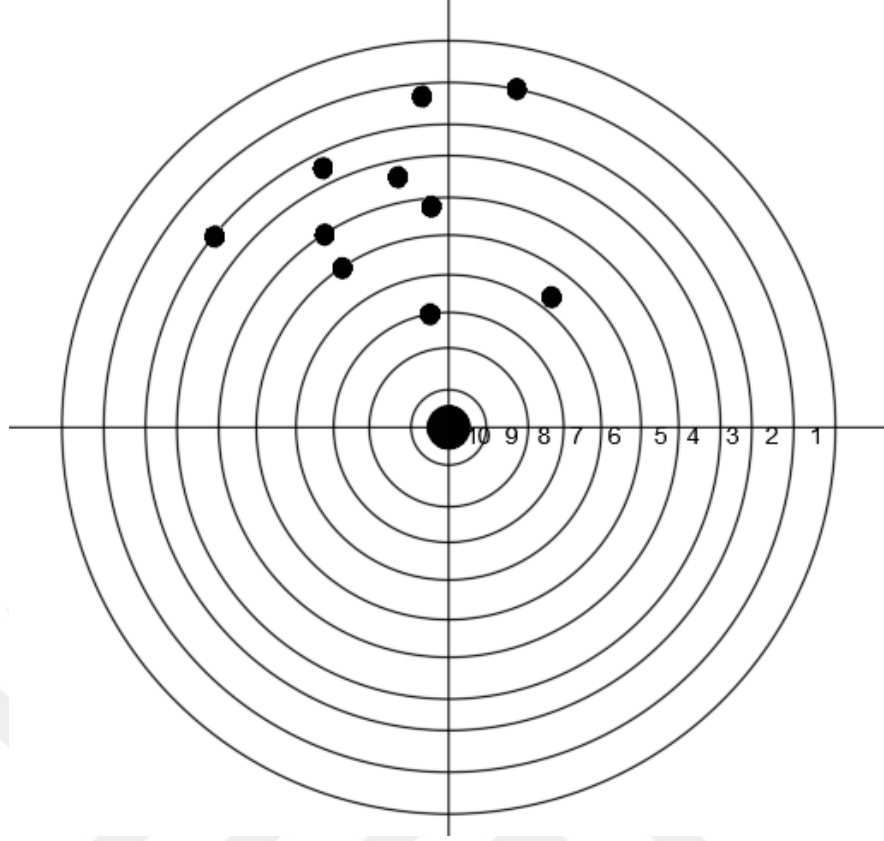
Ateşleme ile birlikte barut bütün yüzeylerinden aynı anda yanmaya başlamaktadır ve zaman ilerledikçe barutun dış yüzeydeki alan küçülecek, eğer barutumuz delikli ise iç bölgelerdeki deliklerdeki yüzey oranı artmaktadır. Silindirik barut istenilen hız ve basınç toleranslarına tatbik edilmektedir. Hız-basınç toleransı yanı sıra balistik testleri de takip edilmektedir. İstenilen barut elde edilmesi için çok sayıda çalışmalar yapılmış ve hatalar en aza indirgenmiştir. Gerekli görülen hallerde numune kontrolü yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmektedir. Barut içerisindeki oranlar önceki kullanılan miktarlar ile kıyaslanmakta, yüzdeler oranlar güncellenmektedir. Hesaplamalar yapılarak elde edilen kalori değerleri arasındaki fark yeniden hesaplanmaktadır. Kullanılan barut kaplama malzemeleri miktarları ihtiyaç doğrultusunda değerlendirilmektedir. Barutun birim zamanda yanma hızı kontrol edilmekte, namlu içi basınç ve mermi hızı dağılımı aynı namlu çapında çok sayıda ateş testi yapılarak parametreler ölçülmektedir [14].

5.2. Test Atışları

Çizelge 5.1.' de NATO mermisine ait farklı barut miktarları her atış için hazırlanan atış testi değerleri verilmiştir. Bu çizelge değerlerine göre elde edilen basınç ve hız değerleri bu çizelgede görülmektedir. Test atışları tamamen yerli üretimimiz olan Milli Piyade Tüfeğimizin namlusu kullanılarak oluşturulan test düzeneği ile yapılmıştır. Tüfeğimizin namlu özellikleri korunarak ve 7,62 mm çaplı tam metal kaplama olarak üretilen mermimiz kullanılmıştır.

5.2.1. Küresel ve Silindirik Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu

Hedefte, atışların doğrulanması için 10 tane sıfırlama atışı yapılmıştır. Atış mesafesi 25 m, mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm'dir. Atış yapılan mermi içerisine 2,75 gram barut konulmuştur. Atış doğruluğunun belirlenmesi için her bir mermi için barut miktarı aynı konulmuştur. Şekil 5.5.' te sıfırlama atışları gözlemlenmektedir.



Şekil 5.5. NATO mermisinin sıfırlama hedef görüntüsü

Atış mesafesi 25 m, mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, mermi içerisine konulan barut cinsleri ve miktarları Çizelge 5.1.'de verilmektedir.

Çizelge 5.1. Barut miktarına bağlı atış değişkenleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	2,77	0,60	3842	679	848
2	2,75	0,54	3710	688,2	837,1
3	2,70	0,40	3650,2	712,5	833,9

Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 40 - % 60 değerleri arasında bağıl nem oranı tespit edilmiştir.

Test aşamasında kullanılan merminin özellikleri aşağıda verilen şekilde detaylı olarak verilmiştir.

Mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, mermi çekirdek ağırlığı $9,45 \pm 0,10$ gr' dir. Çizelge 5.2.'de küresel barutla yapılan atış işleminde kullanılan faktörler görülmektedir.

Çizelge 5.2. Küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	2,77	0,60	3842	679	848
2	2,75	0,54	3835	680,6	845,1

Çizelge 5.2.'de küresel barut atış için değişkenler ve değerleri vardır. Namlu içerisindeki basınç değerleri ve mermi hızı gösterilmektedir.

5.2.1.1. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu

Çizelge 5.3. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	2,60	0,60	3627	720	820
2	2,65	0,60	3710	712	833
3	2,70	0,60	3767	701	839
4	2,75	0,60	3803	689	846
5	2,80	0,60	3850	672	850

5.2.1.2. Atışlar İçin Hedef Doğruluğu

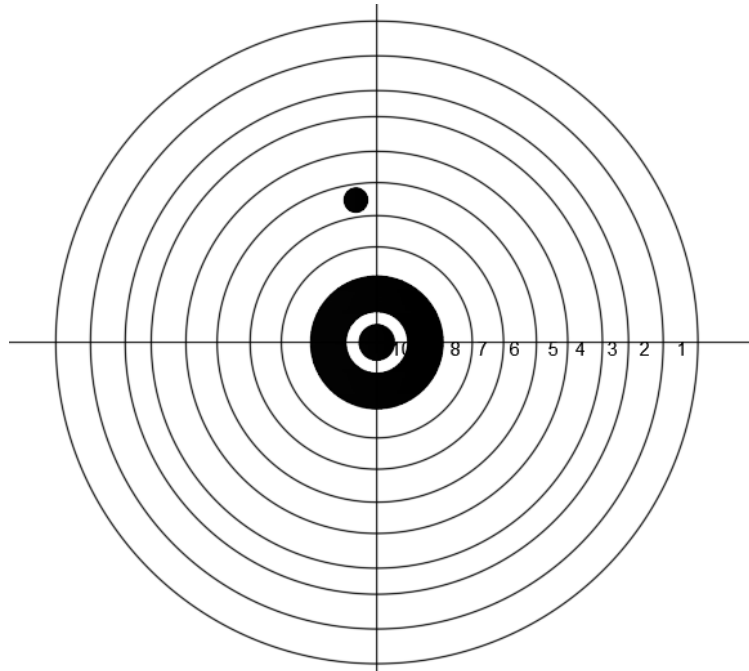
5.2.1.2.1. Bir Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

Bir numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.4. Bir numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	2,60	0,60	3627	720	820

Atış sonucu değerler aşağıdaki tablodaki gibi ve hedefte oluşan görüntü Şekil 5.6.'daki gibidir.



Şekil 5.6. Bir Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

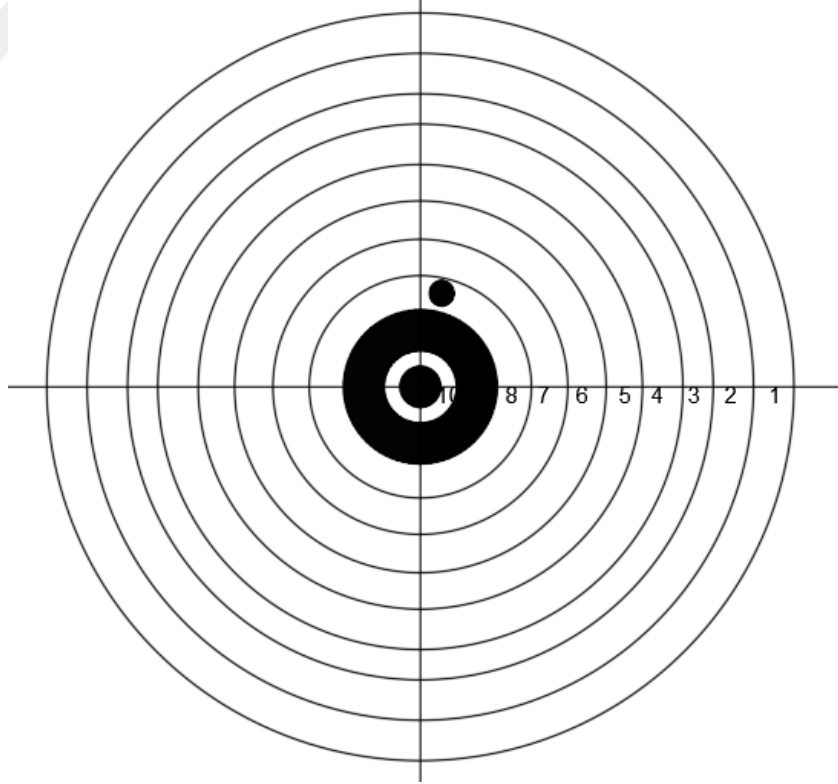
5.2.1.2.2. İki Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

İki numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.5. İki numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
2	2,65	0,60	3710	712	833

Atış sonucu atılan mermi hızı 833 m/s'dir. Hedefte oluşan görüntü Şekil 5.7.'deki gibidir.



Şekil 5.7. İki Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

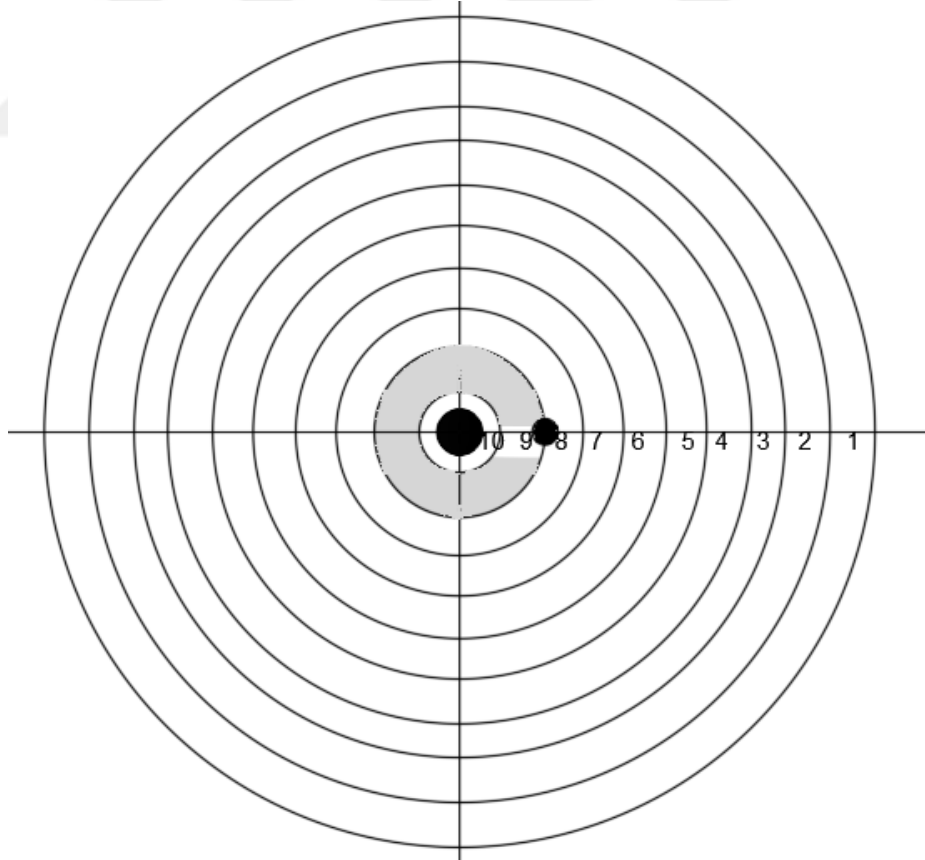
5.2.1.2.3. Üç Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

Üç numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m'dir. Ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.6. Üç numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
3	2,70	0,60	3767	701	839

Atış sonucu atılan mermi hızı 839 m/s'dir. Hedefte oluşan görüntü Şekil 5.8.'deki gibidir.



Şekil 5.8. Üç Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

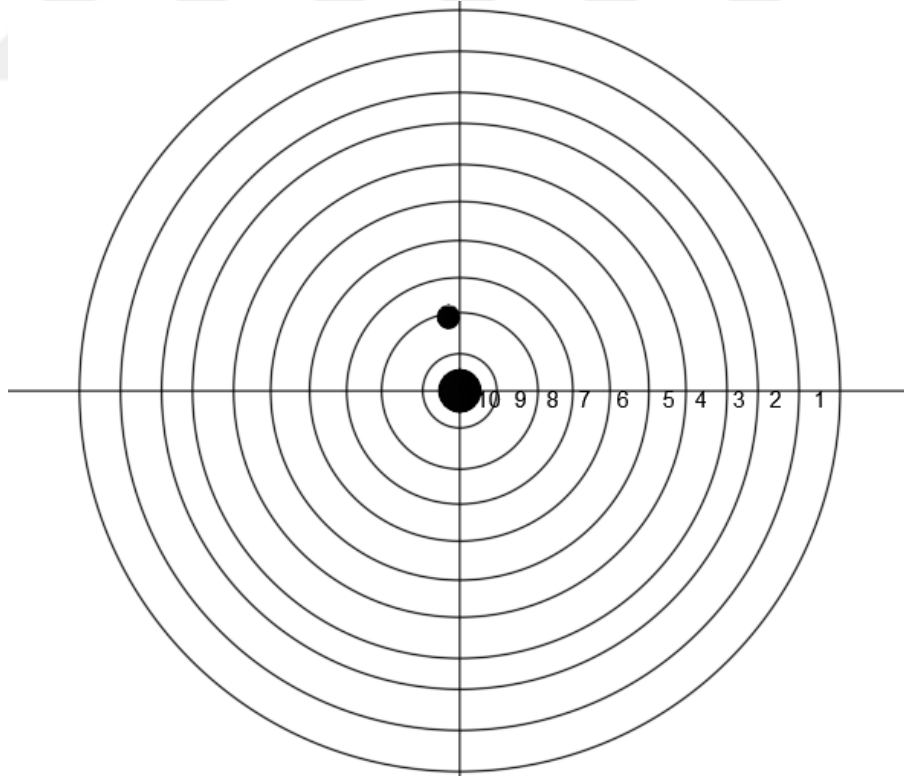
5.2.1.2.4. Dört Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

Dört numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m'dir. Ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.7. Dört numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
4	2,75	0,60	3803	689	846

Atış sonucu atılan mermi hızı 846 m/s'dir. Hedefte oluşan görüntü Şekil 5.9.'daki gibidir.



Şekil 5.9. Dört Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

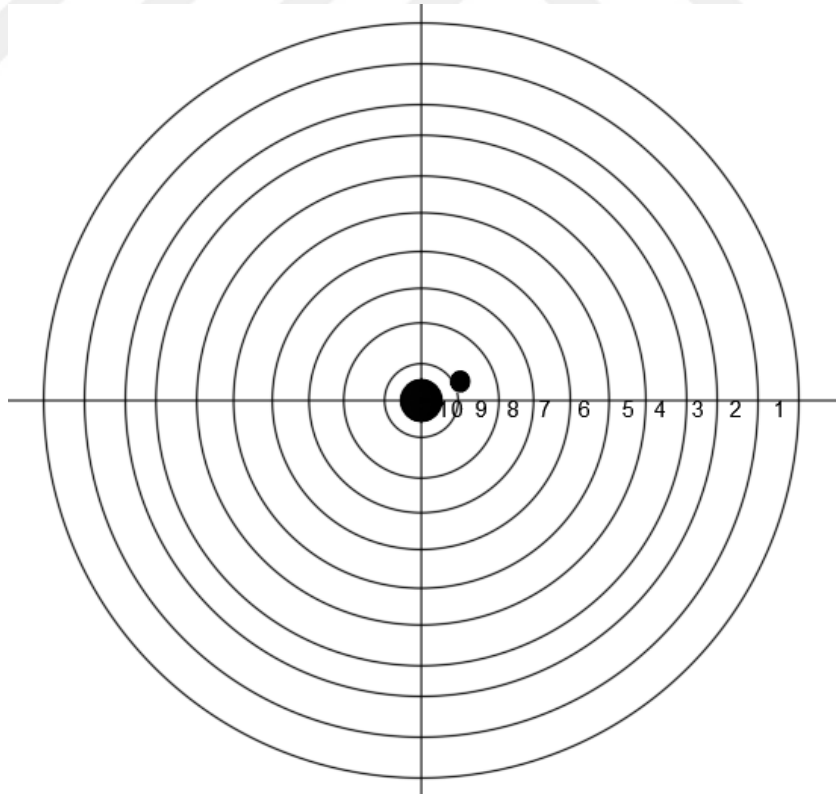
5.2.1.2.5. Beş Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

Beş numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.8. Beş numaralı atış için küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
5	2,80	0,60	3850	672	850

Atış sonucu atılan mermi hızı 850 m/s'dir. Hedefte oluşan görüntü Şekil 5.10.'daki gibidir.



Şekil 5.10. Beş Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

5.2.2. Silindirik Barut

Silindirik barutlarda, barutun yanma hızını ayarlamak için taneler üzerinde delikler açılarak yanma yüzeylerinin artırılması yoluna gidilmektedir. Ateşleme ile birlikte barut bütün yüzeylerinden aynı anda yanmaya başlamakta ve zaman ilerledikçe barutun dış yüzeydeki alan küçülmekte, eğer barutumuz delikli ise iç bölgelerdeki deliklerdeki yüzey oranı artacaktır. Silindirik barutun istenilen hız ve basınç toleranslarına tatbik edilmektedir. Hız-basınç toleransı yanı sıra balistik testleri de takip edilmektedir. İstenilen barutun elde edilmesi için çok sayıda çalışma yapılmakta ve hatalar en aza indirgenmektedir. Gerekli görülen hallerde numune kontrolü yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmektedir. Barut içerisindeki oranlar önceki kullanılan miktarlar ile kıyaslanmakta, yüzdelik oranlar güncellenmektedir [14].

Hesaplamalar yapılarak elde edilen kalori değerleri arasındaki fark yeniden hesaplanmaktadır. Kullanılan barut kaplama malzemeleri miktarları değerlendirilmekte ve barutun birim zamanda yanma hızı kontrol edilmektedir [14].

Elde edilen sayısal veriler kıyaslanarak sonuçların doğruluk oranları kontrol edilmiştir. Test aşamasında kullanılan merminin özellikleri aşağıda verilen şekilde detaylı olarak verilmektedir.

Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, mermi çekirdek ağırlığı: $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 60 - % 54 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Çizelge 5.9.'da silindirik barut için yapılan atış değerleri görülmektedir.

Çizelge 5.9. Silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız: (m/s)
1	2,77	0,60	3080	654,7	826,1
2	2,75	0,54	3029	658,6	821,7

Mermi testi yapılan ortamın iklim değerleri;
Sıcaklık +21 °C ve bağıl nem % 60 olarak tespit edilmiştir.

Testte kullanılan merminin özellikleri:

Mermi çekirdek çapı: 7.62 mm,

Mermi uzunluğu: 51 mm,

Atış mesafesi: 25 m,

Mermi çekirdek ağırlığı: 9,45 ± 0,10 gr' dır.

5.2.2.1. Silindirik Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu

Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, mermi çekirdek ağırlığı: 9,45 ± 0,10 gr'dır. Ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında silindirik barut ile 5 atış gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.10. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız: (m/s)
1	2,60	0,60	3047	670	817
2	2,65	0,60	3070	666	820
3	2,70	0,60	3107	664	822
4	2,75	0,60	3133	659	825
5	2,80	0,60	3150	654	829

5.2.2.2. Atışlar İçin Hedef Doğruluğu

Hedefte, atışların doğrulanması için 10 tane sıfırlama atışı yapılmıştır. Atış mesafesi 25 m, mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm'dir.

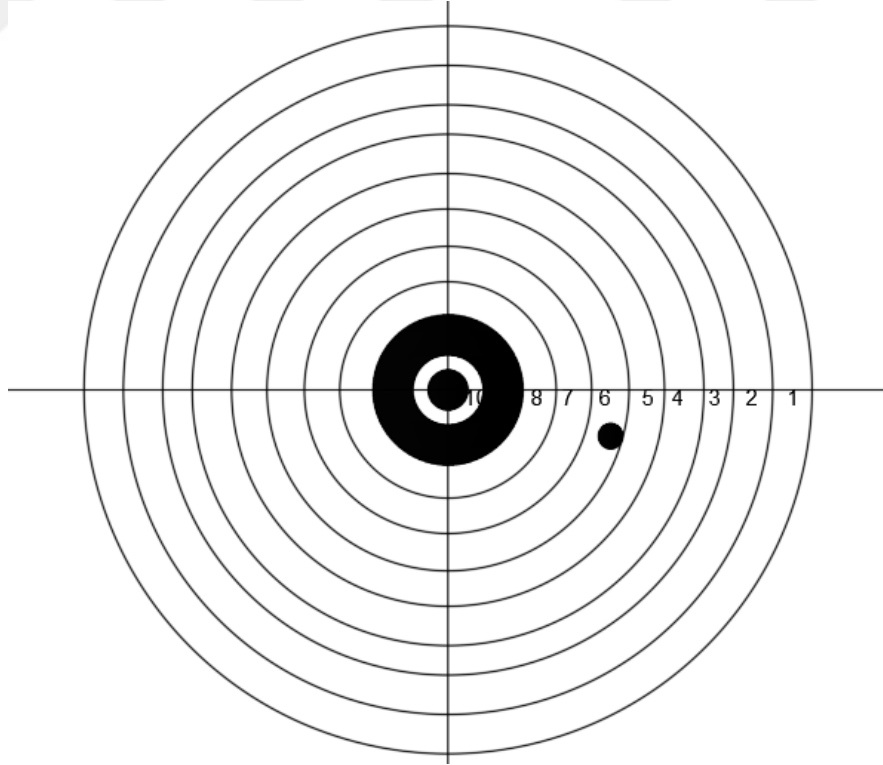
5.2.2.2.1. Bir Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

Bir numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, ortamın iklim değerleri: 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.11. Bir numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	2,60	0,60	3047	670	817

Atış sonucu değerler yukarıdaki tablodaki gibi ve hedefte oluşan görüntü Şekil 5.11.'deki gibidir.



Şekil 5.11. Bir Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

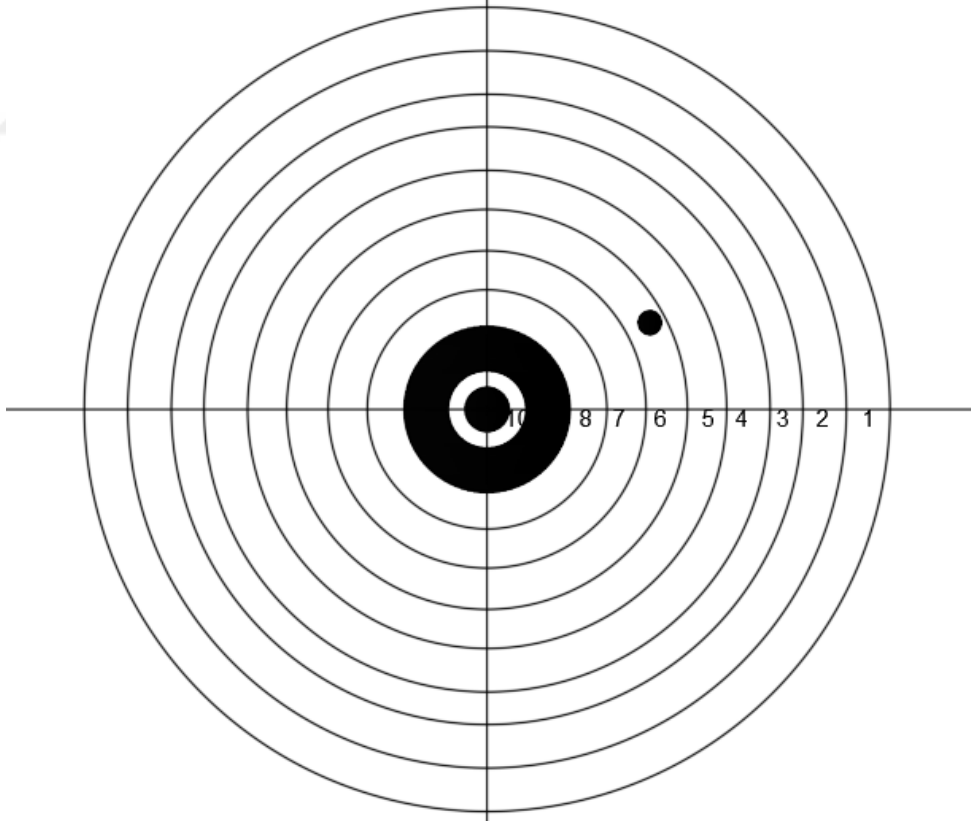
5.2.2.2.2. İki Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

İki numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.12. İki numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağızı Basıncı (bar)	Namlu Ağızı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
2	2,65	0,60	3070	666	820

Atış sonucu atılan mermi hızı 820 m/s'dir. Hedefte oluşan görüntü Şekil 5.12.'daki gibidir.



Şekil 5.12. İki Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

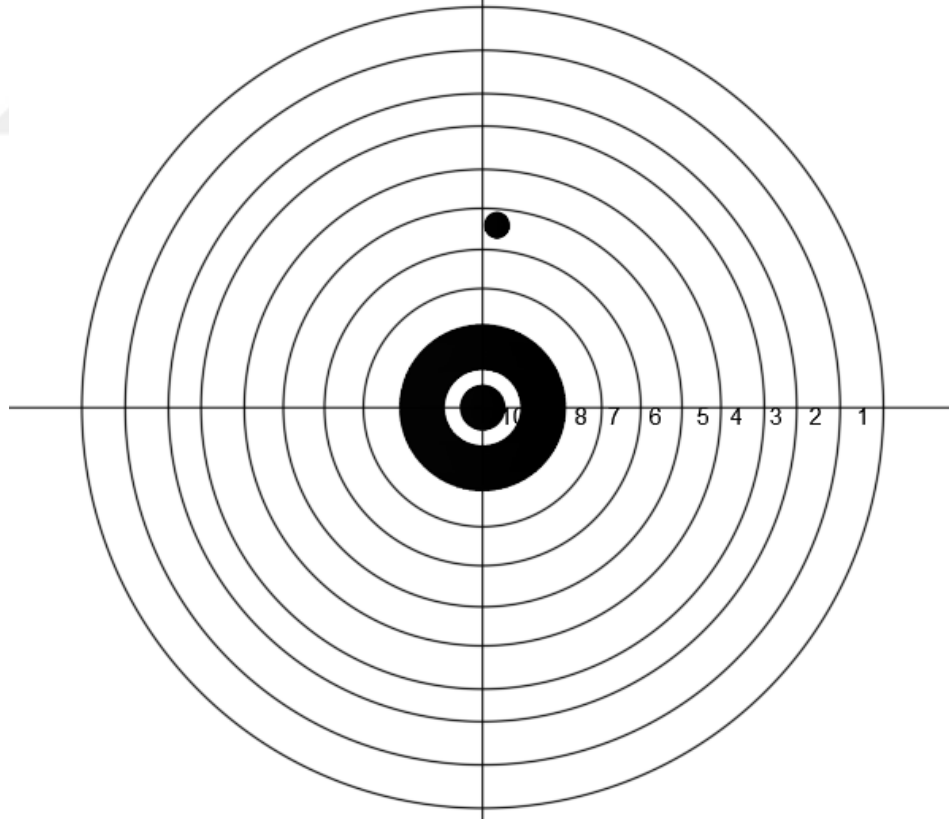
5.2.2.2.3. Üç Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

Üç numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, ortamın iklim değerleri: 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.13. Üç numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağız Basıncı (bar)	Namlu Ağız Basıncı (bar)	Hız (m/s)
3	2,70	0,60	3107	664	822

Atış sonucu atılan mermi hızı 822 m/s'dir. Hedefte oluşan görüntü Şekil 5.13.'deki gibidir.



Şekil 5.13. Üç Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

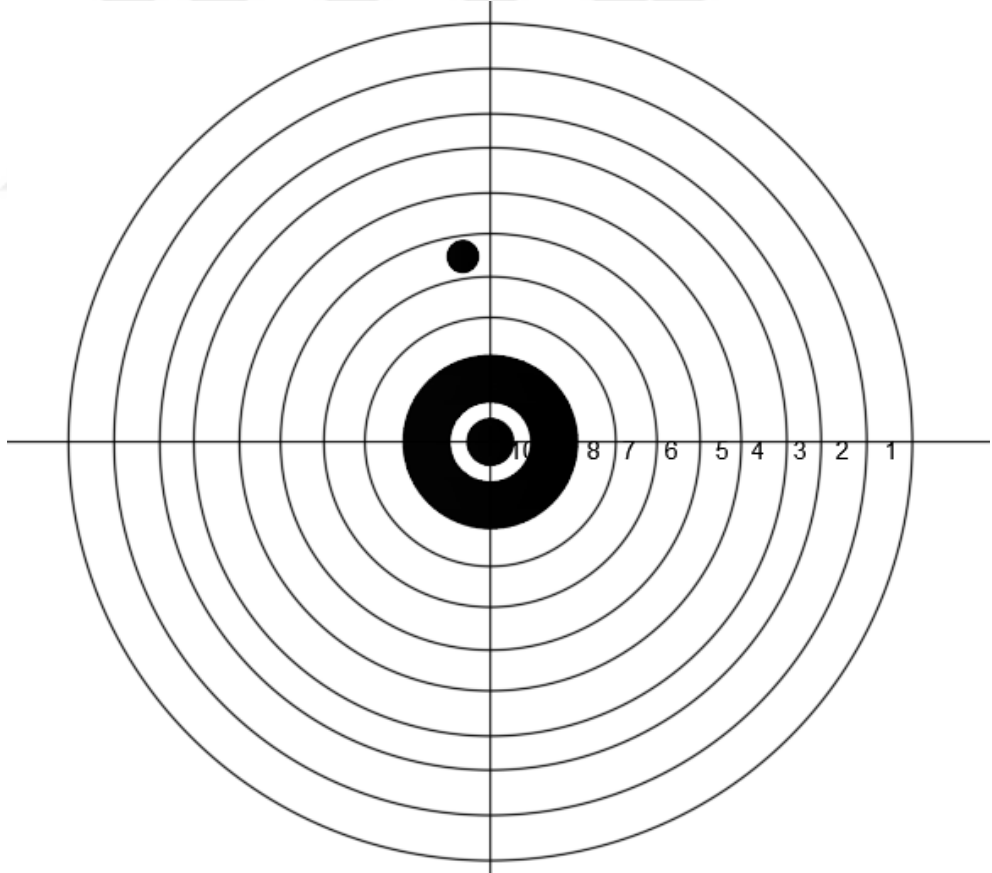
5.2.2.2.4. Dört Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

Dört numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.14. Dört numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
4	2.75	0.60	3133	659	825

Atış sonucu atılan mermi hızı 825 m/s'dir. Hedefte oluşan görüntü Şekil 5.14.'deki gibidir.



Şekil 5.14. Dört Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

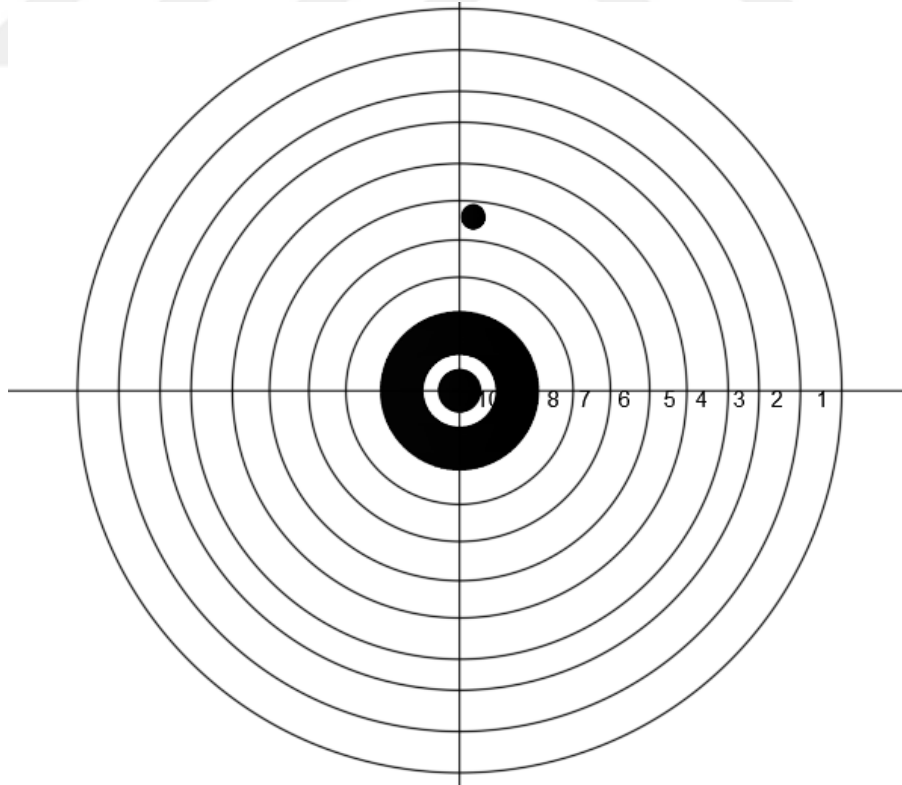
5.2.2.2.5. Beş Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

Beş numaralı atış için değerler; mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, ortamın iklim değerleri: 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.15. Beş numaralı atış için silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
5	2,80	0,60	3150	654	829

Atış sonucu atılan mermi hızı 829 m/s'dir. Hedefte oluşan görüntü Şekil 5.15.'deki gibidir.



Şekil 5.15. Beş Numaralı Atış İçin Hedef Doğruluğu

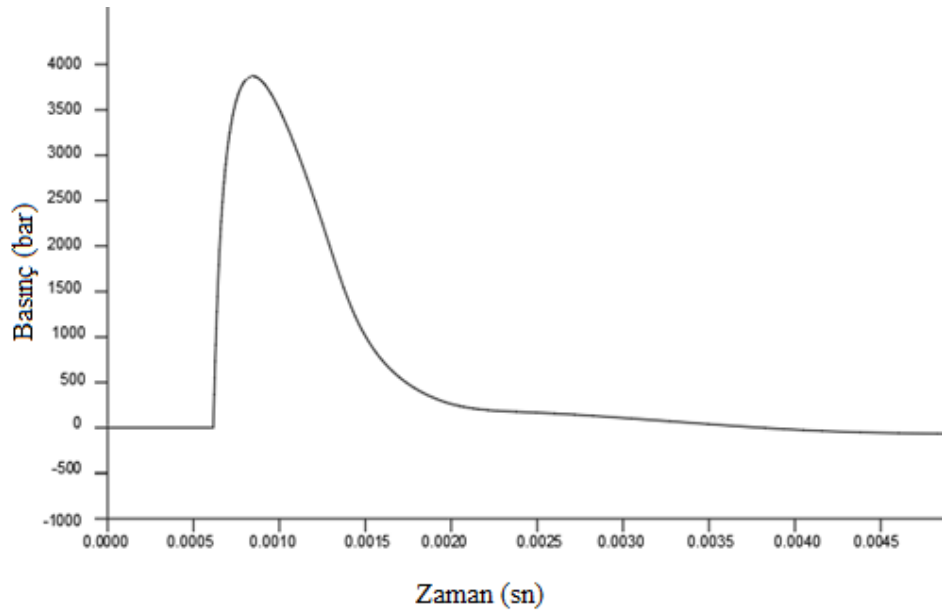
5.2.3. Küresel Barut İle Yapılan Atışlar

Mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, barut miktarı: 2,77 gr, mermi çekirdek ağırlığı: $9,45 \pm 0,10$ gr' dir.. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 128 dB olarak ölçülmüştür. Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.16.'da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

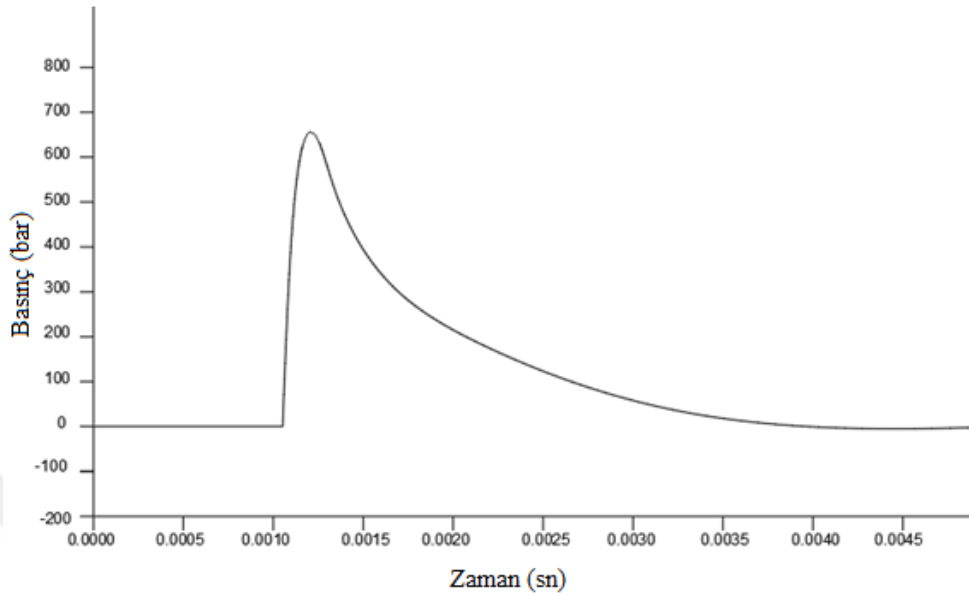
Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	2,77	0,60	3842	679	848

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu içi basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.16.'da verilmiştir.



Şekil 5.16. Namlu İçi Basınç-Zaman Grafiği

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu ağız basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.17.'de verilmiştir.



Şekil 5.17. Namlu Ağız Basıncı-Zaman Grafiği

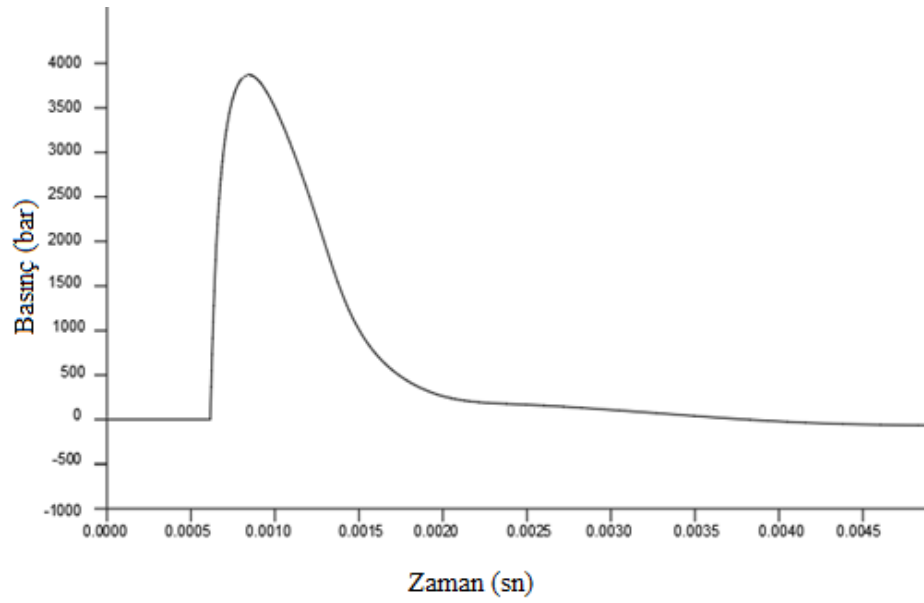
Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış Mesafesi: 25 m, barut miktarı: 2.75 gr, mermi çekirdek ağırlığı: $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 54 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 125 dB olarak ölçülmüştür.

Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.17.'de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

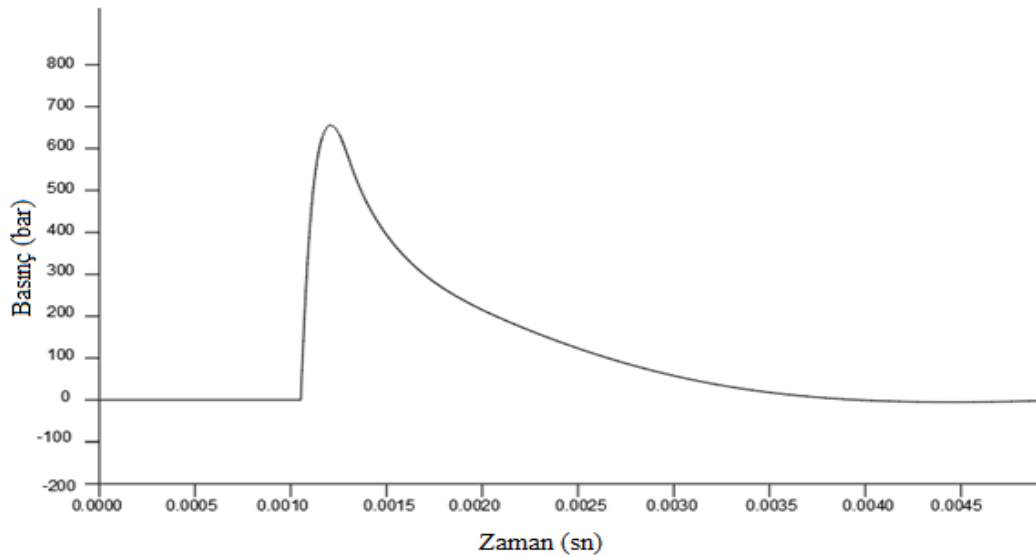
Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağız Basıncı (bar)	Namlu Ağız Basıncı (bar)	Hız (m/s)
2	2,75	0,54	3787	690,63	835,1

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu içi basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.18.'de verilmiştir.



Şekil 5.18. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu ağız basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.19.'da verilmiştir.



Şekil 5.19. Namlu Ağız Basıncı-Zaman Grafiği

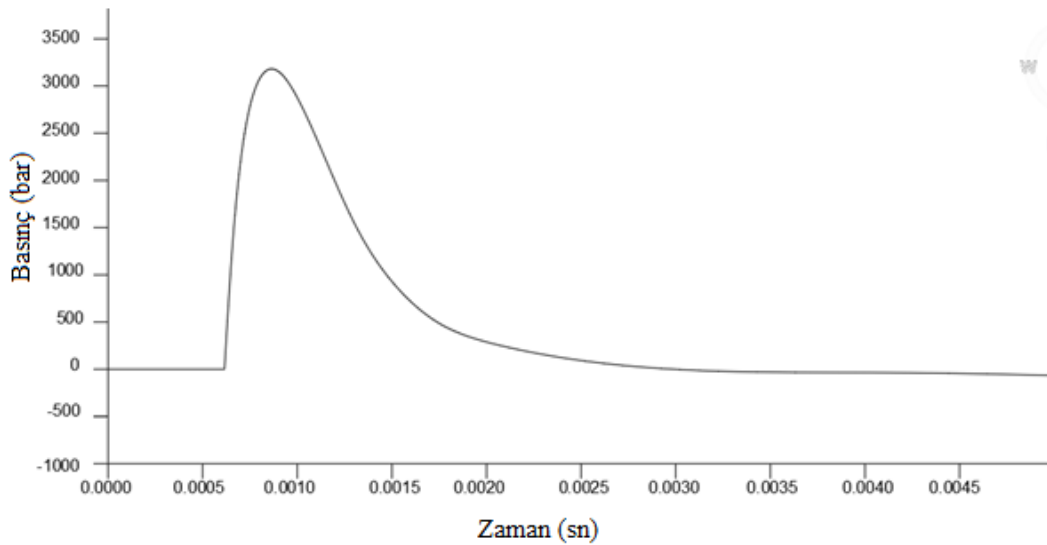
5.2.4. Silindirik Barut İle Yapılan Atışlar

Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, barut miktarı: 2,77 gr, mermi çekirdek ağırlığı $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 120 dB olarak ölçülmüştür Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.18.'de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerler

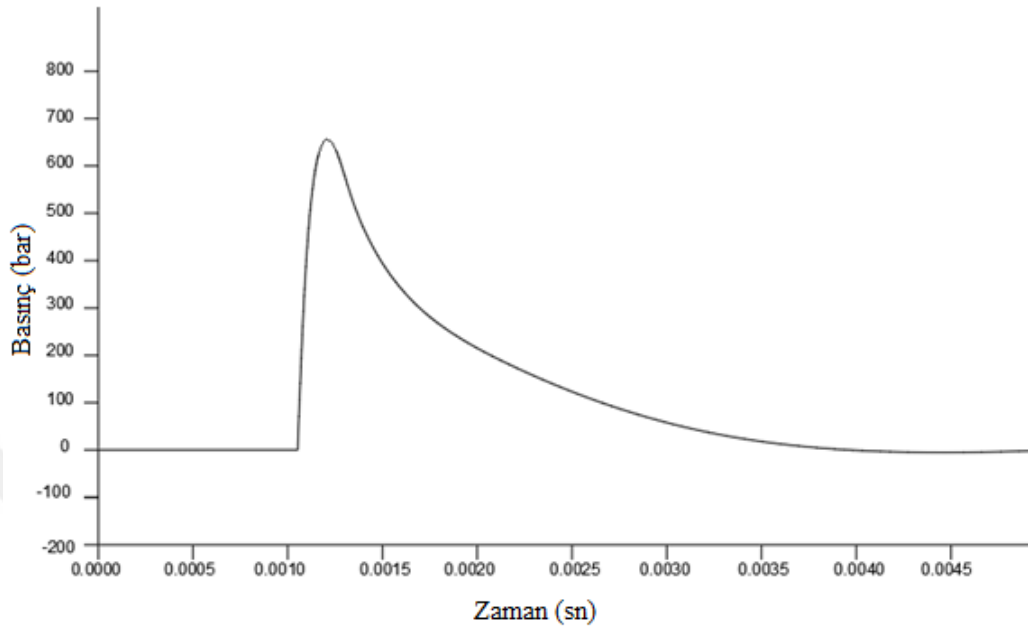
Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağızı basıncı (bar)	Namlu Ağızı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	2,77	0,60	3080	654,7	826,1

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu içi basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.20.'de verilmiştir.



Şekil 5.20. Namlu İçi Basınç-Zaman Grafiği

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu ağız basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.21.'de verilmiştir.



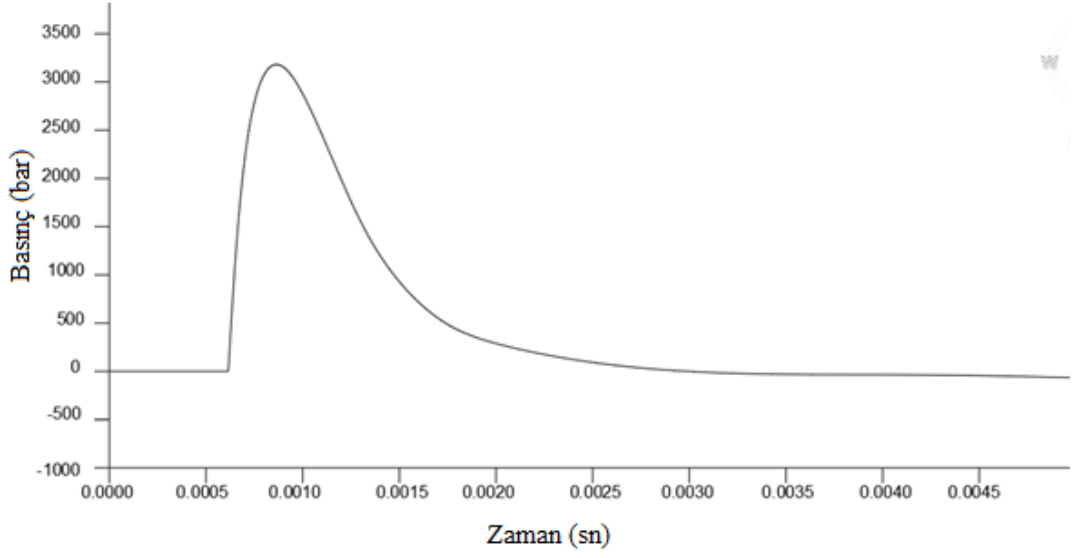
Şekil 5.21. Namlu Ağız Basıncı-Zaman Grafiği

Mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, barut miktarı 2,75 gr, mermi çekirdek ağırlığı $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 54 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 117 dB olarak ölçülmüştür. Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.19.'da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

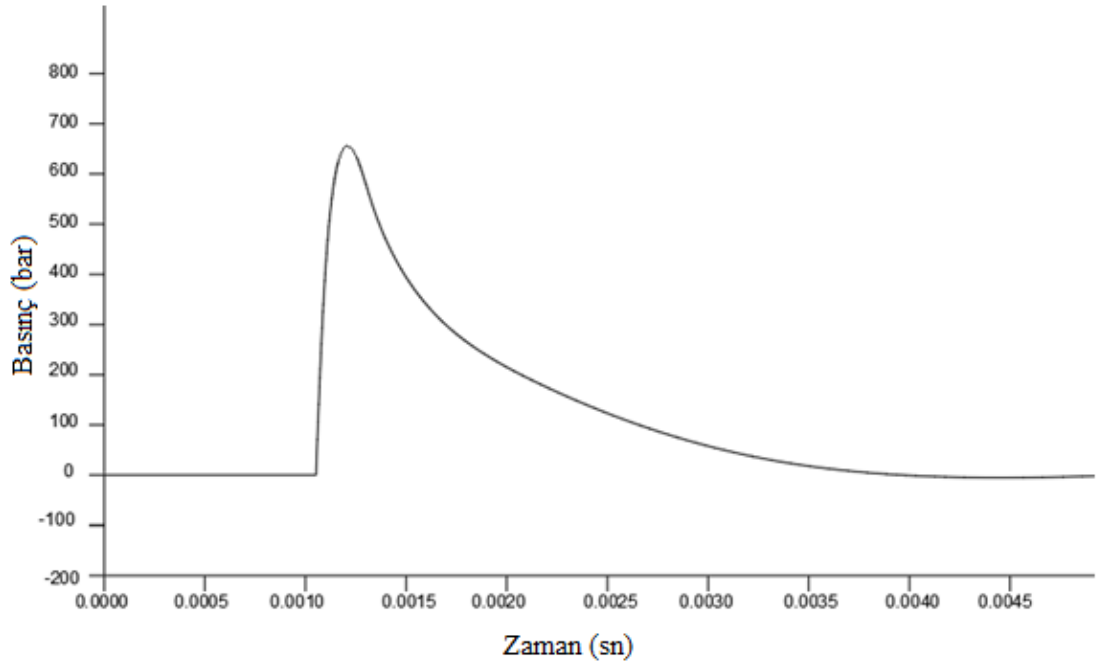
Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağız basıncı (bar)	Namlu Ağız Basıncı (bar)	Hız (m/s)
2	2,75	0,54	3029	658,6	821,7

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu içi basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.22.'de verilmiştir.



Şekil 5.22. Namlu İçi Basmañ-Zaman Grafiği

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu ağzı basmañcı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.23.'te verilmiştir.



Şekil 5.23. Namlu Ağzı Basmañ-Zaman Grafiği

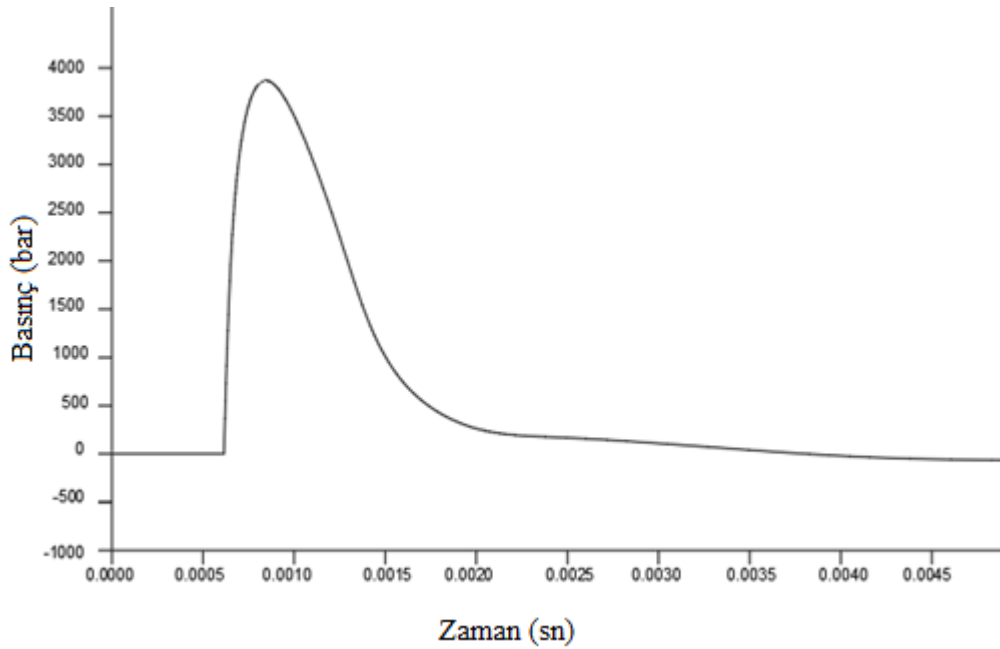
5.2.5. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Basınç-Zaman Grafikleri

Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, barut miktarı: 2,77 gr, mermi çekirdek ağırlığı: $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 122 dB ölçülmüştür. Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.20.'de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

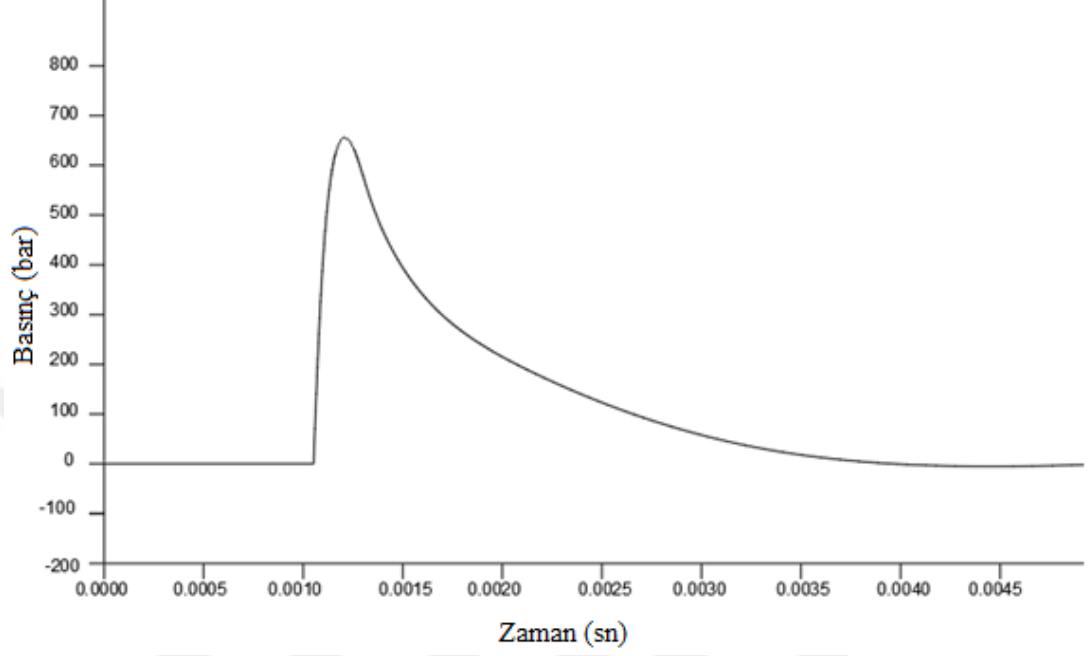
Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağızı basıncı (bar)	Namlu Ağızı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	2,77	0.60	3842	679	848

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu içi basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.24.'te verilmiştir.



Şekil 5.24. Namlu İçi Basınç-Zaman Grafiği

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu ağız basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.25.'te verilmiştir.



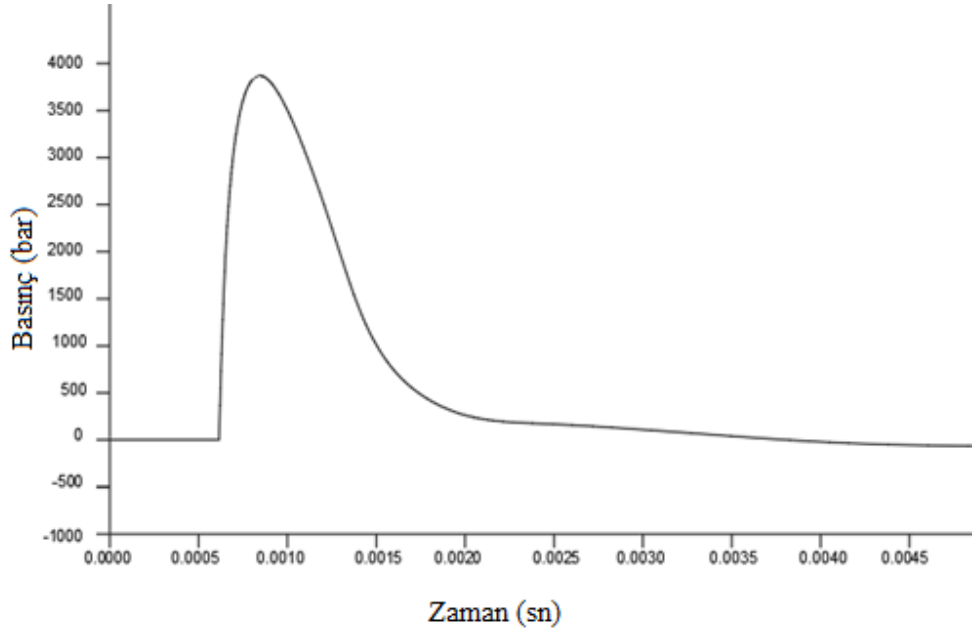
Şekil 5.25. Namlu Ağız Basıncı-Zaman Grafiği

Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, barut miktarı: 2,75 gr, mermi çekirdek ağırlığı: $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 54 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 117 dB olarak ölçülmüştür. Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.21.'de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

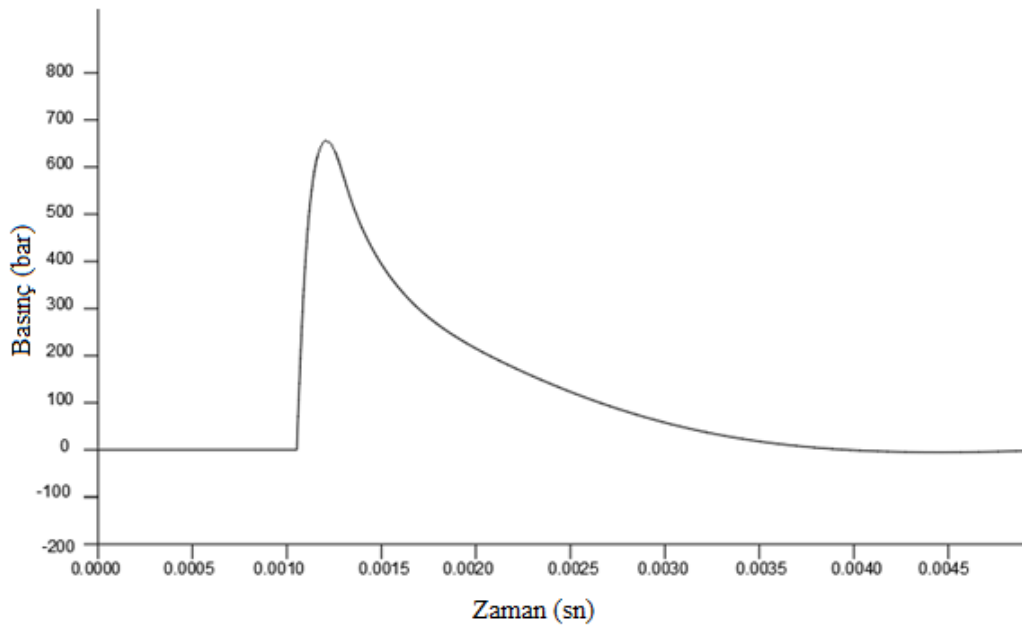
Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağız basıncı (bar)	Namlu Ağız Basıncı (bar)	Hız (m/s)
2	2,75	0,54	3710	688,2	837,1

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu içi basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.26.'da verilmiştir.



Şekil 5.26. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu ağzı basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.27.'de verilmiştir.



Şekil 5.27. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği

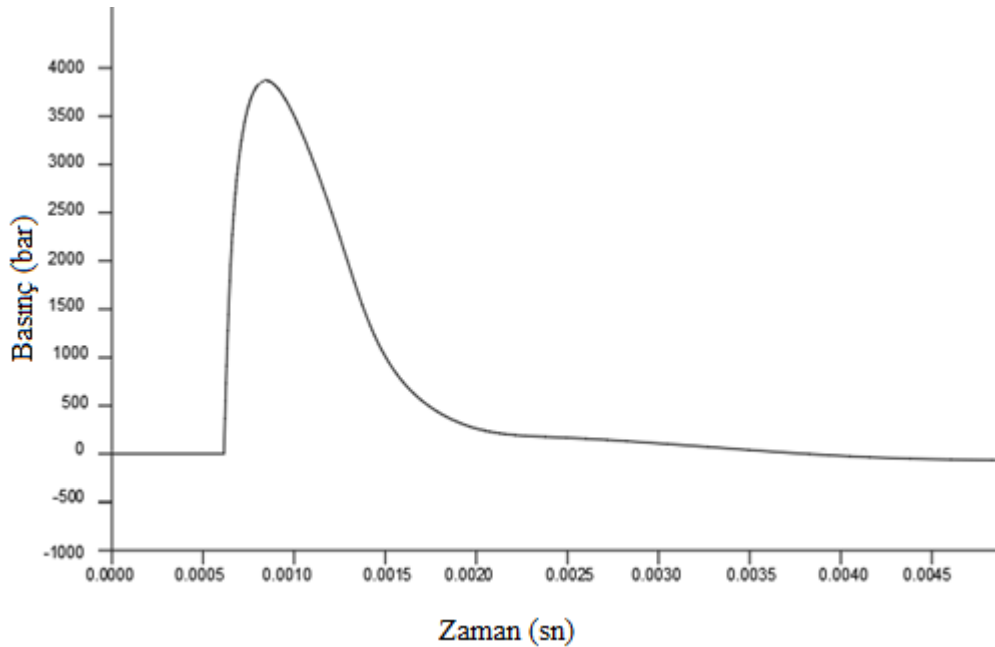
Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, barut miktarı: 2,70 gr, mermi çekirdek ağırlığı: $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 40 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 114 dB olarak ölçülmüştür.

Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.22.'de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerler

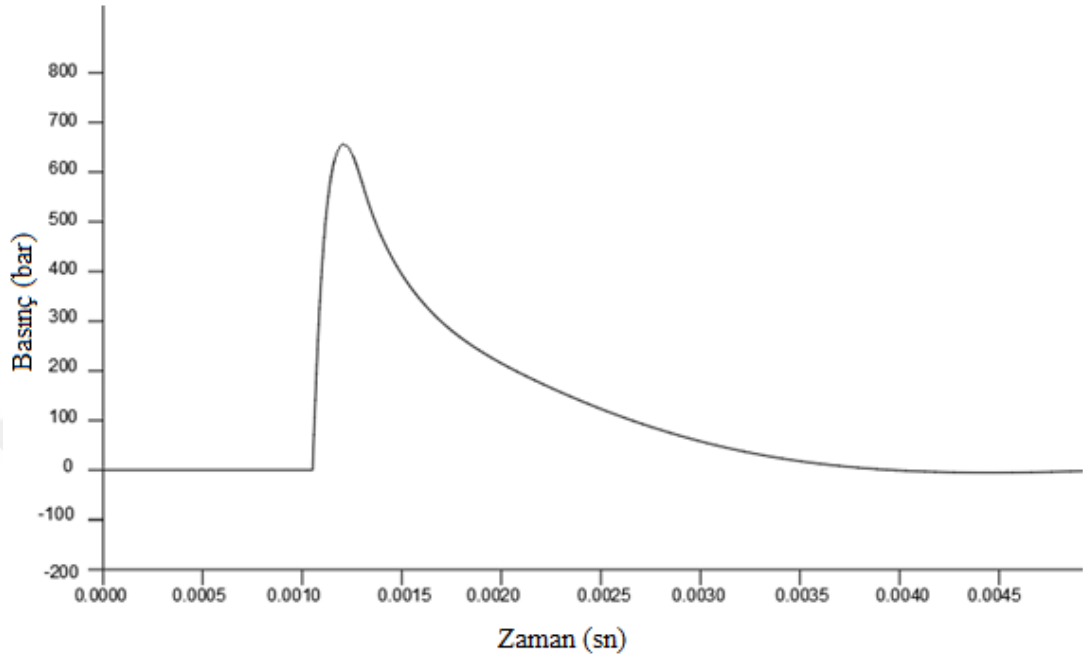
Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
3	2,70	0,40	3650,2	712,5	833,9

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu içi basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.28.'de verilmiştir.



Şekil 5.28. Namlu İçi Basınç-Zaman Grafiği

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu ağzı basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.29.'da verilmiştir.



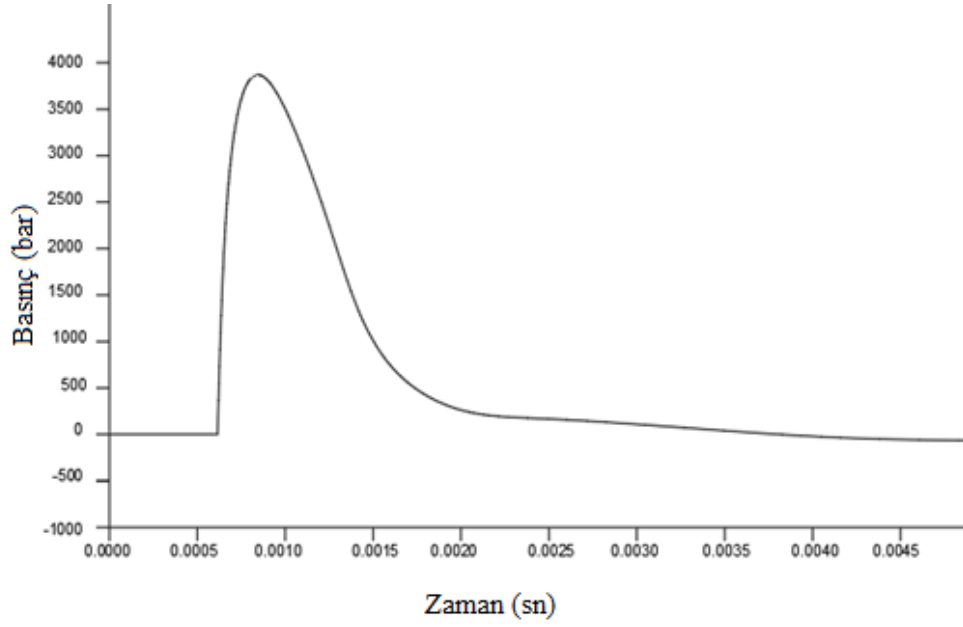
Şekil 5.29. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği

Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, barut miktarı 2,87 gr, mermi çekirdek ağırlığı $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 56 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 133 dB olarak ölçülmüştür. Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.23.'te verilmiştir.

Çizelge 5.23. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

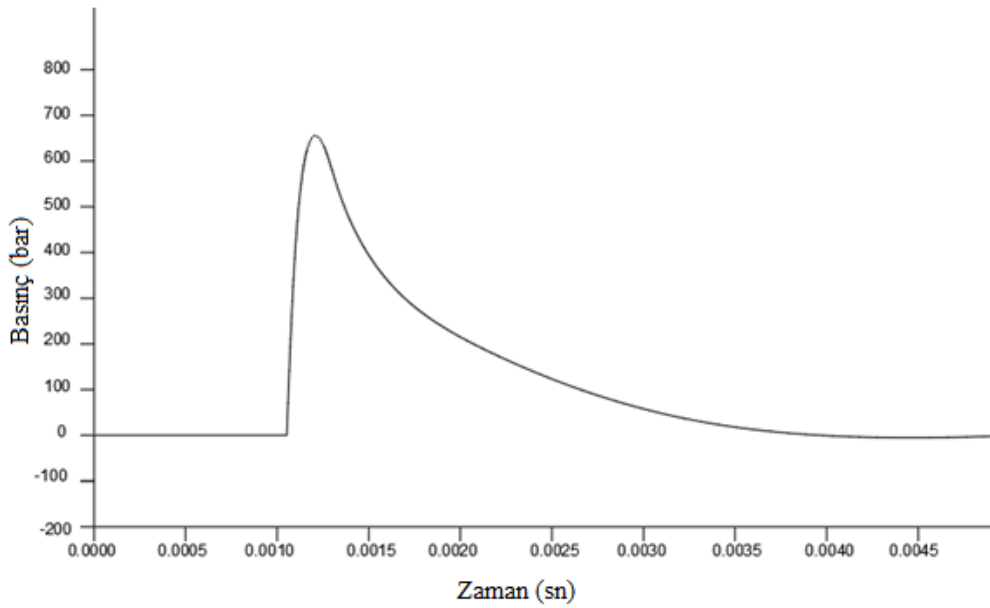
Atış No	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
4	2,87	0,56	3822	670,8	850,7

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu içi basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.30.'da verilmiştir.



Şekil 5.30. Namlu İçi Basıncı-Zaman Grafiği

Test mermisinin atış sonucu oluşan namlu ağzı basıncı-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Şekil 5.31.'de verilmiştir.



Şekil 5.31. Namlu Ağzı Basıncı-Zaman Grafiği

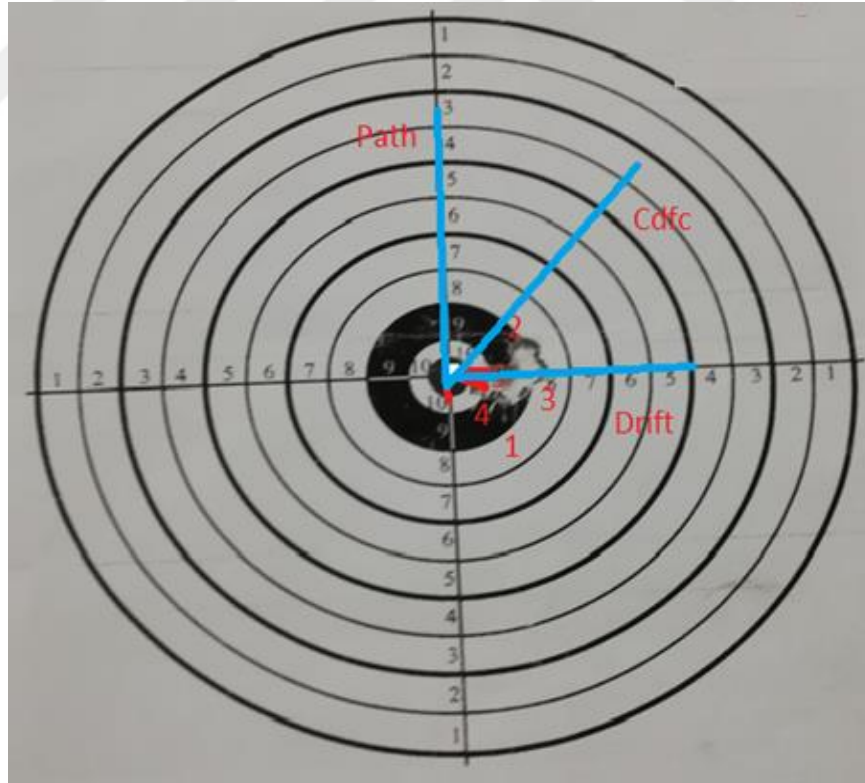
5.2.6. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Vuruş Noktalarının Nişan Noktasına Göre Sapma Miktarı

Silahta ateşleme esnasında mermi çekirdeğine yön vermeye yarayan metal boruya namlu adı verilir. Silahta namlu eksenini doğrultusunda uzanan hatta namlu hattı denir. Nişan hattı; göz, gezin üst kenar orta noktasından, arpacığın üst tepesinden hedefte vurulmak istenen hayali hattır. Nişan ve silah namlusu hattının kesiştiği noktaya nişangâh açısı adı verilir.

Path; hedef vuruş noktasının nişan noktasına göre düşey sapma miktarıdır.

Drift; vuruş noktasının nişan noktasına göre yatay sapma miktarıdır.

CDFC; vuruş noktasının nişan noktasına göre sapma miktarıdır. Hedefe yapılan atışların her birinin x ve y koordinatlarına olan mesafeleri bulunup, kesişim noktasına olan uzaklığı hesaplanır. Şekil 5.32.'de atışı yapılan hedefte atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir.



Şekil 5.32. Hedefe yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi

Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır, y koordinatına olan mesafesi bulunur ve karesi alınır. Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanır. Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini verir. Ortalama CDFC değerini hesaplarken her bir atışın kesişim noktasına olan mesafeleri toplandıktan sonra atış sayısına bölerek bulunur.

5.2.6.1. Küresel Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu

2,65 gram küresel barut ile yapılan atış için değerler; mermi çekirdek çapı: 7,62 mm, mermi uzunluğu: 51 mm, atış mesafesi: 25 m, ortamın iklim değerleri: 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.24. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt. (gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız: (m/s)	X'de mesafe (mm)	Y'de mesafe (mm)	CDFC mm
1	2,65	0,60	3710	712	820	11	32	33,8
2	2,65	0,60	3722	708	833	27	12	29,5
3	2,65	0,60	3743	706	839	18	8	19,6
4	2,65	0,60	3759	705	840	2	10	10,2
5	2,65	0,60	3770	703	843	3	3	4,2
Ort.	2,65	0,60	3740	707	835	12	13	19,5

Şekil 5.33.'te atışı yapılan hedefte 2,65 gr küresel barut ile yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir.

2,65 gr küresel barut ile yapılan atış için, her bir atış için bulunan kovan ağzı basınç değerleri toplanmaktadır. Toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama kovan ağzı basınç değeri bulunmaktadır. Her bir atış için bulunan namlu ağzı basınç değerleri bulunur. Bulunan toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama namlu ağzı basınç değeri hesaplanmaktadır.

Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır, y koordinatına olan mesafesi bulunmakta ve karesi alınır. Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanmaktadır.

Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini vermektedir. Ortalama CDFC değerini hesaplarken her bir atışın kesişim noktasına olan mesafeleri toplandıktan sonra atış sayısına bölerek bulunmaktadır. 2,65 gr küresel barut ile yapılan atış için CDFC değeri ortalama 19,5 mm' dir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 116 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.33. 2.65 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler

2,70 gr küresel barut ile yapılan atış için sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.25. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt. (gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız: (m/s)	X'de mesafe (mm)	Y'de mesafe (mm)	CDFC mm
1	2,70	0,60	3767	701	839	15	7	15,2
2	2,70	0,60	3778	697	841	9	8	18,9
3	2,70	0,60	3789	692	844	4	8	12,2
4	2,70	0,60	3795	691	845	20	10	23,4
5	2,70	0,60	3802	688	847	6	1	17
Ort.	2,70	0,60	3786	694	843	11	7	17,3

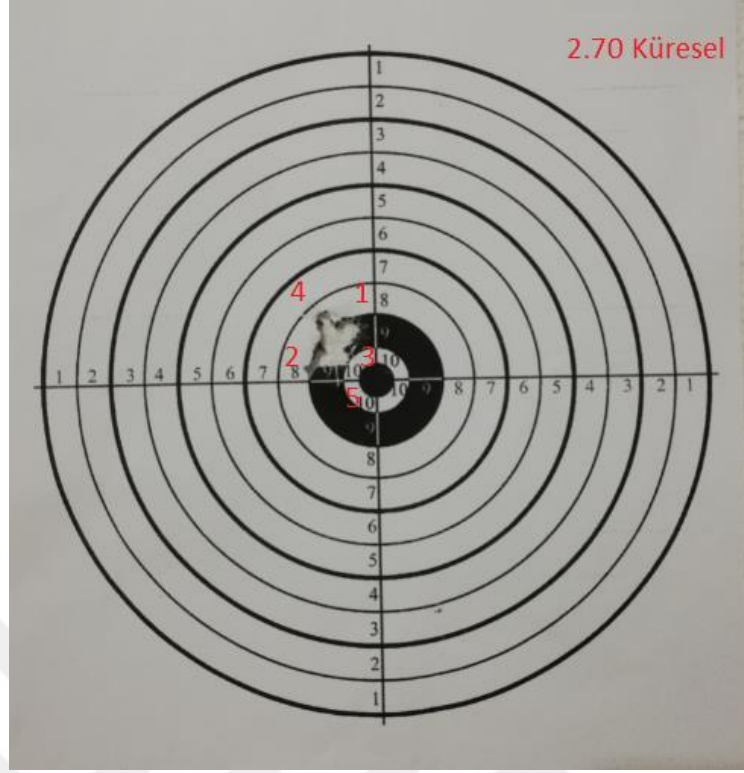
Şekil 5.34.'te atışı yapılan hedefte 2,70 gr küresel barut ile yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir.

Çizelge 5.25.'te barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenlerin sayısal değerleri bulunur. 2,70 gr küresel barut ile yapılan atış için, her bir atış için bulunan kovan ağzı basınç değerleri toplanır. Toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama kovan ağzı basınç değeri bulunmaktadır.

Her bir atış için bulunan namlu ağzı basınç değerleri bulunmaktadır. Bulunan toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama namlu ağzı basınç değeri bulunmuştur. Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır.

Y koordinatına olan mesafesi bulunur ve karesi alınır. Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanır. Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini vermektedir.

2,70 gr küresel barut ile yapılan atış için CDFC değeri 17,3 mm'dir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 120 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.34. 2.70 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler

2,75 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.26. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt. (gr)	Rutube t (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız: (m/s)	X'de mesafe (mm)	Y'de mesafe (mm)	CDF C mm
1	2,75	0,60	3803	689	846	8	13	16,5
2	2,75	0,60	3811	683	848	18	6	19,6
3	2,75	0,60	3825	680	849	10	7	19
4	2,75	0,60	3837	678	851	15	18	12,1
5	2,75	0,60	3848	675	852	15	8	4,2
Ort.	2,75	0,60	3825	681	850	13,2	10,4	14,3

Mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, barut miktarı 2,75 gr, mermi çekirdek ağırlığı $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 125 dB olarak ölçülmüştür.

Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler Çizelge 5.26.'da verilmiştir. Şekil 5.35.'te atışı yapılan hedefte 2,75 gr küresel barut ile yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir. Çizelge 5.26.'da barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenlerin sayısal değerleri bulunur. 2,75 gr küresel barut ile yapılan atış için, her bir atış için bulunan kovan ağzı basınç değerleri toplanmaktadır.

Toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama kovan ağzı basınç değeri bulunur. Her bir atış için bulunan namlu ağzı basınç değerleri bulunur, bulunan toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama namlu ağzı basınç değeri bulunmaktadır. Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır. Y koordinatına olan mesafesi bulunur ve karesi alınır. Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanır. Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini vermektedir. 2,75 gr küresel barut ile yapılan atış için CDFC değeri 14,3 mm olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 5.35. 2.75 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler

2,80 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 130 dB olarak ölçülmektedir.

Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler yukarıdaki Çizelge 5.27.'de verilmiştir

Çizelge 5.27. Barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenler ve değerleri

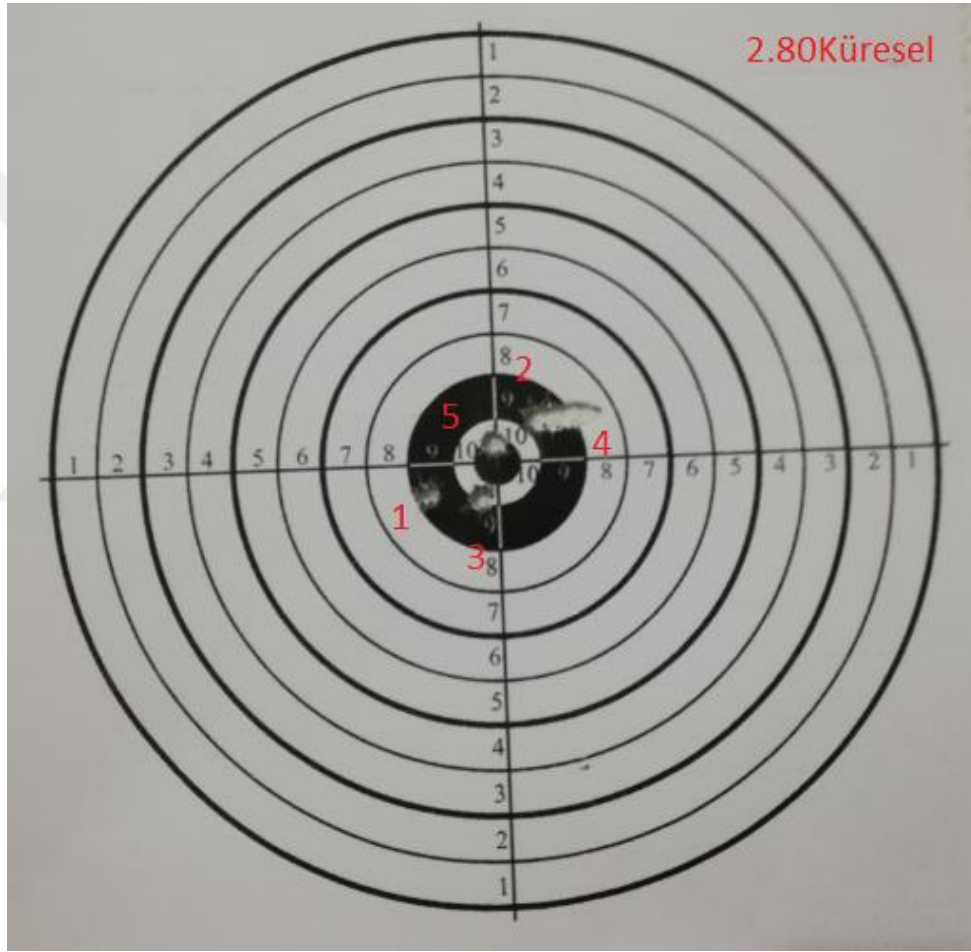
Atış No:	Barut Mikt.(gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız: (m/s)	X'de mesafe (mm)	Y'de mesafe (mm)	CDFC mm
1	2,80	0,60	3810	692	849	15	7	16,5
2	2,80	0,60	3822	688	851	18	8	12
3	2,80	0,60	3838	676	852	19	1	9
4	2,80	0,60	3845	674	853	12	2	22,3
5	2,80	0,60	3850	670	856	3	3	6
Ort.	2,80	0,60	3833	680	852	13,4	3,8	13,1

Şekil 5.36.'da atışı yapılan hedefte 2,80 gr küresel barut ile yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir.

Çizelge 5.27.'de barut miktarına bağlı küresel barut atış için değişkenlerin sayısal değerleri bulunmuştur. 2,80 gr küresel barut ile yapılan atış için, her bir atış için bulunan kovan ağzı basınç değerleri toplanmaktadır. Toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama kovan ağzı basınç değeri bulunmuştur. Her bir atış için bulunan namlu ağzı basınç değerleri bulunur. Bulunan toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama namlu ağzı basınç değeri bulunmaktadır.

Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır. Y koordinatına olan mesafesi bulunur ve karesi alınır. Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanır. Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini verir.

2,80 gr küresel barut ile yapılan atış için CDFC değeri 13,1 mm olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 5.36. 2,80 gr küresel barut ile yapılan atış için değerler

Atışlar sonucunda elde edilen CDFC değerlerine bakacak olduğumuzda NATO mermisi içerisine konulan küresel barut miktarı arttıkça atışı yapılan mermi hedefe yaklaşmaktadır.

5.2.6.2. Silindirik Barut İle Yapılan Atışların Hedef Doğruluğu

2,65 gram silindirik barut ile yapılan atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.28. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt. (gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağız Basıncı (bar)	Namlu Ağız Basıncı (bar)	Hız: (m/s)	X'de mesafe (mm)	Y'de mesafe (mm)	CDFC mm
1	2,65	0,60	3070	668	821	70	3	70
2	2,65	0,60	3091	666	823	38	5	38,3
3	2,65	0,60	3102	664	824	43	15	45
4	2,65	0,60	3107	663	825	26	13	29
5	2,65	0,60	3110	660	828	25	6	25,7
Ort.	2,65	0,60	3096	664	824	40,4	8,4	41,6

Mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, barut miktarı 2,65 gr, mermi çekirdek ağırlığı $9,45 \pm 0,10$ gr' dır. Ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranı tespit edilmiştir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 116 dB olarak ölçülmüştür Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler yukarıdaki Çizelge 5.28.'de verilmiştir.

Şekil 5.37.'de atışı yapılan hedefte 2,65 gr silindirik barut ile yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir. Çizelge 5.28.'de barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenlerin sayısal değerleri bulunmuştur. 2,65 gr silindirik barut ile yapılan atış için, her bir atış için bulunan kovan ağız basınç değerleri toplanmaktadır.

Toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama kovan ağzı basınç değeri bulunur. Her bir atış için bulunan namlu ağzı basınç değerleri bulunur, bulunan toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama namlu ağzı basınç değeri hesaplanmaktadır.

Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır. Y koordinatına olan mesafesi bulunur ve karesi alınır.

Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanır. Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini verir. 2,65 gr silindirik barut ile yapılan atış için CDFC değeri 41,6 mm'dir.



şekil 5.37. 2,65 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler

2,70 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.29. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt. (gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Namlu Ağzı Basıncı (bar)	Hız: (m/s)	X'de mesafe (mm)	Y'de mesafe (mm)	CDFC mm
1	2,70	0,60	3110	666	820	14	48	50
2	2,70	0,60	3125	660	823	36	27	45
3	2,70	0,60	3138	657	824	25	5	25,4
4	2,70	0,60	3143	655	827	8	1	8
5	2,70	0,60	3150	654	829	4	6	7,2
Ort.	2,70	0,60	3133	658	825	17	18	27,1

Şekil 5.38.'de atışı yapılan hedefte 2,70 gr silindirik barut ile yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir.

Çizelge 5.29.'da barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenlerin sayısal değerleri bulunmuştur. 2,70 gr silindirik barut ile yapılan atış için, her bir atış için bulunan kovan ağzı basınç değerleri toplanmaktadır.

Toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama kovan ağzı basınç değeri bulunur. Her bir atış için bulunan namlu ağzı basınç değerleri bulunur, bulunan toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama namlu ağzı basınç değeri hesaplanmaktadır.

Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır. Y koordinatına olan mesafesi bulunur ve karesi alınır. Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanır.

Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini verir. 2,70 gr silindirik barut ile yapılan atış için CDFC değeri 27,1 mm'dir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 133 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.38. 2,70 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler

2,75 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir.

Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 117 dB olarak ölçülmüştür. Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler aşağıdaki Çizelge 5.30.'da verilmiştir.

Çizelge 5.30. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt. (gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağız Basıncı (bar)	Namlu Ağız Basıncı (bar)	Hız: (m/s)	X'de mesafe (mm)	Y'de mesafe (mm)	CDFC mm
1	2,75	0,60	3130	661	823	6	37	35,7
2	2,75	0,60	3136	659	825	24	8	25,2
3	2,75	0,60	3142	657	826	14	21	25,2
4	2,75	0,60	3147	656	829	6	32	32,5
5	2,75	0,60	3150	654	830	8	12	14,4
Ort.	2,75	0,60	3141	657	827	11,6	22	26,9

Şekil 5.39.'da atışı yapılan hedefte 2,75 gr silindirik barut ile yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir.

Çizelge 5.30.'da barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenlerin sayısal değerleri bulunmuştur. 2,75 gr silindirik barut ile yapılan atış için, her bir atış için bulunan kovan ağız basınç değerleri toplanır. Toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama kovan ağız basınç değeri bulunur.

Her bir atış için bulunan namlu ağız basınç değerleri bulunur. Bulunan toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama namlu ağız basınç değeri bulunmaktadır.

Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır, y koordinatına olan mesafesi bulunur ve karesi alınır. Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanır. Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini verir. 2,75 gr silindirik barut ile yapılan atış için CDFC değeri 26,9 mm'dir.



Şekil 5.39. 2,75 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler

2,80 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler; mermi çekirdek çapı 7,62 mm, mermi uzunluğu 51 mm, atış mesafesi 25 m, ortamın iklim değerleri 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranında ilk atış sonucu elde edilen sayısal değerler aşağıdaki gibidir. Silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 123 dB olarak ölçülmüştür.

Test mermisinin atış sonucu oluşan basınç-zaman grafiği oluşan sayısal değerler yukarıdaki Çizelge 5.31.'de verilmiştir.

Şekil 5.40.'da atışı yapılan hedefte 2,80 gr silindirik barut ile yapılan atışların x ve y koordinatlarının başlangıç noktalarına olan mesafesi gösterilmektedir.

Çizelge 5.31. Barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenler ve değerleri

Atış No:	Barut Mikt. (gr)	Rutubet (%)	Kovan Ağız Basıncı (bar)	Namlu Ağız Basıncı (bar)	Hız: (m/s)	X'de mesafe (mm)	Y'de mesafe (mm)	CDFC mm
1	2,80	0,60	3139	660	824	32	5	32,3
2	2,80	0,60	3147	655	826	2	24	24
3	2,80	0,60	3153	654	828	12	19	22,5
4	2,80	0,60	3166	651	830	5	27	27,4
5	2,80	0,60	3180	648	832	8	2	8,2
Ort.	2,80	0,60	3157	654	829	11,8	15,4	22,9

Çizelge 5.31.'de barut miktarına bağlı silindirik barut atış için değişkenlerin sayısal değerleri bulunur. 2,80 gr silindirik barut ile yapılan atış için, her bir atış için bulunan kovan ağız basınç değerleri toplanır. Toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama kovan ağız basınç değeri bulunur.

Her bir atış için bulunan namlu ağız basınç değerleri bulunur. Bulunan toplam değer atış sayısına bölünerek ortalama namlu ağız basınç değeri bulunmaktadır.

Her bir atış için önce x koordinatına olan mesafe bulunur ve karesi alınır, y koordinatına olan mesafesi bulunur ve karesi alınır. Daha sonra bulunan her iki sayının da kareleri toplanır.

Bulunan sayının karekökü bize hesaplanan atışın CDFC değerini verir. 2,80 gr silindirik barut ile yapılan atış için CDFC değeri 22,9 mm'dir.



Şekil 5.40. 2,80 gr silindirik barut ile yapılan atış için değerler

Atışı yapılan 2,65 gr küresel barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3740 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 707 bar, mermi hızı ortalaması 835 m/s ve CDFC ortalaması 19,5 mm' dir, silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 116 dB olarak ölçülmüştür. 2,70 gr küresel barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3786 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 694 bar, mermi hızı ortalaması 843 m/s bulunmuştur ve CDFC ortalaması 17,3 mm hesaplanmıştır, silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 120 dB olarak ölçülmüştür. 2,75 gr küresel barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3825 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 681 bar, mermi hızı ortalaması 850 m/s ve CDFC ortalaması 14,3 mm' dir, silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 125 dB olarak ölçülmüştür. 2,80 gr küresel barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3833 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 680 bar, mermi hızı ortalaması 852 m/s ve CDFC ortalaması 13,1 mm olarak hesaplanmıştır, silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 130 dB olarak ölçülmüştür.

Atışı yapılan 2,65 gr silindirik barut için kovan ağız basınç değeri ortalaması 3096 bar, namlu ağız basınç değeri ortalaması 664 bar, mermi hızı ortalaması 824 m/s ve CDFC ortalaması 41,6 mm değerlerine ulaşılmıştır, silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 110 dB olarak ölçülmüştür. 2,70 gr silindirik barut için kovan ağız basınç değeri ortalaması 3133 bar, namlu ağız basınç değeri ortalaması 658 bar, mermi hızı ortalaması 825 m/s bulunmuştur ve CDFC ortalaması 27,1 mm hesaplanmıştır, silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 114 dB olarak ölçülmüştür. 2,75 gr silindirik barut için kovan ağız basınç değeri ortalaması 3141 bar, namlu ağız basınç değeri ortalaması 657 bar, mermi hızı ortalaması 827 m/s ve CDFC ortalaması 26,9 mm bulunmuştur, silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 117 dB olarak ölçülmüştür. 2,80 gr silindirik barut için kovan ağız basınç değeri ortalaması 3157 bar, namlu ağız basınç değeri ortalaması 654 bar, mermi hızı ortalaması 829 m/s ve CDFC ortalaması 22,9 mm olarak hesaplanmıştır, silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi 123 dB olarak ölçülmüştür.

Atışlar sonucunda elde edilen CDFC değerlerine bakacak olduğumuzda NATO mermisi içerisine konulan küresel barut miktarı arttıkça atışı yapılan mermi hedefe yaklaşmaktadır. NATO mermisi içerisine konulan barut miktarı arttıkça silahın ateşlemesi ile oluşan ses şiddeti seviyesi de arttığı ölçülmüştür.

6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum ve dünya siyasi gelişmelerinden dolayı sürekli sıcak savaş ve dış kaynaklı tehditlerle karşılaşmaktadır. Yapılan uluslararası ambargolar savunma sanayimizin güçlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmış, bu istikamette önemli gelişmeler olduğu bir döneme girilmiştir. Savunma sanayi için yeni teknolojik araştırmaların yapıldığı ve savunma ürünlerinin geliştirildiği günümüzde, ateşli silah teknolojileri de önemini artırmaktadır. Ateşli silah teknolojisinde kullanılan sevk barutlarının üretimi, bileşenleri, etkileri, katkıları ve kullanım yerleri konusunda hala yoğun çalışmalar yapılmaya devam edilmektedir.

Bu çalışmada, dünyada en yaygın kullanılan askeri ateşli silah fişeklerinden biri olan 7,62 mm NATO mermisinin iç dinamiğinin hedef doğruluğu üzerine etkisi deneysel yöntemler kullanılarak incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ateşli silah namlusu içerisinde denemeleri yapılan barutun yanması ile merminin silah namlusunu terk etmesi arasında geçen olaylar göz önüne alınarak, NATO fişegi kovanına deneysel ortamda belirlenen miktarlarda dolum yapılmış küresel ve silindirik tür barut miktarlarının iç balistik, dış balistik ve hedef balistiği etkileri incelenmiştir. Silah namlusu içerisinde oluşan maksimum basınç, namlu ağzı basıncı ve mermi hız değerleri özel atış düzeneği sayesinde ölçülebilmektedir. Silahın izin verilen çalışma basınç kıstaslarına bağlı kalınarak, barut türlerinin seçimi ve kullanım miktarları belirlenmiştir. Standart NATO fişegi kovanına önceden belirlenen barut türü ve miktarlarında dolum yapılarak, özel atış poligonu ortamında test denemeleri yapılmıştır. Aynı zamanda dolumu yapılan barut türü ve miktarının namlu iç balistik değerlerine etkisi olan farklı noktalarda namlu basıncı, mermi hızı, namlu çıkış süresi, oluşan namlu ağzı gürültüsü ve hedef üzerindeki namlu atış doğruluğu ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen değerler kıyaslanarak barut türü ve dolum miktarları arasında en iyi hedef doğruluğunu veren iç balistik şartlar belirlenmiştir.

Kovan sevk barut dolumu yapılan 7,62 mm NATO mermisinin hedef balistiği analizi sırasında aynı dolum şartlarında da en az beş atış yapılarak CDFC ölçümleri yapılmıştır.

Aynı şartlarda yapılan atışların ortalama CDFC değerleri hesaplanarak iç balistik ölçümler eşliğinde değerlendirilmiştir. Yapılan her bir atış değeri drop (Y eksen) ve drift (X eksen) ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ortalama CDFC hesaplaması sonrasında ise merkezden olan uzaklık değeri bulunmuştur. Farklı tür barut ve dolun miktarlarına göre hazırlanan deney numunesi fişeklerin tüm iç balistik değerleriyle birlikte hedef doğruluk analizlerine ait uygulamalı sonuçları, grafik ve tablolar haline getirilerek karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

Bu çalışmada, farklı tür ve miktarlardaki NATO fişegi barutunun hedef kâğıdı üzerindeki CDFC sayısal analizi başarılı bir şekilde yapılmıştır. Çalışma yapılan ortamın iklim değerleri; 21 °C sıcaklık, % 60 bağıl nem oranı ölçülmüştür. Dolun miktarlarına göre küresel ve silindirik baruttan 2,65 gr, 2,70 gr, 2,75 gr ve 2,80 gr hassas tartıda tartarak deney numune mermileri hazırlanmıştır. Barutlar için aynı gramajdan beşer atış yapılmıştır. Kullanmakta olduğumuz mermi balistik analizör cihazı ile NATO mermilerine ait mermilerin kovan ağzı basınç, namlu ağzı basınç, mermi hızı değerlerine ulaşılmıştır. Sonuçlar tablo haline getirilip grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Atışı yapılan 2,65 gr küresel barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3740 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 707 bar, mermi hızı ortalaması 835 m/s ve CDFC ortalaması 19,5 mm' dir. 2,70 gr küresel barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3786 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 694 bar, mermi hızı ortalaması 843 m/s bulunmuştur ve CDFC ortalaması 17,3 mm hesaplanmıştır. 2,75 gr küresel barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3825 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 681 bar, mermi hızı ortalaması 850 m/s ve CDFC ortalaması 14,3 mm' dir. 2,80 gr küresel barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3833 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 680 bar, mermi hızı ortalaması 852 m/s ve CDFC ortalaması 13,1 mm olarak hesaplanmıştır.

Atışı yapılan 2,65 gr silindirik barut için kovan ağzı basınç değeri ortalaması 3096 bar, namlu ağzı basınç değeri ortalaması 664 bar, mermi hızı ortalaması 824 m/s ve CDFC ortalaması 41,6 mm değerlerine ulaşılmıştır.

2,70 gr silindirik barut için kovan ağız basınç değeri ortalaması 3133 bar, namlu ağız basınç değeri ortalaması 658 bar, mermi hızı ortalaması 825 m/s bulunmuştur ve CDFC ortalaması 27,1 mm hesaplanmıştır. 2,75 gr silindirik barut için kovan ağız basınç değeri ortalaması 3141 bar, namlu ağız basınç değeri ortalaması 657 bar, mermi hızı ortalaması 827 m/s ve CDFC ortalaması 26,9 mm bulunmuştur. 2,80 gr silindirik barut için kovan ağız basınç değeri ortalaması 3157 bar, namlu ağız basınç değeri ortalaması 654 bar, mermi hızı ortalaması 829 m/s ve CDFC ortalaması 22,9 mm olarak hesaplanmıştır.

Genel olarak NATO mermisi içerisindeki barut miktarı arttıkça CDFC değerinde iyileşme görülmüştür. Değerlendirmeler sonucunda, küresel barut kullanılarak yapılan atışların hedef doğruluğu üzerinde daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Atışlar sonucunda elde edilen CDFC değerleri NATO mermisi fişegi içerisinde konulan barut miktarı arttıkça atışı yapılan mermi hedef doğruluğu artmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar ve bunlara ait CDFC ölçümleri sonrasında, aynı miktarlardaki küresel barutun silindirik baruta göre hedef doğruluk ve kararlılık oranının daha yüksek olduğu görülmüştür.

7.KAYNAKLAR

- [1] Savunma Sanayii Müsteşarlığı., 2011-2016 Teknoloji Yönetim Stratejisi, Savunma Sanayii Müsteşarlığı, Ankara, 2011.
- [2] DENG S., Sun H. K. and Chung-Jung Chiu, RiflesIn-BoreFinite Element Transient Analysis, Int. Conf. On Mechanical, Productionand Materials Engineering (ICMPME'2012) June 16-17, 2012.
- [3] GÜNDÜZER, O., Namlu Cıdarı Boyutlandırılmasına İç Balistik Davranışın Etkisi, 2011.
- [4] TIRAK, E., “Katı Sevk Yakıtlarının Yaşlanmaya Bağlı Balistik Performanslarının Deneysel İncelenmesi” , Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale, 2017.
- [5] Öztürk A.R., İç balistik, MKEK Özel yayınları, Ankara, 1984.
- [6] E. Of, A. Engineering, and P. Two, “Research and Development of Materiel Elements of Armament Engineering Part Two,” Eylül, 1963.
- [7] VINCENT R., Textbook of Ballistic sand Gunnery, Vol. 1, Her Majesty’s Stationary Office, London, 1987.
- [8] Oerlinkon-Buhrle A. G., Oerlinkon Pocket-Book , Oerlinkon-Buhrle AG, Zurich, Switzerland, 1988.
- [9] EROĞLU, E. T., Yanar Kovan Malzemelerinin Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [10] GÖLEN, Z., Osmanlı Devleti’nde Baruthane-i Amire. Isparta 2001.
- [11] E. Of, A. Engineering, and P. Two, “Research and Development of Materiel Elements of Armament Engineering Part Two” , Eylül 1963.
- [12] G. M. Moss, D. W. Leeming ve C. L. Farrar, Military Ballistics, London: Brassey's, 1995.

- [13] ÜNER, H.B., Çakır İ. Adli Balistik. İstanbul: Arıkan Basım Yayın Dağıtım, 2007.
- [14] NALBANT, İ., Barut Fabrikası El Kitabı,1.- 4.bölüm, MKEK, 1997.
- [15] SCHUBERT, H., Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6. Baskı, Wiley-VCH. 2002 electronic release.
- [16] ÇİMEN, IŞIK Ş., Barutun Ortaya Çıkışı, Kullanımı ve Askeri Müze'deki Osmanlı Devri Barutluk Örnekleri, 2010: 25-26.
- [17] ŞAHİN, E., Küresel barut üretim parametrelerinin incelenmesi, sentezi ve karakterizasyonu,barutşekilleri,<http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655>(Erişim tarihi: 29.04.2018)
- [18] FARRAR C. L., and LEEMING D. W., Military Ballistics: A Basic Manual. Brassey's Publishers, 1983.
- [19] D. E., Carlucci., ve S. S., Jacobson., Ballistics: Theory and Design of Guns and Ammunition, Boca Raton: CRC Press, 2008.
- [20] HARTWING, S., TSOKOS, M., Byard R.W. Black powder handgun death remain an uncommon event. The American journal of forensic medicine and pathology, 2009.
- [21] DEĞİRMENCİ, E.,“Namlulu Silahların İç Balistiğine; Termodinamik, Termokimya ve Hareket Denklemlerinin Uygulanması Ve Sonuçlarının Karşılaştırılması” ,Yüksek Lisans Tezi, 2005.
- [22] U.S. Army Defense Ammunition Center Logistics Review and Technical Assistance Office, 1998.
- [23] YILDIRIM, F., Büyük Kalibre Mühimmatta Kullanılan Barutların Geometrik Şekil Değişiminin Namlu İç Basıncı ve Namlu Çıkış Hızı Üzerindeki Etkisi, Ankara, 2013.

- [24] EDGARD O'N. Espinoza, John I. Thornton, Characterization of smokeless gunpowder by means of diphenylamine stabilizer and its nitrated derivatives Analytica Chimica Acta, Volume 288, Issues 1–2, 30 March 1994, Pages 57-69
- [25] MULDOON, A. R. 1977. Projectile Motion and Loads Versus Travel in Gun Tube. AMMRC TR 77-9, 36 p, Watertown Massachusetts.
- [26] TUNCER D., ve Ali H., Ağır Silah Geri Tepme Mekanizması Tasarımı İç Balistik Modelinin Oluş. Ve Kama Kuv. Hes. 2.Ulusal Tas. İm. Ve Anl. Kongresi, Balıkesir, s. 413-414, 2010.
- [27] CANDAN, C., "Kompozit Zırh İmalat Parametrelerinin Terminal Balistik Özellikler Üzerine Etkileri" ,2005.
- [28] Lindblom, T., "Reactions in stabilizer and between stabilizer and nitrocellulose in propellants", Pyrotech.2002.
- [29] Balistik, Özgüder O., ÖZBAY M., ADİN H., Namlu İçi Balistik Davranışın SonluElemanlarYöntemiyleAnalizi<http://www.dicle.edu.tr/muhendislikdergisi/cilt8sayi3/MD-16-082.pdf> (Erişim tarihi: 29.06.2018)
- [30] Balistik çeşitleri, ÖZGÜDER O., ÖZBAY M., ADİN H., Namlu İçi Balistik DavranışınSonluElemanlarYöntemiyleAnalizi<http://www.dicle.edu.tr/muhendislikdergisi/cilt8sayi3/MD-16-082.pdf> (Erişim tarihi: 29.06.2018)
- [31] AKÇAY, M., Balistik, Ankara, 2010.
- [32] GÖK, Ş.,"Dış Balistik Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2006.
- [33] CHEN, M. "High Fidelity In-Bore Pressure Modelling" ,11th International Ls-Dyna usersconference, ABD, 2010.
- [34] MICHAEL, M., Chen, D. ,"Structural Design And AnalysisOf Hit-to-Kill Projectile" , 9th International Ls-Dyna usersconference, ABD, 2006.

- [35] ÖZER, G. ,”Dış Balistik Analizinde İz Düşüm Alanı Ve Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 2008, Kırıkkale.
- [36] JADICKA, L., BEER,S., VIDENKA,M., Modelling of pressure gradient in the space behind the projectile (2008).
- [37] “Silah Sistemleri ve Balistik Ders Kitabı”, Kara Harp Okulu Basım Evi, Ankara, 1-87 (2006).
- [38] CARLUCCI, D. E. Jacobson, S. S. “Ballistics; Theory and Design of Guns and Ammunition”, Taylor & Francis Group, New York, 3-429 (2008).
- [39] HAYES, T. J. “Elements of Ordnance; A Text Book for Use of Cadets of the United States Military Academy”, John Wiley & Sons, New York, 65-673 (1938).
- [40] BHATNAGER, A. “Lightweight Ballistic Composites: Military and Law Enforcement Applications”, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 35-411 (2006).
- [41] BORVIK, T. “Ballistic Penetration and Perforation of Steel Plates”, Ph. D. Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Department of Structural Engineering, Norway, 12-16 (2001).
- [42] ZUKAS, J. A. “Penetration and Perforation of Solids”, Impact Dynamics, John Wiley & Sons, 155-214 (1982), New York.
- [43] JARAMAZ, S. , MICKOVIC, D. ,Elek, P. Two-phase flows in gun barrel: Theoretical and experimental studies, (2011).
- [44] Anonim, NATO mermisine ait fişegin yapısı, <https://www.google.com/search?biw=1346&bih=636&tbm=isch&sa=1&ei=iZEgXbuUHsOorgST3bCwBA&q> (Erişim tarihi: 28.08.2018)
- [45] Carlucci, D.E., ve Jacobson, S.S., Ballistics: Theory and design of guns and ammunition, CRC PPress, Bocaotan, A.B.D, 2014.

- [46] McCoy, R.L., Modern exterior Ballistics, Schiffer, A.B.D, 2012.
- [47] D. E. Tria, R. Trębiński, Methodology for experimental verification of steel armour impact modelling International Journal of Impact Engineering, Volume 100, February 2017, Pages 102-116
- [48] Ekansh Chaturvedi, Ravi K. Dwivedi, Computer aided design and analysis of a tunable muzzle brake, Defence Technology, Volume 15, Issue 1, February 2019, Pages 89-94
- [49] Anonim mermi yörünge hesaplama, <https://www.google.com/search?biw=1346&bih=636&tbm=isch&sa=1&ei=CpkgXbezCOLigwfRpJi4DA&q=external+ballistics+calculator&oq>(Erişim tarihi: 21.09.2018)
- [50] ÇELİKEL, A., Av Tüfeği Namlu Uzunluğunun Saçma Dağılımına Etkisi ve Atış Mesafesinin Belirlenmesinde Önemi, Tıpta Uzmanlık Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı, Eskişehir, 2008.
- [51] Balistik Koruma Testleri ve Standartları, BOZDOĞAN F., ÜNGÜN S., TEMEL E., SÜPÜREN MENGÜÇ G., Balistik Koruma Amaçlı Kullanılan Tekstil Materyalleri, Özellikleri ve Balistik Performans Testleri <https://dergipark.org.tr/download/article-file/137956>(Erişimtarihi:15.11.2018)
- [52] TEMİZ, S., Balistik Kumaş ve Test Yöntemleri Üzerine Bir Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2005, İzmir.
- [53] Dış Balistik Testleri, BOZDOĞAN F., ÜNGÜN S., TEMEL E., SÜPÜREN MENGÜÇ G., Balistik Koruma Amaçlı Kullanılan Tekstil Materyalleri, Özellikleri ve Balistik Performans Testleri <https://dergipark.org.tr/download/article-file/137956>(Erişimtarihi:15.11.2018)
- [54] CANDAN, C., 2007, Hafif Silahlara Karşı Preslenerek ve Preslenmeden Üretilen Yüksek Yoğunluklu Polietilen (UHMW-PE) Zırh Plakalar Terminal Balistik Özelliklerinin incelenmesi, 8. Uluslar Arası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, 7 – 9 Kasım 2007, İstanbul.

- [55] NIJ-STD-0101.04 - Ballistic Resistance of Personal Body Armor.
- [56] NIJ Standard-01.01.06 - Ballistic Resistance of Personal Body Armor.
- [57] Anonim, Kriminal, Ateşli silah
[https://www.google.com/search?q=http://kriminal.iem.gov.tr+Kriminal+,"Ateşli+silah"&tbm=isch&source=univ&sa](https://www.google.com/search?q=http://kriminal.iem.gov.tr+Kriminal+,)(Erişim tarihi: 15.12.2018)
- [58] ÇAYIROĞLU, I., DİZDAR E.N. "Kapsülsüz Mermi Atan Hafif Silah Tasarımı" , Teknoloji, 2004.
- [59] Anonim, Yerli silahlarımız, Savunma sanayii,
https://www.google.com/search?biw=1346&bih=587&tbm=isch&sa=1&ei=dAEiXcj3IaJrwTy9aAY&q=savunma+sanayi&oq=savunma+sanayi&gs_l
(Erişimtarihi:15.12.2018)
- [60] Ardavan Khoshnood, Aggression and Violent Behavior, Firearm-related violence in Sweden – A systematic review, September–October 2018, Pages 43-51
- [61] ÖĞÜNÇ, G.İ., Balistik İncelemeler Temel Eğitim Kitabı Emniyet Genel Müdürlüğü. Ankara 2013.
- [62] ÖZDEMİR, G., "2004-2005 yıllarında Adli Tıp Kurumu Trabzon Grup Başkanlığı'nda Otopsileri yapılan Ateşli Silah Yaralanmalarına Bağlı Ölüm Olgularının İncelenmesi" , Yüksek Lisans Tezi. Trabzon 2007.
- [63] KOÇ, S., KOLUSAYIN, Ö. Ateşli Silah Yaraları. "Adli Tıp Dersi Kitabı". 2011.
- [64] TAŞKIRAN, E., "Ağır silahlardaki Geri Tepme mekanizmalarının Dinamiği Üzerine", Yüksek Lisans Tezi. Ankara 2010.
- [65] TUNCER, D.G., Alli, H., "Ağır silahların Geri Tepme Mekanizmalarının Tasarımında İç Balistik Modelin Oluşturulması ve Kama Kuvvetinin Hesaplanması" 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir 2010.

- [66] Anonim, Tarihi top namlu görüntüsü
<https://kumlucaresimleri.cf/index.php/2019/03/18/2322/> (Erişim tarihi:
26.04.2019)
- [67] Anonim, çekirdek,
kapsülkovan, [https://www.google.com/search?q=çekirdek+kapsül+kovan&so
urce=lnms&tbm=isch&sa=X&ved](https://www.google.com/search?q=çekirdek+kapsül+kovan&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved)(Erişim tarihi: 26.04.2019)
- [68] Anonim, mermi, ağır silahlar <https://www.wikizero.com/tr/Mermi>(Erişim
tarihi: 26.04.2019)
- [69] Kirk-Othmer., Encyclopedia of Chemical Technology, 4.Baskı (electronic
release), New York, 1992-1998.