

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**NAMLU İÇERİSİNDEKİ FİŞEKTE OLUŞTURULAN BASINCIN
MENZİLE OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ**

Ramazan YILDIRIM

Yüksek Lisans Tezi

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Konstrüksiyon ve İmalat

NİSAN 2024

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**NAMLU İÇERİSİNDEKİ FİŞEKTE OLUŞTURULAN BASINCIN
MENZİLE OLAN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Tez Yazarı

Ramazan YILDIRIM

Danışman

Doç. Dr. Haşim PIHTILI

NİSAN 2024

ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı:	Namlu İçerisindeki Fişekte Oluşturulan Basıncın Menzile Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi
Yazarı:	Ramazan YILDIRIM
İlk Teslim Tarihi:	14.03.2024
Savunma Tarihi:	16.04.2024

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Doç. Dr. Haşim PIHTILI Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Prof. Dr. Cihan ÖZEL Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım
Üye:	Dr. Öğr. Üyesi Şükrü ÇETİNKAYA Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza

Prof. Dr. Burhan ERGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Namlu İçerisindeki Fişekte Oluşturulan Basıncın Menzile Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

16.04.2024

Ramazan YILDIRIM



ÖNSÖZ

İnsanlık tarihiyle, savunmaya yönelik alet ve araçlar muhtemelen aynı zamanlarda ortaya çıkmıştır. İnsanlığın bilimsel gelişimine paralel olarak savunma araçları da sürekli gelişme göstermiştir. Savunma aletleri, başlangıçta basit, ucu sivriltilmiş veya keskin hale getirilmiş taş, ağaç vb. malzemelerle yapıp avlanma amacıyla kullanılmıştır. Sonraki süreçlerde bu durum sürekli gelişme göstermiştir. İnsanlık tarihi var olduğu sürece savunmaya yönelik çalışmalar da mutlaka var olacaktır. Bu çalışma da ülkemizin savunma alanındaki gelişmesine katkıda bulunulmak üzere hazırlanmıştır.

Bu vesileyle;

Savunma sanayine yönelik bu çalışmamın konusunu belirleyen ve çalışmamın başından sonuna kadar her türlü desteği veren danışman hocam sayın Doç. Dr. Haşim PIHTILI'ya çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim ve tez yazım sürecinde bana destek olan ve kendilerine ayırmam gereken zamandan feragat eden sevgili eşim ve oğluma, eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen tüm aile bireylerime ve bu tez çalışması sırasında proje çalışmama destek olan FÜBAP'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Ramazan YILDIRIM

ELAZIĞ, 2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLOLAR LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Çalışmanın Özgün Değeri	14
2.2. Çalışmanın Amacı	14
3. NAMLULU ATEŞLİ SİLAHLAR	15
3.1. Namlulu Hafif Ateşli Silahlar.....	15
3.2. Namlulu Ağır Ateşli Silahlar	18
3.3. Namlulu Ateşli Silahlarda Kullanılan Mermi ve Mühimmatlar	19
3.4. Namlulu Ateşli Silahların Çalışma Prensibi	21
3.5. Balistik Bilimi	26
3.5.1. İç Balistik	26
3.5.2. Dış Balistik.....	28
3.5.3. Terminal Balistik.....	28
4. TEORİK BİLGİLER.....	30
4.1. İç Balistik ve Sevk Barutunun Yanma Teorisi	30
4.1.1. İdeal Gaz Denklemleri	31
4.1.2. Nobel-Abel Hal Denklemleri ve Gerçek Gaz Denklemleri	32
4.1.3. Sevk Barutunun Yanma Hızı Teorisi	33
4.1.4. Yanan Sevk Barutunun Enerjisi	34
4.2. Enerjinin Korunumu Yasası	37
4.2.1. Sevk Barutunun Patlaması Sonucu Oluşan Enerji.....	37
4.2.2. Namlu İçerisinde Mermi Hareketi İçin Harcanan Enerji.....	38
4.2.3. Silah Sisteminin Isınmasına Harcanan Enerji	38
4.2.4. Sevk Barutu Gazlarının Hareketi İçin Harcanan Enerji	38
4.3. Silah Sisteminde İç Balistik Hesaplama Etkili Olan Kütle	38
4.4. Silah Sistemi Ateşlendiğinde Atış İşleminin Gerçekleştiği Hacim.....	40
4.5. Vallier-Heydenreich Balistik Çözümü ile Bazı Parametrelerin Hesaplanması.....	43
5. MATERYAL VE METOT	46
5.1. DeneySEL Çalışma	47
5.1.1. Deney Düzeneklerinin Tasarım ve İmalatı	47
5.1.2. Deney Atışlarının Yapılması ve Elde Edilen Verilerin Kaydedilmesi	51
6. DENEYSEL ÇALIŞMANIN SONUÇLARI	55
7. BULGULAR VE TARTIŞMA	56

8. SONUÇLAR.....	57
ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Namlu İçerisindeki Fişekte Oluşturulan Basıncın Menzile Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Ramazan YILDIRIM

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan 2024, Sayfa: xii + 62

Bu çalışmada, namlu iç balistiği üzerinde durularak silah sistemlerinin menzilini etkileyen etmenler ve bu etmenler içerisinde namlu iç basıncının menzile olan etkisi araştırıldı. Bu araştırmalar ışığında bir silah sisteminin her atışta aynı olan mermi, ilk hareket basıncının kontrollü bir şekilde değiştirilmesi ve bu değişikliğin ne tür sonuçlara yol açacağını kapsamaktadır. Çalışma deneysel olarak gerçek mühimmat kullanarak gerçekleştirildi. Deneysel çalışma için, bir atış test düzeneği tasarlandı ve imalatı yapılarak, gerçek bir silah ve mermi ile atışlar yapılarak deneysel sonuçları irdelendi.

Yapılan deneysel çalışma ile, elde edilen veriler değerlendirildiğinde silah sisteminde mermi ilk hareketinin geciktirilmesinin mermi namlu çıkış hızını artırdığı net bir şekilde ortaya konulmuştur. Çalışmada 3 grup halinde deneyler yapılmış, 1. gruptaki fişeklere herhangi bir germe torku uygulanmadan 5 el atış yapılmış ve bu grupta mermi namlu çıkış hızı 387,2m/saniye ölçülürken 2. gruptaki fişeklere 30 Nm tork ile germe uygulanmış ve bu 5 el atışın namlu çıkış hızı ortalaması 395,2 m/saniye ölçülmüştür. Son olarak 3. gruptaki mermilere 60 Nm germe torku uygulanmış ve 5 el atışın namlu çıkış hızı ortalaması 406 m/saniye olarak ölçülmüştür. Bu durumda, deney düzeneğinde gösterildiği gibi merminin ilk hareketi kontrollü bir şekilde geciktirme sistemi sayesinde aynı barut hakkı ile yaklaşık %5 oranında farklı mermi namlu çıkış hızları elde edilebileceği ispatlanmıştır. Mermi namlu çıkış hızı ne kadar yüksek ise o kadar daha uzun menzile atış yapılacağı aşikardır. Bu çalışma, MF.16.46 numarası ile, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (FÜBAP) tarafından desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Obüs, Namlu, Balistik, Mermi, Menzil.

ABSTRACT

Experimental Investigation of the Impact of Chamber Pressure on Projectile Range

Ramazan YILDIRIM

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

April 2024, Pages: xii + 62

In this study, the factors affecting the range of weapon systems, focusing on internal barrel ballistics, and the effect of internal barrel pressure on range were investigated. In the light of these researches, the bullet of a weapon system, which is the same in every shot, includes changing the initial action pressure in a controlled manner and what kind of results this change will lead to. The work was carried out experimentally using live ammunition. For the experimental study, a shooting test setup was designed and manufactured, and the experimental results were examined by shooting with a real gun and bullet.

The experimental data obtained from the study revealed a clear increase in bullet muzzle velocity when the initial bullet movement was delayed in the firearm system. The experiments were conducted in three groups: in the first group, five shots were fired without applying any torsional force to the cartridges, resulting in a muzzle velocity of 387.2 m/s on average; in the second group, cartridges were subjected to 30 Nm of torque, with an average muzzle velocity of 395.2 m/s over five shots; finally, in the third group, cartridges were subjected to 60 Nm of torque, yielding an average muzzle velocity of 406 m/s over five shots. Accordingly, it was demonstrated that by delaying the initial movement of the bullet through a controlled delay system, approximately a 5% variation in bullet muzzle velocities could be achieved with the same gunpowder charge, as shown in the experimental setup. It is evident that the higher the bullet muzzle velocity, the longer the range of the shot. This study was supported by the Firat University Scientific Research Project (FÜBAP) under the reference number MF.16.46.

Keywords: Howitzer, Barrel, Ballistics, Bullet, Range

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1.	9x19mm şarjörlü tabanca..... 15
Şekil 3.2.	Bir revolver tabancaya ait temel aksamaları..... 16
Şekil 3.3.	Şarjörle beslenen bir tabancanın kesit görüntüleri..... 17
Şekil 3.4.	MKE tarafından üretilen uzun namlulu hafif ateşli silahlar..... 17
Şekil 3.5.	MKE tarafından Milli ve yerli imkanlarla tasarlanıp üretilen T 155 Fırtına obüsü..... 18
Şekil 3.6.	Bir obüs namlusunun atışa hazır halinin şematik gösterimi..... 19
Şekil 3.7.	Bir kartuşlu merminin kesit gösterimi..... 19
Şekil 3.8.	105mm obüs mermisi, kovani ve sevk barutu hakları..... 20
Şekil 3.9.	Havan topu mermisi ve yaprak barut hakkı..... 20
Şekil 3.10.	MKE tarafından üretilen barutlar ve bu barutların NATO standardına göre keselenmiş hali.. 21
Şekil 3.11.	155mm çapında çeşitli amaçlar için imal edilmiş obüs mermileri (Soldan başlayarak tahrip, sis, eğitim ve aydınlatma mermileri) 21
Şekil 3.12.	155mm bir obüs namlusunun ateşlenmesi durumunda oluşacak kuvvetlerin gösterimi..... 23
Şekil 3.13.	105mm çapında İngiliz Royal Ordnance L7 tankına ait top namlusuna çekilmiş yiv-setler.... 24
Şekil 3.14.	Namlu içerisine açılan yiv ve setlerin gösterimi..... 25
Şekil 3.15.	MKE tarafından üretilen 120mm tank topları..... 25
Şekil 3.16.	İç balistik inceleme için, kar98k Alman piyade tüfeğinin ateşlenmesi ve merminin namluyu terk etme anının gösterimi..... 26
Şekil 3.17.	MKE üretimi bir 155mm obüs namlusu zamana bağlı iç basınç değişim grafiği..... 27
Şekil 3.18.	Ateşlenen bir tabancanın kesiti ve merminin, sevk gazlarının hareketlerinin gösterimi..... 28
Şekil 3.19.	Hedefe atılmış ve hedefte ezilmiş olan tabanca mermileri..... 29
Şekil 4.1.	Namlu mermi ve piston silindir teorilerinin şematize edilişleri..... 30
Şekil 4.2.	Kare kesitli ortası delikli bir barut tanesinin gösterimi..... 33
Şekil 4.3.	Sabit hacimde sevk barutunun yanmasının şematik gösterimi..... 34
Şekil 4.4.	Namlulu ateşli silahlarda silah sisteminin atışa öncesi sisteme mermi ve sevk barutunun yüklenmiş halinin kesit gösterimi..... 41
Şekil 4.5.	Ateşlenen merminin namlu içerisinde zamana bağlı olarak hareketinin ve bu hareket sonucunda yanma odası hacminin değişiminin gösterimi..... 42
Şekil 4.6.	Bir tabancanın ateşlenmesi sonrası namlu iç basınç değişiminin gösterimi..... 43
Şekil 5.1.	Normal ve ilk hareketi geciktirilmiş mermilerin namlu iç basıncında meydana getirecekleri basınç değişim grafiği..... 46
Şekil 5.2.	Kronograf mermi hızı ölçme cihazı..... 47
Şekil 5.3.	Deney düzeneği 3D modeli..... 48

Şekil 5.4.	Deney düzeneği CAD modeli parçalarının patlatılmış hali.	48
Şekil 5.5.	Deney düzeneğinin atışa hazır halinin kesit gösterimi.	49
Şekil 5.6.	Deney düzeneğinin ateşlenmiş halinin kesiti.	49
Şekil 5.7.	Merminin ilk hareketini kontrol altına alarak geciktirecek olan aparatın kesit gösterimi.	50
Şekil 5.8.	Deney düzeneği için imalatları gerçekleştirilen parçalar.	50
Şekil 5.9.	İmalatları tamamlanan deney düzeneği parçalarının montajının yapılması.	51
Şekil 5.10.	Deney düzeneği ve kronografin yerleştirilmesi.	51
Şekil 5.11.	Deney düzeneğiyle gece atışı.	52
Şekil 5.12.	MKE üretimi süper slug 32gr tek gülle fişek.	52
Şekil 5.13.	Merminin ilk hareketini germe manşonu yardımıyla geciktirecek olan aparatın farklı torklarda sıkılması durumunun, mermi namlu çıkış hızına etkisini gösteren grafik.	54

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Bazı patlayıcıların yoğunlukları ve patlama hızları .	22
Tablo 3.2. Bir silah sisteminde barut gazında elde edilen enerjinin dağılımı	24
Tablo 4.1. İdeal gaz hal denklemini oluşturan kanun ve prensipler.	31
Tablo 4.2. Bazı silah sistemlerinin yanma odası hacimleri, yanma odası barut dolgu miktarları ve bunlara bağlı olarak doldurma yoğunluğu tablosu.	32
Tablo 4.3. Piezometrik verime bağlı olarak verilen faktörler	44
Tablo 4.4. Vallier-Heydenreich katsayılar tablosu	45
Tablo 5.1. Deney atış sonuç cetveli.	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a	: İvme (m/s^2)
A	: Namlu kesit alanı (m^2)
$\frac{a}{v^2}$	: Moleküller arasından çekim kuvveti (m^3/kg)
B	: Eş hacim (kg/m^3)
C	: Özgül ısı (J/kgK)
C_v	: Sabit hacim içerisindeki barut gazlarının özgül ısısı (kJ/kgK)
C_p	: Sabit basınç altındaki barut gazlarının özgül ısısı ($kJ/kg.K$)
d_b	: Sevk barutunun tane çapı (m)
d_k	: Sevk barutunun tane delik çapı (m)
du	: Sistem iç enerjisinin değişimi (kJ)
E_b	: Sevk barutu gazlarının hareketine harcanan enerji (kJ)
E_k	: Merminin kinetik enerjisi (kJ)
E_t	: Sevk barutunun yanması sonucu oluşan enerji (kJ)
F	: Kuvvet (N)
L	: Sevk barutunun tane boyu (m)
m_b	: Sevk barutunun kütlesi (kg)
m_e	: Fırlatılan merminin efektif kütlesi (kg)
m_g	: Yanma sonucu ortaya çıkan sevk barutu gazının kütlesi (kg)
n	: Sevk barutunun yanma hızının basınç üssü sayısı
P	: Basınç (MPa)
P_a	: Silah sisteminin namlu boyunca ortalama basıncı (MPa)
P_b	: Fırlatılan merminin tabanına etki eden basınç (MPa)
P_{br}	: Silah sisteminin yanma odasında oluşan basınç (MPa)
P_{max}	: Silah sisteminde meydana gelen maksimum basınç (MPa)
R	: Üniversal gaz sabitesi ($J/molK$)
S	: Barut tanesinin et kalınlığı (m)
T	: Zaman (saniye)
T	: Sistemin mutlak sıcaklığı (K)
T_0	: Sistemde kullanılan sevk barutunun adyabatik alev sıcaklığı (K)
V	: Kütleli özgül hacim (m^3)
V_c	: Silah sisteminin yanma odası hacmi (m^3)
V_m	: Mermi hızı (m/s)
X	: Fırlatılan merminin namlu içerisinde aldığı yol (m)
x_m	: Silah sisteminin namlu uzunluğu (m)
z	: Sevk barutunun biçim fonksiyonu
β	: Yanma hız sabitesi ($m/(s.(MPa)^n)$)
η	: Gaz moleküllerinin kapladığı hacim (m^3/kg)
λ	: Barutun gücü (N.m/kg)
θ	: Isı transferi düzeltme faktörü
ρ_s	: Barutun yoğunluğu (kg/m^3)
ρ_g	: Barut gazlarının yoğunluğu (kg/m^3)
γ	: Özgül ısılar oranı

1. GİRİŞ

Savunma kelimesinin sözlükteki anlamlarından biride saldırıya karşı koyma, müdafaa etmektir. Kelimenin anlamından anlaşılacağı gibi insanlık tarihi var olduğu günden itibaren savunmada var olmaya başlamış ve insanlık tarihine paralel olarak gelişme göstermiştir. İnsan gerek kendi hemcinsinin gerek doğal ortamı beraber paylaştığı diğer tür canlıların saldırılarına karşı kendini hep savunma ve koruma zorunda hissetmiştir. Ayrıca yiyecek ihtiyacını karşılamak içinde hayvanları avlama ihtiyacı duymuştur. Bu ihtiyaçlarda insanları savunma yönünde araştırmalara ve geliştirmeye yönlendirmiştir.

Canlıları hedef olarak fırlatılan ve hedef canlı ise o canlıları yaralayan, öldürerek etkisiz hale getiren, temas ettiği canlı organizmaları hasta eden, cansız hedefleri parçalayan, imha eden makine ve aletlerin tümüne “silah” denir [1]. İnsanoğlu savunma silahları olarak doğadaki taş odun gibi malzemeleri ilk başlarda direk kullanırken sonraki süreçlerde bu malzemelere bazı şekiller vererek daha etkin kullanabileceğini keşfetmiştir. Bu keşifle savunma sanayinin ilk temelleri atılmış ve günümüze kadar gelmiştir. İlk başlarda insan gücü ile hareket verilen silahlar zamanla geliştirilen mekanizmalar sayesinde çok daha farklı sistemlerle güç üretilmiş ve sınırlı olan insan gücünün karşısına çok daha büyük güçler üretebilen sistemler geliştirmiştir. Elle fırlatılan bir mızrağın yerine mesela gerdirilmiş bir yay sistemi ile fırlatılan silah sistemi geliştirilmiştir. Sonraki süreçte silah sistemlerinin gösterdiği gelişmeler sonucunda mancınıklar icat edildi. Geliştirilen bu mancınıklar sayesinde yıkılması zor tahkimatı iyi kalelere girmeden dışarıdan müdahale imkânı sağlandı. Büyük ağır taşlar veya metal güller bu mancınıklarla fırlatılmaya başlandı. Basit fizik kuralları ile yapılan bu silah sistemleri 9. Yüzyılda barutun Çin’de bulunması ve Avrupa’ya ulaşması ve barutun silah sistemlerinde kullanılmaya başlanmasıyla savunma sanayi başka bir boyuta geçmeye başladı [1].

Barutun bulunması ve Avrupa’ya ulaşması ile başlayan yeni süreç ile silah sistemlerinin içerisine havan topları, toplar, obüsler, tüfekler ve vb. silah sistemleri girmeye başlamıştır. Topların sahneye çıkmasıyla yıkılması çok zor olan muhkem kaleler büyük toplarla dövülerek yıkılmış ve bu durumda dünya siyasi tarihinde değişikliklere sebep olmuştur. Büyük ve güçlü devletler bu sayede güçlerine güç katarken küçük derebeylikleri gibi yönetimler ise yıkılmıştır.

Barutun bulunmasıyla ateşli silahlar dönemi başlamış ve ilk başlarda çok hızlı bir gelişim kat edilemese de bütün Dünya’yı etkileyen savaş dönemleri insanları yeni silah sistemleri geliştirmeye itmştir. Özellikle 1. ve 2. Dünya savaşlarıyla beraber ateşli silah sistemlerinde çok büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Savaş dönemlerinde ve sonrasında sürekli yeni sistemler geliştirilmiş ve günümüze kadar gelinmiştir.

Devletler tarih sahnesinde varlıklarını devam ettirebilmek için ihtiyaç duyulan güncel silah sistemlerini yapabilmelidirler. Bu vesileyle devletler savunma sanayiye yönelik çalışmalar yapmak

zorundadırlar. Bu çalışmalarını bazen devletler kendi kurum ve kuruluşları ile yaparken bazen de özel firmalar vasıtasıyla yapmaktadır. Gelişmiş ülkelerde özellikle savunma sanayiye yönelik çalışmalara üniversitelerde yoğun bir şekilde destek olmaktadır. Bu bilinçle çalışmamız ile savunma sanayiye bir katkı olması için çalışmamızın konusu seçilmiştir. Silah temelde dört bölüme ayrılır. Bunlar; konvansiyonel silahlar, biyolojik silahlar, nükleer silahlar ve kimyasal silahlar olarak gruplanmıştır. Bu silah türleri de kendi içlerinde alt birimlere ayrılır. Bu çalışmamızda temelde konvansiyonel silahların bir alt birimi olan ve ateşli silahlar grubuna giren namlulu silahlarda namlu iç basıncının değişiminin menzile olan etkisi üzerinde çalışılacaktır.

Çalışmamızda ateşli silah sınıfına giren ve bir namluya sahip olan silah sistemleri araştırılmış, bazı sistemler hakkında bilgiler verilmiş ve silah sisteminin etkinliğini artırmak için çalışma yapılmıştır. Çalışmamız temelde namlulu bir silah sisteminin menzili artırılarak daha etkin kullanılmasını hedef almıştır. Top obüs gibi yivli namluya sahip ve farklı miktarlarda barut hakkı kullanarak atış yapabilen silah sistemlerinde silah sistemi ateşlendiğinde barut hakkı farklıda olsa merminin namlu içerisindeki ilk hareket basıncı hemen hemen aynıdır. Bu durumun silah sistemine avantaj mı dezavantaj mı sağladığını ortaya koymak için mermi ilk hareketini farklı basınçlarda olacak şekilde bir sistem tasarlayarak bu çalışmamızda araştırılmıştır.

Araştırmamız için her ne kadar savunma sanayiye yönelik literatüre ulaşmak kısıtlı olsa da konumuzla alakalı olarak geniş bir literatür araştırması tarafımızca yapılmış ve ne literatürde ne de uygulamada benzer bir çalışma görülmemiştir. Bu yönüyle çalışmamız yenilikçi ve özgün bir çalışma olmuştur. Çalışmamız ülkemizin savunma sanayisine katkıda bulunacağını ve bu yönde yapılan çalışmalarda literatüre yeni bir çalışma katacağından önemli olacaktır.

Konvansiyonel silah sistemleri ele alınırken bu silah sistemlerinin en başta etki alanlarının ne kadar olduğuna da dikkat edilir. Bir silah sisteminin etki alanı ne kadar büyük ise o silah sisteminin değeri de o kadar büyüktür. Bu çalışmamızın amacı, özellikle namlulu silah sistemlerinin menzilini artırmaya yönelik olduğundan dolayı, bu yönüyle de literatür ve gelecekteki çalışmalar için önem arz etmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Savunma sanayiye yönelik olan çalışmalar büyük oranda direk olarak ya devletler tarafından veya devletlerin kontrolünde bulunan kurum veya kuruluşlar tarafından yapıldığından literatür alanı diğer çalışmalara göre çok dar kalmaktadır. Ülkemizde savunma sanayiye yönelik çalışmalar uzun yıllardır yapılıyor olsa bile asıl sıçramasını 2005’li yıllardan sonra yapmıştır. Ülkemizde ve dünyada bu yönde yapılan çalışmalar en güncel tarihten başlanılarak aşağıda sıralanarak literatür araştırmasının özeti çıkarılmıştır.

Acar [1] ‘9mm Ateşli Silahlardan Elde Edilen Kovanların ve Mermi Çekirdeklerinin Tanımlanarak Markalarının Tespiti’ adlı yüksek lisans tez çalışmasında ateşli silahlardan elde edilen 9mm çapındaki kovanların ve mermi çekirdeklerinin tanımlanması ve markalarının tespiti üzerine çalışmış. Çalışmasında; CZ, Browning ve Beretta olmak üzere üç farklı yarı otomatik tabanca markası tercih edilmiş ve bu tabancalarla su tankına atış yaparak elde edilen kovanlar, kapsüller ve ateşleme iğnesi izlerini incelemiştir. Ayrıca, mermi çekirdekleri üzerindeki yiv ve set izleri de detaylı bir şekilde incelemiştir. BALİSTİKA adında bilgisayar programı kullanılmış ve elde edilen sonuçlarına göre, CZ %82, Browning %18 ve Beretta %82 başarı oranlarına ulaştığını tespit etmiştir. Ancak, bu izlerden yola çıkarak kovanların ait olduğu silahın markasını tespit edememiştir. Çalışmasında sonuç olarak, kovanlar ve mermi çekirdekleri arasında gruplar belirlenebilmiş ancak kullanılan silahın markasının tespiti konusunda net bir sonuca ulaşamamıştır. Araştırma, ateşli silahlarla ilgili balistik inceleme yöntemlerine ve marka tespiti konusundaki zorluklara dair bilgi sağlamaktadır.

Ulutaş [2] ‘120mm Havan Topu Namlusunun ve Bu Namlu Üzerinde Yapılacak Geometrik Değişiklikler Sonrasında Namlunun Mekanik Özelliklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi’ adlı yüksek lisans tez çalışmasında, 120mm havan topunun namlusunun optimize edilmesi için bir çalışma yürütmüştür. Klasik 120mm havan topunun namlusu üzerinde bulunan vida dişleri kaldırılmasının namlu üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmasını, üzerinde vida dişi bulunan 120 mm havan topu namlusuna atış esnasında etki eden gerilmeler için termo-mekanik analizlerin ANSYS Workbench sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir, ikinci olarak 120mm havan topu namlusu üzerindeki vida dişleri kaldırıldıktan sonraki durumu için aynı gerilmeler etkisi altında ANSYS Workbench programında incelemiştir. İki deneyden elde edilen sonuçları karşılaştırarak 120mm havan topu namlusu üzerinde bulunan vida dişlerinin kaldırılmasının güvenli olup olmadığı incelenmiştir.

Gürdamar [3] ‘Ateşli Silahlarda Bastırıcı İçerisindeki Bölme Plakası Sayısının Akış ve Ses Karakteristiklerine Etkisinin İncelenmesi’ adlı yüksek lisans tez çalışmasında ateşli silahların ateşlenme sonrasında ortaya çıkardıkları sesin azaltılması ve hangi silah sistemi tipinden veya atış yapılan yönün, yerin belirlenmesinin engellenmesini çalışmıştır. Çalışmasında 9x19 mm mermi

ateşleyen silahta ses altı ve ses üstü mermilerin ses seviyesi üzerindeki etkisini deneysel olarak araştırmış. Elde edilen veriler ile nümerik bir program yardımıyla farklı model kullanımlarının deneysel sonuçlarını kıyaslamış. Patlama sonucu meydana gelen seslerin düşürülmesi için kullanılan bastırıcılardaki bölme plakalarının sayısının ve mesafesinin akış alanı ve uzak alan gürültü seviyeleri üzerindeki etkisini nümerik olarak incelemiştir.

Şahinoğlu [4] *'Ateşli Silahlarda Rastlanan Geri Tepme Kaynaklı Ergonomik Sorunlara Biyomimetik Tabanlı Yaklaşım'* adlı yüksek lisan çalışmasında, ateşli silahlarda gerçekleşen geri tepme mekanizmasının ergonomik ve daha genel kapsamda taktiksel açıdan yol açtığı sorunlara biyomimetik tabanlı bazı çözüm önerileri getirmiştir. Ağaçkakanlarda bulunan sürekli darbe sönümleme sistemini inceleyerek bu mekanizmanın belirtilen problemin giderilmesinde nasıl uygulanabileceği üzerinde durmuş. Çalışma için öncelikli olarak çözümün uygulanacağı ateşli silah seçimini yapmıştır. Ağaçkakanlardaki darbe sönümleme çözümüne ait ana bileşenler yapısal analogileri kullanarak mevcut tasarımın ana ölçüleri dahilinde yeni tasarımlara entegre etmiştir. Ortaya konulan tasarımların analizlerini yapmıştır. Ulaştığı sonuçlara göre tasarım güncellemesi yaparak tekrarlanan analizlerle güncellemelerin verimliliğini ölçmüştür.

Karakoç [5] *'Ateşli Silahların Test Atışlarının Otomatik Sayımı ve Veri Tabanına Kaydedilmesi'* adlı yüksek lisans tez çalışmasında ateşli silah testinin manuel yapılması ve insan kaynaklı veri tutulması durumunda istenmeyen geri dönüşlere engel olmaya yönelik bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında test atışlarının yapılması, atış yapılan silahlara ait seri numaralarının ve test atış sayılarının kayıtları otomatik olarak veri tabanına kaydedilmesini sağlamaya çalışarak ortaya çıkan insan kaynaklı hataları minimize etmeye çalışmıştır. Çalışma sonucunda yapılan test sistemi sayesinde dikkatsizlik veya insan kaynaklı hataların önüne %95 oranında başarı elde edildiğini ortaya koymuştur.

Öztörün [6] *'Bir Ağır Silah Namlusunun Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Elastik-Plastik Gerilme Analizi'* adlı yüksek lisans tez çalışmasında, ağır silah namlularında meydana gelen yüklerin belirlenmesi ve bu yüklerin namlu üzerindeki etkilerinin incelenmesi üzerine yapmıştır. Çalışmasında, silah sisteminin ateşlendiği andan merminin namlu ağzından çıkana kadar olan süre içinde oluşturduğu mekanik etkileri ele almıştır. Çalışmasına ağır silah namlusunun tasarımından başlayarak, namlu içindeki basınç-zaman ve basınç-mesafe parametrelerini "PRODAS" adlı balistik analiz programı kullanılarak incelemiştir. Tez kapsamında, namlunun atış sırasında güvenli olup olmadığını belirlemek amacıyla "ABAQUS" adlı sonlu elemanlar yöntemini kullanarak namlu üzerindeki elastik gerilmeleri hesaplamıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda, namlu tasarımında yapılan değişikliklerle analizler gerçekleştirmiş ve optimal ölçülerde bir namlu tasarımı hedeflemiştir. Hesaplamaların doğruluğunu test ölçümleri ile karşılaştırarak teorik ve deneysel veriler arasındaki uyumunu da incelemiştir. Ayrıca, otofretaj işlemi ile namlu cidarında plastik analiz yaparak en uygun deplasman değerini belirlemiş ve elastik-plastik bölgeleri saptamayı

amaçlamıştır. Çalışmasında yapılan hesaplamaların ve test ölçümlerinin karşılaştırılması, analizlerin gerçeğe yakın sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu çalışmanın, ağır silah namlularının elastik-plastik gerilme analizi konusunda önemli bir katkı sağlayacağı aşîkârdır.

Çep [7] '*DIN 32CrMoV12-10 Çeliğinden Üretilen Namlu Ömrü ve Balistik Performansının Farklı Yüzey İşlemleri ile Geliştirilmesi*' adlı doktora tez çalışmasında, DIN 32CrMoV12-10 çeliğinden imal edilmiş 7.62 mm çapındaki namluların sertliklerinin, sürtünme-aşınma, korozyon ve balistik performanslarının iyileştirilmesi amacı ile farklı yüzey işlemlerinin etkilerini araştırmış. Bu amaçla, DIN 32CrMoV12-10 çeliğinden imal edilen namlulara; krom kaplama, borlama, nitrokarbürleme + oksidasyon ve nitrürleme + oksidasyon işlemleri uygulanmış. İşlemler sonrasında, numunelerin yapısal, morfolojik ve mekanik özellikleri XRD, SEM, sertlik ve profilometre ölçümleri ile belirlenmiş. Namlu malzemesinin tribolojik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile pin-on-flat aşınma testleri gerçekleştirmiş. Namluların balistik performansının belirlenmesi için gerçek koşullarda test atışları yapmış. Krom kaplama sonrasında malzeme yüzeyinde krom tabakasının oluştuğu, borlanmış numunelerde; malzeme yüzeyinde bor tabakası oluşumu ve yüzey altında ise difüzyon tabakasının oluştuğunu gözlemlemiş. Oluşan tabakalar Fe₂B ve FeB fazlarını içermektedir. Krom kaplama, borlama, nitrokarbürleme + oksidasyon ve nitrürleme + oksidasyon işlemleri malzemenin korozyon direncini artırdığı, nitrokarbürleme + oksidasyon ve nitrürleme + oksidasyon işlemleri sonucunda yüzeyde oluşan oksit tabakası korozyon için ekstra koruma sağladığı, krom kaplamalarda yapılan testlerde NATO standartlarına göre 12.000 atış ömrü sağlanabildiğini ortaya koymuştur. Nitrürleme + oksidasyon elde edilen namlularda NATO standartlara göre 10.000 atış sonrası ilk hızlarda düşme ve dağılımda açılma olduğu görülmüşken bu çalışmaya göre namlularda yapılan kaplamalarda atışlar sonrasında kırılma gerçekleşmediği belirtilmiştir.

Güngör [8] '*Erzurum Müzeleri'nde Yer Alan Osmanlı Dönemi Ateşli Silahlar*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında silahların ortaya çıkışı, tarih içerisindeki gelişimini, kronolojik olarak tezinde incelemiştir. Dünyada ve Osmanlı devleti dönemindeki silah sistemlerinin gelişimini anlatmıştır.

Gürel [9] '*Hafif Ateşli Silahlarda Kullanılan Yuvarlak ve Yassı Telden Üretilmiş Yerine Getiren Yaylarda Kuvvet Kayıplarının İncelenmesi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında hafif ateşli silahların genel çalışma prensiplerini anlatmış. Bu silah sistemlerinde kullanılan yerine getiren yay ve mili (irca yayı ve mili) görevini anlatmış. Bu yayın kullanıldığı silah sistemleri anlatılmış. Çalışmasında hafif ateşli silahlar grubunun en yaygın üyesi olan bir yarı otomatik tabanca yerine getiren yayı yuvarlak ve yassı tel yay olarak 2 tip yay tasarlamış ve numune üretimleri yapmış. Bu tasarlanan ve imalatı yapılan yaylara baskıya alma, yorulma ve ömür testleri uygulamış yaylarda meydana gelen değişimleri gözlemlemiştir.

Ablay Rutci [10] '*Hafif silahlarda kullanılan namlu malzemesinin geliştirilmesi ve işleme parametrelerinin incelenmesi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında hafif ateşli silahlardan olan

tabanca namlusunu ele almış, namlunun atış ömrünün artırılması için 1.2340 sıcak iş takımı çeliğinden üretilcek bir namlunun mevcut namlulara göre ne tür kazanım veya kayıplar sağlayacağını araştırmış ve tezinde ortaya koymaya çalışmıştır. 1.2340 sıcak iş takımı ile yapılan bir namlunun 40000 atış olan ömrünü 50000 atışa çıkarılabileceğini ortaya koymuştur. Namlular AISI 4140 malzemesinden yapılırken, 1.2340 sıcak iş takımı malzemesi ile yapılması durumunda karşılaşılabilecek zorluklara da değinmiştir.

Bayık [11] '*Harbiye Askerî Müzesi'ndeki Çanakkale Cephesi Kara Muharebeleri'nde Kullanılan Ateşli Silahlar*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, Birinci Dünya Savaşı Arkeolojisi kapsamında, maddi kalıntıların arazide tanınabilmesine ve savaş çalışmalarına katkı sunmak maksadıyla Harbiye Askerî Müzesi'ndeki Çanakkale Cephesi'ne ait kara muharebelerinde kullanılan ateşli silahlar ve mühimmatların, arkeolojik yöntemlerle incelenmesini amaçlamış ve aynı zamanda müzenin bu cepheye dair ihtiva ettiği eser yoğunluğu ve nitelikleri kataloglayarak ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışma sayesinde 1900'lü yılların başındaki silah sistemlerimizin çeşitliliği noktasında başvurulabilecek bir kaynak olmuştur.

Bayır [12] '*Hedeften namluya metodolojisi ile namlu boyunun terminal balistiğine etkisi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, standart bir hedefin penetrasyon hızı incelemesi üzerinden, sırasıyla hedef balistiği, dış balistik ve iç balistik çalışmalar yapılarak, mermi ilk ve açısal hızlarını hesaplamış ve yiv-set açısı dizaynı ile namlu tasarımı gerçekleştirilmiştir. Elde ettiği teorik verileri, deneysel metotlarla doğrulayarak farklı namlu boylarına sahip 5,56 mm piyade tüfeklerinin, namlu boylarının terminal balistiğine etkilerini incelenmiştir. Silahların namlu boyları kısaltıkça mermi çıkış hızlarının da azaldığını, mermilerin transonik bölgeye geçiş mesafeleri ve hedef üzerindeki tahribat etkilerinin ve kinetik enerjilerinin de azaldığını ortaya koymuştur. Ayrıca çalışma kapsamında deneysel çalışmalar esas alınarak tek atışta vuruş ihtimalleri teorik olarak hesaplamış, silahlı kuvvetler ve kolluk kuvvetlerinin 5,56 mm piyade tüfeği seçimine bilimsel bir bakış açısı kazandırılmayı hedeflemiştir.

Güngör [13] '*İç Balistik Hesaplama ve Namlu Tasarım Programı Geliştirilmesi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, deneysel veriler ile bir namlu tasarımında gerekli olabilecek tüm parametreler iç balistik yöntemlerle hesaplamayacak C++ tabanlı bir bilgisayar programı geliştirmeye çalışmış. Vallier-Heydenreich yöntemi kullanılarak gerekli hesaplamaları yapmaya çalışmış. Bu yazılım sayesinde namlu üzerinde oluşabilecek basıncın, zaman ve hıza göre nasıl ayarlanması gerektiği bulmayı hedeflemiştir. Çalışmasında namlu balistiğinin nümerik olarak incelenmesini kolaylaştırmıştır.

Özcan [14] '*Kısa Namlulu Ateşli Silahlarda İç Balistiğe Bağlı Mukavemet Analizi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, polimer gövdeli bir 9 mm çapındaki silah namlusunun mukavemet analizini yapmış. Çalışmasının amacı, sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanarak optimal namlu tasarımını yapmayı amaçlamıştır. Çalışmasında, namlu ve mermi için üç boyutlu tasarımlar yapmış ve bu

tasarımları Ansys Workbench Explicit Dynamics modülüne transfer etmiştir. Malzeme seçimleri olarak namlu için AISI 4340, mermi çekirdeği için kurşun antimon alaşımı, ve mermi ceketi için pirinç kullanmış. Malzeme davranışları için Johnson-Cook (JC) malzeme modeli tercih etmiş. Yaptığı analizlerde, silah ateşlendiğinde namlu cidar kalınlığı boyunca oluşan basınç değerlerini Vallier-Heydenreich balistik denklemlerini kullanarak hesaplamış. Ayrıca çalışmasında, merminin namluyu terk edene kadar ki geçen süre içinde meydana gelen gerilmeler, termal-elastik-plastik şekil değişimleri ve namludan çıkış hızını sonlu elemanlar analizleri ile incelemiştir. Çalışmasını, mermi namlu çıkış hızını deneysel atışlarla da doğrulamıştır. Balistik atış deney sonuçlarıyla elde edilen veriler, sonlu elemanlar analizleri ile karşılaştırmış ve merminin namludan çıkış hızının ortalama %1,82 hata payı ile tahmin edilebileceği göstermiştir. Ancak, çalışmada belirtilen iç balistik enerji kaybının büyük bir kısmının merminin plastik deformasyonu için harcandığına dair görüşe karşılık, literatürde deformasyon kaynaklı enerji kaybının %2 civarında olduğunu belirten yayınlarında bulunduğu değinmiştir. Çalışmasının sonucu olarak, polimer gövdeli bir silah namlusunun iç balistik mukavemet analizini detaylı bir şekilde ele almış ve deneysel verilerle analitik sonuçları karşılaştırarak çalışmasını desteklemiştir.

Sürmeli [15] '*Mermi Namlu Çıkış Hızı ve Enerjisini Etkileyen Parametrelerin Optimizasyonu*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, ateşli silahların iç balistik süreçlerinde merminin namlu çıkış hızını belirleyen parametreleri tespit etmeye odaklanmıştır. Çalışmada, iç balistik enerjisinin istenilen kararlılık ve performansta gerçekleşmesi için namlu helis oranı, namlu boyu ve mermi çekirdeğinin ağırlığı gibi faktörlerin etkisinin incelenmesini amaçlamıştır. Çalışmada, Lapua Ballistics yazılımını kullanarak 308 Winchester B466 (kalibre 9.72, gram/150 grain), 308 Winchester B476 (kalibre 11, gram/170 grain) ve 308 Winchester B416 (kalibre 13, gram/200 grain) mermileri üzerinden sanal atışlar gerçekleştirmiş. Bu atışlarda namlu boyu, namlu çapı ve çekirdek ağırlığı gibi giriş parametreleri L9(313) Taguchi ortogonal tasarımına bağlı olarak üç seviyede değiştirmiş. 1000 m mesafede yapılan atış simülasyonlarından elde edilen mermi çıkış hızı ve mermi çıkış enerjisi değerleri, Taguchi metodunu kullanarak analiz etmiştir. Sonuçların etkililik seviyeleri; çekirdek ağırlığının merminin namlu çıkış hızını %70.07, merminin enerjisini ise %93.73 oranında etkileyen en önemli parametre olduğunu göstermiştir. Sürmeli, elde ettiği verilerin güvenilirliğini belirlemek amacıyla varyans analizi (ANOVA) kullanmıştır. Çalışması, iç balistik parametrelerin optimizasyonu konusunda önemli bir katkı sunmakta olup, mermi çıkış hızı ve enerjisi üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde ele almaktadır.

Gündüzer [16] '*Namlu Cidarı Boyutlandırılmasına İç Balistik Davranışın Etkisi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, uzunluğu ve iç çap değeri bilinen M101 top namlusu 1,25 emniyet katsayısı ile 270 kilogramdan 115,95 kilografa hafifletilebileceğini ispatlamış. Namlu ağırlığını hafifletirme sırasında analitik yöntemlerle çözümlenmesi oldukça zor olan namlu cidar kalınlığının patlama sonucu oluşan basınç değerleriyle eksen boyunca hesaplanması üzerinde durmuş. Çalışmasında

silah sistemini alt sistemleriyle birlikte anlatmış. Ayrıca iç balistik temel denklemlerine değinmiş, mühimmat ve silah sistemlerini sınıflandırmış, optimizasyon kavramı açıklamış, analiz adımlarında izlenen metot ve kabuller vermiştir.

Şentürk [17] '*Namlu İç Balistiği ve Termo-Mekanik Analizi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, Namlu tasarımı için en önemli olan ana 2 parametrenin basınç ve sıcaklık değerlerinin olduğunu. Bu 2 parametrelerin namluya olan etkilerini incelemek için 7.62mm çapında 3 boyutlu bir namlu tasarlamış ve ANSYS sonlu elemanlar programı kullanılarak merminin konumuna ve zamana bağlı olarak termo-mekanik analizlerini yapmıştır. Atış esnasında namlu içinde oluşan maksimum basınç ve namlu ağzı hız değerlerini ölçülmüş. Daha sonra ise atış esnasında namlu dış sıcaklık değerlerini ölçmek için tek ve seri atışlar yaparak ve termal kamera ile namlu dış yüzeyi sıcaklık değerleri ölçülmüş. Teorik olarak namlu içerisindeki basınç, sıcaklık ve ısı taşınım katsayısı değerlerini hesaplanmış. Hesaplanan değerleri ANSYS programına veri olarak girmiş ve namlu boyunca zamana bağlı sıcaklık ve gerilme analizleri yapmış. Analiz sonuçlarından elde edilen sıcaklık değerleri termal kamera ile ölçülen değerleri karşılaştırmış. Namlu boyunca elde edilen sıcaklık verilerini kullanarak namluda seri 20 atış sonunda oluşan termo-mekanik gerilmeler ANSYS programı ile hesaplamış ve elde edilen verileri karşılaştırmıştır.

Bozali [18] '*Namlu Modellenmesi ve Borlanmış AISI 4140 Namlu Malzemesinin Aşınma Davranışlarının İncelenmesi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, 42CrMo4 çelik malzemeden yapılmış namlunun yüzeyini borlama işlemine tabi tutmuş. Kutu borlama metoduyla 850, 900, 950 °C sıcaklıklar ve 2, 4 ve 6 saat sürelerde yapmış. Borlanmış numunelerin mikro yapıları, tabaka kalınlıkları ve derinliğe bağlı olarak sertlik değerlerini ölçmüş. Yaptığı incelemeler sonucunda borür tabakasının kalınlık ve sertlik değerleri, süre ve sıcaklığın artışı ile doğru orantılı olarak arttığı, borür tabakası kırılma tokluğu değerlerinin ise azaldığını tespit etmiş. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak Zigana marka F tipi silah namlusunun elastik ve plastik gerilme, deformasyon, Von-Mises yöntemiyle analizlerini yapmış. Bu analizlerinin sonucunda mermi çekirdeğinin namluyu terk edene kadarki geçen süre içerisinde tüm değerlerin artış gösterdiğini ve en fazla artış olan bölgenin patlamanın gerçekleştiği yerde meydana geldiğini tespit etmiştir.

Alkılıç [19] '*Namlularda Atış Ömrünü Etkileyen Sert Krom ve Oksidasyon Kaplama Parametrelerinin Karşılaştırılması*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında namlu çeliğine uygulanan sert krom ve oksit kaplamaların namlunun performansına etkilerini araştırmaktadır. Çalışma, düşük alaşımlı ıslah edilmiş yüksek mukavemetli çelik kullanılarak gerçekleştirilmiş deney çalışmalarına dayanmaktadır. Deneylerde, sert krom ve oksit kaplamaları kullanılarak aşınma ve korozyon incelemeleri yapmak üzere numune namlular hazırlanmış. Bu kaplamaların tamamlanmasının ardından, namlular süperpoze tüfek üzerine takılarak atışlar gerçekleştirilmiş. Ayrıca, kaplaması tamamlanan numuneler farklı aşındırıcı ve yüklerde aşınma deneylerine tabi tutulmuş, korozyon testleri, sertlik ölçümleri ve optik mikroskop incelemeleri yapılarak kaplamanın kalınlığı ve sertliği

belirlenmiş. İç yapı incelemelerinde, oksit kaplamanın kalınlığının sert krom kaplamadan %74 daha fazla olduğu ve oksit tabakasının difüzyonla meydana geldiği, sert krom tabakanın ise difüzyonsuz olduğu belirtilmiştir. Korozyon testleri sonuçlarına göre, oksit kaplanmış numunelerin ömrünün sert krom kaplanmış numunelerden %25 daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kaplamaların mermi hızını etkilediği ve oksit kaplanmış namludan merminin çıkış hızının, sert krom kaplanmış namludan merminin çıkış hızından %3,5 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Atıştan sonra namlu içinde oluşan kurşun sıvanması sonucu meydana gelen yüzey pürüzlülüğü incelendiğinde, sert krom kaplanmış yüzeye göre oksit kaplanmış namluda %23,63 daha düşük bir pürüzlülük görülmüştür. Çalışma, namlu kaplama materyalleri arasındaki performans farklarını ortaya koymakta olup, özellikle oksit kaplamanın korozyon direnci ve mermi çıkış hızı açısından avantajlı olduğunu göstermektedir.

Üstündağ [20] *'Obüs Mühimmatının Menzil Artırımına Yönelik Tasarım Optimizasyonu'* adlı yüksek lisans tez çalışmasında, bir obüs silah sisteminin menzilin artırmanın yollarını araştırmış ve mermi üzerine yerleştirilecek bir kanat sisteminin menzile olan etkisini araştırmıştır. Çalışmasında bir obüs mermisinin terminal aşamasında enerjisini verimli kullanmak için bir tasarım optimizasyonu yaparak mermi üzerine yüklenen enerjinin optimum şekilde kullanacak bir kanatlı mermi tasarım ortaya koymaya çalışmış. Tasarımında kullanacağı kanatlara yatay yönde asgari düzeyde sürtünme hedeflenirken düşeyde sürtünmeyi artırmak için malzeme eklemesi yapılmış. Ansys'te akış analizleri ve Inventor'den sonlu elemanlar analizlerine göre tasarımların kriterlerle ve çalışma koşullarının uygunluklarını incelemiştir. Bilgisayar ortamında yapılan teorik ve modelleme çalışmaları konunun uygulanabilir olduğunu söylemiştir. Fakat çalışma ele alındığında yivli bir namludan fırlatılan ve yaklaşık 18000 devir/dk ile döndürülerek dengelenen bir obüs mermisine, çalışmada belirtilen şekilde kanatçıkların takılmasının ortaya çıkaracağı sonuçları irdelememiştir.

Sönmez [21] *'Obüs Namlusu Yanma Odasında Atış Esnasında Ortaya Çıkan Gerilmelerin Matematiksel Modellenmesi ve Analizi'* adlı yüksek lisans çalışmasında obüs namlusunu detaylı bir şekilde incelemektedir. Çalışmada, atış esnasında namludaki en yüksek gerilmenin meydana geldiği yanma odasına etki eden gerilmelerin matematiksel bir modeli geliştirilmiştir. İncelenen konu, farklı sevk barutları kullanılarak gerçekleştirilen atışlardan elde edilen anlık namlu iç basınç değerleri üzerinden farklı malzemelerden üretilen namluların yanma odalarına etki eden gerilme değerleri ve yanma odalarındaki toplam deformasyon değerlerini zaman içinde analiz etmektir. Bu analizler, çeşitli malzemelerin namlu performansı üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır. Çalışma, atış esnasındaki karmaşık fiziksel olayları açıklamak üzere matematiksel bir model geliştirmek suretiyle, obüs namlusunun dayanıklılığı ve performansı ile ilgili kritik faktörleri anlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, farklı malzemelerin kullanımı ve değişen iç basınç değerleri üzerinden yapılan analizler, namlunun yanma odasındaki gerilme ve

deformasyonların zaman içindeki değişimini ortaya koymaktadır. Çalışma, obüs namlularının tasarımı ve performansını optimize etmek için değerli bilgiler sunan kapsamlı bir matematiksel analiz sunmaktadır.

Çavuş [22] '*Osmanlı'da İlk Dönem Ateşli Silahlar ve Askerî Devrim*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, Askerî Devrim tartışmalarını değerlendirmiş ve ardından kronolojik olarak barutun icadı ile birlikte gelişen top teknolojisini ele almış. Bu duruma mukabil olarak istihkamların güçlü top ateşine dayanmak için nasıl bir değişim geçirdiğini, önemli yeniliklerin mümkün olduğunca kökenlerini araştırmış. Askerî Devrim'in, Osmanlı'ya etkisi ve imparatorluğun buna olan reaksiyonunu irdelemiş. Savaşlarda kullanılan tüfeklerin fizikî özellikleri, menzili, isabetliliği ve hedef üzerinde bıraktıkları hasarları parametrelerce mukayese etmiş.

Zaralıoğlu [23] '*Yüzeyi Geliştirilmiş Silah Namlusu Çeliğinin Yapısal, Mekanik ve Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, bir tabanca namlusunun ateşleme esnasında ve sonrasında kuvvetli basınçlara, yüksek sürtünmeye, yüksek ısıya ve bunların sonucu olarakta yüksek aşınmaya maruz kaldığını. Bu durumlarında namlu performansını, atış ömrünü etkilediğini belirtmiş. Bu etkinin ortadan kaldırılması için yapılan nitrokarbürizasyon işleminin metallerde aşınma, sürtünme ve korozyon etkilerinin engellenmesine karşılık ne kadar verimli olacağını araştırmıştır.

Öztürk [24] '*Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Yöntemiyle Namlu Analizi*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, ateşli silahların savunmadaki yerine kısaca değindikten sonra bu silah sistemlerinin en büyük problemlerinden biri olan geri tepme kuvveti üzerine çalışmasını devam ettirmiştir. Çalışmasında namlu tasarımının geri tepme kuvvetinin oluşumuna sebep olan yüksek basınç ve kütle hareketlerini temel alarak Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği (HAD) yazılımı olan Fluent paket programı kullanılarak incelemiştir. Geri tepme kuvvetinin azaltılmasına yönelik hazırlanan modeller ile karşılaştırma analizleri yapmıştır. Çalışmasında mermi çekirdeğinin hareketinde temel hedefin momentum transferi olduğunu ve bu transferin süresi, itici gazın fizikî değerlerine ve namlu boyuna bağlı olarak değiştiğini, uygulamada namlu boyları merminin kazanabileceği en yüksek hıza yani depolayabileceği en büyük kinetik enerjiye göre oluşturulduğunu, ancak bu durumda bile namlu içerisindeki akışkanın basıncının, dış ortamdan çok yüksek olduğunu, çalışmada bu gazın dış ortama yayılışını incelemiş ve namlu uçlarına geometrik modeller verip geri tepme kuvvetleri azaltılmaya çalışıldığını değinmiştir.

Koç [25] '*35mm Uçaksavar Namlusunun Atış Esnasındaki Dinamik Analizi*' adlı yüksek lisans tez çalışmalarında 35 mm çapında ve 3240 mm boyundaki bir uçaksavar namlusunun dinamik davranışını detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada, patlama anında oluşan şok dalgalarını dışarıda bırakarak, mermi çekirdeği ile namlu arasındaki dinamik etkileşimi sınırlayıp, Matlab yazılımında geliştirilen bir program ile sonlu elemanlar yöntemi ve Newmark'ın doğrudan zaman integrasyonu yöntemini kullanarak ivmelenen mermi çekirdeği ve namlunun hareket denklemlerini

çözerek dinamik yer değiştirmeleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında, namlunun katı modeli SOLIDWORKS programı kullanılarak oluşturulmuş ve namluya ait doğal frekanslar ile mod şekilleri, ANSYS ve MATLAB programları kullanılarak elde edilmiştir. Bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir. Koç'un araştırması, uçaksavar namlularının atış esnasındaki dinamik davranışını anlamak için geliştirilen matematiksel bir model sunmaktadır. Ayrıca, kullanılan farklı analiz yöntemleriyle elde edilen sonuçların karşılaştırılması, çalışmanın güvenilirliğini artırmaktadır. Bu çalışma, savunma sanayi alanında tasarım ve performans optimizasyonu için önemli bir kaynak olabilir.

Akçay [26] '*Bir Tip Merminin Hareketinin Deneysel İncelenmesi ve Dış Balistikte Teorik Bir Yaklaşım*' adlı doktora tez çalışmasında savunma sanayinin bir ülke için taşıdığı önem, karşılaşılan zorluklar ve var olan problemlere vurgu yapmış. Tez çalışmasında, ateşlenen bir merminin namludan çıktıktan sonra aerodinamik kuvvetlerin uçuş esnasında nasıl etkilediğini tahmin etmeye ve kararlı bir uçuş halindeki merminin dış balistiğini incelemeye odaklanılmış.

Çalışmada, deneysel ve teorik yöntemler kullanılarak dış balistik problemlerine çözümler üretmeye çalışılmış. Özellikle, mermi sürüklenme katsayısının tahmin edilebilirliği üzerinde durularak, kararlı bir şekilde uçan mermiye ait deneysel çalışmalar yapmış ve bu deneylerin sonuçlarından faydalanılarak diğer mermilerde de uygulanabilir teorik bir dış balistik model oluşturmuştur. Tezi ile savunma sanayinde karşılaşılan balistik problemlere yönelik esasların oluşturulmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, ülkede imal edilen silahların dış balistik performansını artırmak üzere bir örnek seçilmiş ve deneysel-teorik yöntemlerle çözümler üretilmeye çalışılmış. Çalışma, dış balistiğin temel denklemleri, deneysel deneyler ve sayısal çözümler olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır. Tezin ana hedefleri arasında aerodinamik kuvvetlerin tahmini, kararlı uçuş halindeki cismin etkileyen kuvvetlerin incelenmesi ve cismin hareketinin stabilite ve kontrolü gibi dış balistikle ilgili temel konular bulunmaktadır. Akçay, tezinde elde ettiği deneysel ve teorik sonuçları karşılaştırarak, oluşturduğu dış balistik modelin güvenilirliğini ve uygulanabilirliğini değerlendirmiştir. Çalışmayla savunma sanayindeki balistik problemlerine yönelik bir yaklaşım sunmakla teorik ve deneysel yöntemlerin birleşimi kullanarak güvenilir sonuçlar elde etmeyi hedeflemiştir. Bu tez çalışması, savunma sanayinde tasarım ve performans optimizasyonu konularında önemli bir kaynak olabilir.

Tawfik [27] '*Dynamics and Stability of Stepped Gun-Barrels with Moving Bullets*' adlı dergi makalesinde, sonlu elemanlar modelinin öz değer yönteminden yararlanarak bir merminin hareket hali durumunda ki etkisinin Euler-Bernoulli çubuğunun kararlılığını hesaplamak için çalışmış, hesaplamalarına göre çubuğun öz değerlerinin merminin kütlesi, hızı ve konumuna göre değiştiği için sistemin en küçük öz değeri sıfıra (kararsızlık oluşana) ulaşana kadar farklı hızlar, kütleler ve konumlardaki öz değerleri olduğunu tespit etmiş. İleriki aşamalarda farklı hız ve kütle oranlarındaki çubuğun dinamiğini Newmark algoritmasını kullanarak incelemiştir. Tawfik, çalışmasında,

kademeli namlu kullanımlarında namlunun kararlılığını arttırmak için namlu çapının küçük bir miktarda arttırılmasıyla olduğunu gözlemlemiştir.

Deng vd. [28] '*Transient finite element for in-bore analysis of 9mm pistols*' adlı dergi makale çalışmasında, bir tabanca ateşlendiğinde namlu içerisinde meydana gelen sıcaklık ve yüksek basınç sonucunun birden fazla fiziksel modeli içerdiğini, meydana çıkan yüksek sıcaklık ve basıncın, mermilerin namlu içi davranışının incelenmesini zorlaştırdığını belirtmişler. Çalışmalarında 9 mm'lik bir merminin ateşlendikten sonraki namlu içi davranışını simüle etmek için doğrusal olmayan bir geçici sonlu elemanlar yöntemi kullanmışlar. Yaptıkları hesaplama sonuçlarının doğruluğunu doğrulamak için gerçek bir ateşli silah deneyi yapmışlar. Hesaplama sonucu elde edilen sayısal sonuçlar ile gerçek deneysel veriler arasındaki fark %2,56 olarak tespit etmişler. Hazırladıkları simülasyonun, merminin plastik deformasyonunu ve kinematik durumunu ayrıca silah namlusunun gerilimini ve gerilim dağılımını izlenmesine imkan sunmuşlar.

Babaei vd. [29] '*Stress Analysis of Gun Barrel Subjected to Dynamic Pressure*' adlı dergi makalesinde, modern bir silah namlusunun tasarımında dikkate alınması gereken parametrelere değinmişler ve bu parametrelerin; basınç-zaman, basınç-mesafe, hız-zaman ve mesafe-zaman bağlantılarından oluştuğunu belirtmişler. Çalışmalarında, modelledikleri bir silah namlusunu Von-Mises denklemlerine göre gerilmeleri hesaplamışlar. Daha sonra elde ettikleri analitik çözümün sonuçlarını sayısal bir modelle karşılaştırmışlar.

Xavier [30] '*Numerical Analysis of Gun Barrel Pressure Blast Using Dynamic Mesh Adaption*' adlı tez çalışmasında, bir merminin ateşleme sonrası oluşturduğu akışı ANSYS CFD hesaplamalı akışkanlar mekaniğini kullanarak incelemiştir. Çalışma sonucunda, kendinden sonra atılacak merminin hedef yönünü etkilediğini ve ateşleme sonrası akışın çok güçlü olduğunu gözlemlemiştir. Bundan dolayı, merminin namludan çıktıktan sonraki zaman içerisindeki oluşan aerodinamiğini incelemek için, deneylerinde türbülanslı akış etkilerini dikkate alarak yapmıştır. Deneysel çözümleme olarak Spalart-Allmaras modeli ile çözümlemeye çalışmış. Çalışmasında, ilk olarak ANSYS programında kontrol hacmi alanı oluşturmuş, patlama dalgasını tam inceleyebilmek için farklı noktalardan basınç değerlerini alarak analizler yapmış. Analizlerinin sonucunda, merminin arkasındaki gaz, daha yoğun bir dalgaya yol açtığından daha güçlü bir ikinci patlama ürettiğini gözlemiştir. Bununla birlikte, düşük basınç ve sıcaklık koşulları mermi akış alanını önemli ölçüde etkilediğini belirterek bunun sonucu olarak patlama gücünün azaldığını ifade etmiştir.

Özer [31] '*Dış Balistik Analizinde İzdüşüm Alanı Etkilerinin Araştırılması*' adlı yüksek lisans çalışmasında, namluya sahip silahlara ait bir kısım merminin, atış esnasında atmosfer şartlarında takip ettiği mermi yolu içindeki şekil izdüşümlerinin iki boyutlu ortamda incelenmesi ve elde edilecek sonuçların mermi modelleme ve tasarım çalışmalarında kullanılmasını amaçlamış. Çalışmasında, öncelikle dış balistikle doğrudan ilişkili olan balistik unsurları ve namluya sahip silahların tarihi gelişim süreçlerine göre sınıflandırılarak çalışma prensiplerinin açıklaması yapmış,

daha sonra dış balistik unsurlarının incelenmesinde gerekli olan aerodinamik kuvvet ve momentler ayrı ayrı ele alınmış, atmosfer şartlarındaki uçuşu esnasında mermi üzerinde oluşan kuvvetler incelemiştir. Mermi üzerinde oluşan ve merminin hareketini olumsuz yönde etkileyen kuvvetlerin minimize edilmesinin mermi menziline olumlu yönde etki edeceğini tasarlayıp analiz ettiği mermi modelleri ile ortaya koymaya çalışmıştır.

Özyılmaz [32] '*Hafif Silah Tasarımının Balistik Açısından İncelenmesi*' adlı yüksek lisans çalışmasında hafif silah tasarımını etkileyen faktörleri kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Çalışmada, mermi tipi, namlu tipi, mekanizmalar ve patlama anındaki termodinamik etkiler gibi değişkenler incelenmiş ve bu etkilerin deneysel çalışmalarla elde edilen verilerle doğrulanarak, silah tasarımındaki önemli değişkenin mermi seçimi olduğu vurgulanmıştır. Çalışma, namlu iç balistiğine odaklanarak, bir silah tasarımının temelini mermi tipi seçimiyle başlamak gerektiğini belirtmiştir. Bu çerçevede, atım yatağı ve zorlama konisi ölçüleri ile mermi ilk çıkış hızının hedef doğruluğu üzerinde kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. Silah tasarımındaki diğer önemli faktörler arasında çalışma çevrimi, mekanizma tipi ve dakikadaki atım sayısı gibi değerler de yer almaktadır. Çalışmada, hafif silahların balistik veriminin %20-%30 civarında olduğunu belirtilerek, bu durumun büyük enerji kayıplarına sebep olduğu ifade edilmiştir. Bu enerji kayıplarının ısı transferi, gaz ataleti ve sürtünme kayıpları gibi faktörlerden kaynaklandığını ve bu kayıpların azaltılmasının namlu ömrünü uzatmak adına önemli olduğunu vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada, sürtünme ve ısı transferi kaynaklı enerji kayıplarını azaltmanın, namlu içi kaplama ve namlu dışı ısı transferini kolaylaştıracak, aynı zamanda silah kullanım ergonomisini bozmayacak tasarımların önemine işaret edilmiştir. Çalışmada, mermi üzerine yüklenen rotasyonel kinetik enerjinin hedefe ulaşması için kritik bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Dönme enerjisinin daha verimli yüklenebilmesi için değişken dönölü namluların sabit dönölü namlulara tercih edilebileceği detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Büyükcivelek [33] '*Silah Namlusu Titreşimlerinin Analizi ve Kontrolü*' adlı yüksek lisans tez çalışmasında, günümüzdeki savaş tanklarının silah stabilizasyon sistemlerine odaklanmaktadır. Tez çalışması, silah stabilizasyon sistemlerinin hassas ve güvenilir olmalarına rağmen, namluyu rijit bir giriş elemanı olarak ele aldıklarını ve namlunun serbest ucundan gelen veriyi kullanmadıklarını belirtmektedir. Mevcut sistemlerde, namlunun dönüş ekseninden gelen verinin stabilizasyon sürecinde kullanıldığı ifade edilmiştir. Günümüzde üretilen modern savaş tanklarında ve mevcut tankların modernizasyonunda daha uzun silah namlularının kullanılmaya başlandığına vurgu yapılmıştır. Uzun namluların kısa namlulara göre avantajları, daha uzak atış menzili ve vuruş anında daha fazla kinetik enerji sağlamasıdır. Ancak, yapılan saha testlerinde uzun namlulu tankların yerden gelen rastgele titreşimlere maruz kaldığında atış başarısında önemli bir düşüş gözlemlendiği ifade edilmiştir. Uzun namlunun dinamik karakteristiğinin, boyunun uzatılmasından kaynaklı olarak değiştiği ve bu durumun atış hassasiyetini olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Tez,

uzun namlunun titremesi ve deplasmanının kontrol altına alınması için ayarlı titreşim emicilerin kullanılabileceğini önermiştir. Çalışmada, uzun tank namlusu üzerine uygun bir ayarlı titreşim emici uygulanması için yapılan sonlu eleman modelleri ve dinamik karakteristiklerin incelendiği ve karşılaştırıldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, çalışma uzun namlulu tanklarda oluşan titreşimlerin kontrolü üzerine bir çözüm önerisi sunmakta olup, ayarlı titreşim emicilerin kullanımının uzun namlulu silahların atış hassasiyetini artırabileceği konusunda bilgi sağlamaktadır.

Güngör [34] ‘*Metal Matriks Kompozit Sarılmış Namlu Haznesi Yapısal Analizi ve Çap Optimizasyonu*’ adlı yüksek lisans tez çalışmasında, iç basınca maruz bırakılmış, iç, dış çapları ve sıcaklıkları ile iki ucu sabit kabul edilmiş çelikten üretilmiş namlu haznesinin yapısal analizi gerçekleştirmiş. Python yazılım dili yardımıyla yazılmış bir kodla ara çapı sürekli değiştirmiş. Çelik namlu haznesi üzerine izotropik metal matriks kompozitin sıkı geçme yöntemi kullanılarak monte edilmesi durumunda, çelikten üretilmiş namlu haznesi ile benzer dayanımı gösterdiği optimum çapı belirlemeye çalışmış. Optimum çaplar için gerçekleştirilen hesaplama sonuçlarının, otofretaj tekniği için gerçekleştirilen hesaplama sonuçları ile benzer olduğunu değerlendirmiştir.

Gök [35] ‘*Dış Balistik Analizi*’ adlı yüksek lisans tez çalışmasında, temel değişkenler ve onların dış balistik üzerindeki etkilerini araştırmış. Dış balistik denklemleri visual basic programında yazarak bilgisayarda modellemiş, yükseklik ve sıcaklık değişkenlikleri, yer çekim ivmesindeki değişmeyi ve hava direncini sıra ile analiz etmiş. Elde edilen teorik sonuçları yapılan deney sonuçları karşılaştırmış. Tüm başlıkların hemen altında metin bulunmak zorundadır. Başlık kullanılmasına neden olan bilgi her ana başlık veya alt başlık altında verilmelidir.

2.1. Çalışmanın Özgün Değeri

Mevcut kullanımda olan ve literatürde ele alınan silah sistemlerinin menzillerinin artırılmasına yönelik birçok farklı çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada, namlu iç balistiği üzerinde durularak silah sistemlerinin menzilinı etkileyen etmenler ve bu etmenler içerisinde namlu iç basıncının menzile olan etkisi araştırıldı. Deneysel olarak yapılan bu çalışmada, gerçek mühimmat kullanarak sonuçlar elde edildi. Yapılan deneysel çalışma ile, elde edilen veriler değerlendirildiğinde silah sisteminde mermi ilk hareketinin geciktirilmesinin mermi namlu çıkış hızını artırdığı net bir şekilde ortaya konuldu. Bu tez çalışmasında, sabit olan mermin ilk hareket basıncını kontrollü bir şekilde değiştirerek literature de yeni bir yöntem kazandırılmıştır. Çalışma bu yönüyle de özgün bir çalışma olup katmadeğer açısından da katkı yapacağı aşıkardır.

2.2. Çalışmanın Amacı

Mevcut namlulu ateşli silahların ana silah sistemi üzerinde herhangi bir değişiklik yapmadan sadece mermi sistemi üzerinde bazı iyileştirmeler yaparak namlulu silah sistemlerinin menzilinı artırılması amaçlanmıştır.

3. NAMLULU ATEŞLİ SİLAHLAR

Mermi ya da fişek adı verilen özel şekil ve nitelikteki eczalı, canlıları bayıltmaya yarayan maddeleri barut gazı veya bu neviden patlayıcı ve itici güç ile uzak mesafelere kadar atabilen silahlara ateşli silah denir [36]. Ateşli silahlar temelde 2 ana sınıfa ayrılır. Bunlar Ağır ateşli silahlar (top, obüs, havan topu vs.) ve hafif ateşli silahlardır (tabanca, tüfek, vs.).

3.1. Namlulu Hafif Ateşli Silahlar

Namlu çapı 15 mm'den küçük olan, genellikle tek kişi tarafından kullanılan ve taşınması kolay ateşli silahlara hafif ateşli silahlara denir. Kullanılacağı yere ve duruma göre farklı platformlarda (kara taşıtlarında, hava taşıtlarında, deniz taşıtlarında veya kuleler, karakollar gibi sabit mevzilerde vb.) monte edilerekte kullanılabilir. Bu silahlar günümüzde otomatik kontrol sistemleri ile entegre edilerek günümüzde uzaktan kontrol edilerekte kullanılabilir. Günümüzde hafif silah sınıfının en alt üyesi Şekil 3.1 de gösterildiği gibi tabancalardır. Tabancalar, küçük boyutlu taşınabilen, tek elle kullanılabilen, hafif, geri tepmeli ateşli bir silahtır. Tabancalar, temelde mermiye doğrultu veren bir namlu, mermiyi ateşleyen bir horoz, horozu mermiye düşürerek ateşleyen bir tetik, bu mekanizmaların düzgün çalışmasını sağlayan alt parçalar ve tüm parçaları bir arada toplayan silah gövdesinden oluşur. Tabancalarda namluya sahip ateşli silahlar gibi çalışır.



Şekil 3.1. 9x19mm şarjörlü tabanca [37].

Mermi yatağına sürülen mermi, tetik çekildiği zaman düşen horozun iğneye çarpması ve iğnenin hızla merminin ateşleme kapsülüne çarpması sonucunda ateşlenir ve patlayan barutun meydana getirdiği yüksek basınç sonucunda mermi kovanından ayrılarak namlu içerisinde hızla hareket ederek silah sistemini terk eder ve bu esnada yüksek basınç sonucunda otomatik tabancalarda geri

tepme etkisiyle tabancanın mekanizması harekete geçer, eski merminin boş kovanını dışarı fırlatır, yerine yeni mermiyi mermi yatağına sürerek tabancayı tekrar kurar. Tabancaların, geçmişten günümüze kadar binlerce çeşitleri üretilmiş ve piyasaya sürülmüştür. Tabancalar, mermi besleme şekillerine göre Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te gösterildikleri gibi toplu (revolver) veya şarjörlü olarak 2 gruba ayrılabilir. Tabancalar mermi besleme şekline göre ayrıldıktan sonra namlu çaplarına göre de alt gruplara ayrılır. Tabancalar tarih boyunca yüzlerce çeşidi üretilmiş ve günümüzde de yoğun bir şekilde üretimleri devam etmektedir. Tabancalar boyut olarak genel silahlara göre küçüktürler. Kendi gruplamalarında ise hem silahın genel boyut hem de kullandığı merminin boyutlarına göre de silah boyutları küçük veya biraz daha büyük olabilmektedir. Tabancalar tek tek atış yapabilmelerinin yanı sıra otomatik olan tipleri de mevcuttur.



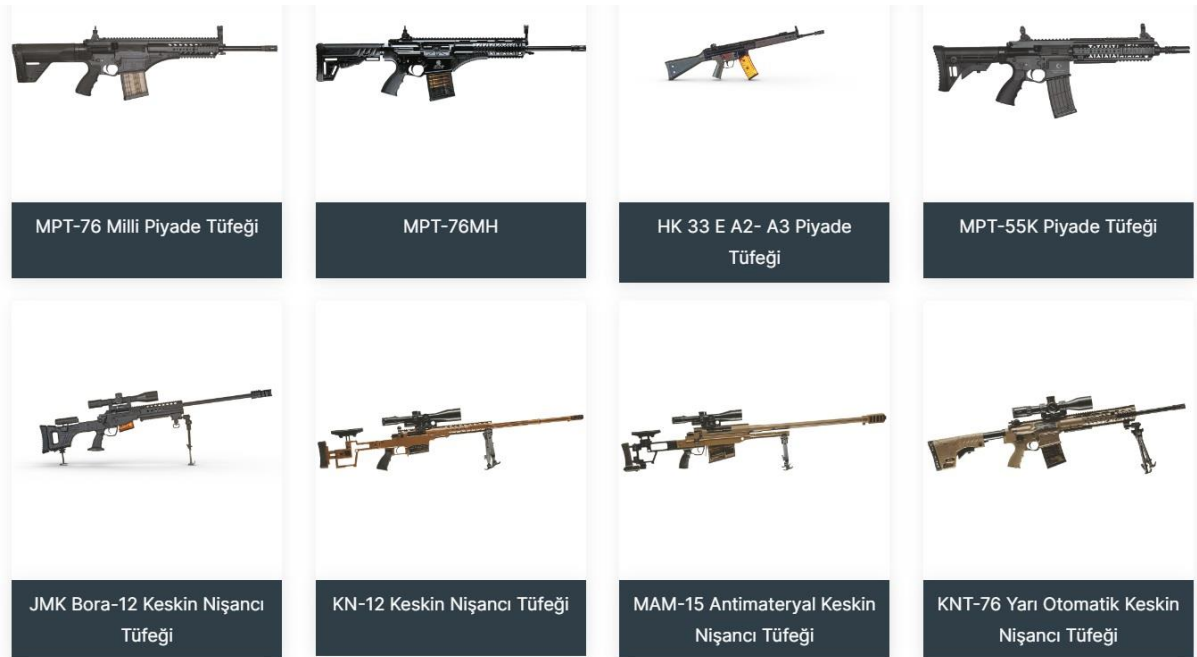
Şekil 3.2. Bir revolver tabancaya ait temel aksamaları [37].

Şarjörlü tabancalar Şekil 3.3'te gösterildiği gibi bir kesite ve parçalara sahiptir. Şarjör sayesinde tabancalar, şarjörde bulunan mermi sayısı kadar peş peşe otomatik beslenebilmektedir. Kullanılan mermiler farklı çap ve büyüklüklerinin yanı sıra kullanım amacına göre de farklılıklar gösterebilmektedir. Seçilen mermi tipi kullanım amacına göre farklılık gösterir. Örneğin zırhlı bir hedefe atış yapılacak ve hedefe de zarar verilmek isteniyorsa zırh delici mermi tipi tercih edilmelidir.



Şekil 3.3. Şarjörle beslenen bir tabancanın kesit görüntüleri [38].

Hafif ateşli silahlar uzun namlulu ve kısa namlulu olmak üzere iki gruba da ayrıca ayrılabilir. Uzun namlulu silahlar grubuna Şekil 3.4’te gösterildiği gibi av tüfekleri, keskin nişancı tüfekleri, uçaksavarlar, makinalı tüfekler, otomatik tüfekler ve vb. sistemler girmektedir. Kısa namlulu silahlar, boyutları daha küçük ve hafif silahlardır. Bu silah grubuna yarı otomatik tabancalar, makinalı tabancalar vb. silah sistemleri girmektedir.



Şekil 3.4. MKE tarafından üretilen uzun namlulu hafif ateşli silahlar [39].

3.2. Namlulu Ağır Ateşli Silahlar

Namlu çapı 15mm'den büyük olan tüm silah sistemleri ağır silahlar sınıfına girer. Her ne kadar çap ölçüsü 15mm'den büyük olanlar denilse de çapı 15mm den büyük olduğu halde hafif silah grubunda değerlendirilen silah sistemleri de bulunmaktadır. Ağır silahlar grubuna havan topları, toplar, obüsler, uçaksavar topları vb. silah sistemleri girmektedir. Ağır silahlar konvansiyonel savaşlarda geçmişte olduğu gibi günümüzde de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Çünkü bu silah sistemlerinin savaş meydanlarındaki yıkım güçlerinden dolayı caydırıcılıkları oldukça yüksektir. Bu silah sistemleri çok gelişmiş ve geliştirilmeye de devam etmektedir. Ağır silahların tarihi çok uzun zamanlar öncesine dayanmaktadır. Bu sistemler günümüzde konvansiyonel savaş alanlarının vazgeçilmez birer parçası haline gelmişlerdir. Namlulu ağır ateşli silah sistemlerinin en gelişmiş örneklerinden biri olan ve milli imkanlarla Makine Kimya Endüstrisi tarafından üretilen 155mm'lik Fırtına obüsü Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Namlulu ağır silahlar çaplarına, kullanım amaçlarına, kullanıldıkları sistemin bulunduğu ortama göre sınıflandırılırlar. Örnek olarak karacı birlikler tarafından kullanılan, sahra topları, kundağı motorlu obüsler, havan topları vb. denizci birlikler tarafından kullanılan deniz topu vb. ve havacı birlikler tarafından kullanılan uçan platformların üzerine monte edilen helikopter burun topları gibi yüzlerce silah sistemleri bulunmaktadır.

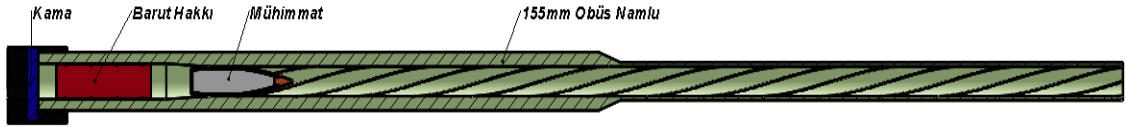


Şekil 3.5. MKE tarafından Milli ve yerli imkanlarla tasarlanıp üretilen T 155 Fırtına obüsü [39].

Ağır ve hafif namlulu silah sistemlerinin çalışma prensipleri temelde hemen hemen aynıdır. Namlulu ateşli silahlar, silah sistemleri içerisinde çok geniş yer kaplarlar ve kullanım amaçlarına, kullanıldıkları platform türüne göre bazı farklılıklar ihtiva ederler. Mesela bir top sistemi uçan bir platformda kullanılacaksa ona göre tasarlanırken bir denizde yüzen platformda kullanılacaksa ona göre tasarlanır. Kısacası her silah sistemi kullanım yeri, amacı vb. kendine has özellikler taşır.

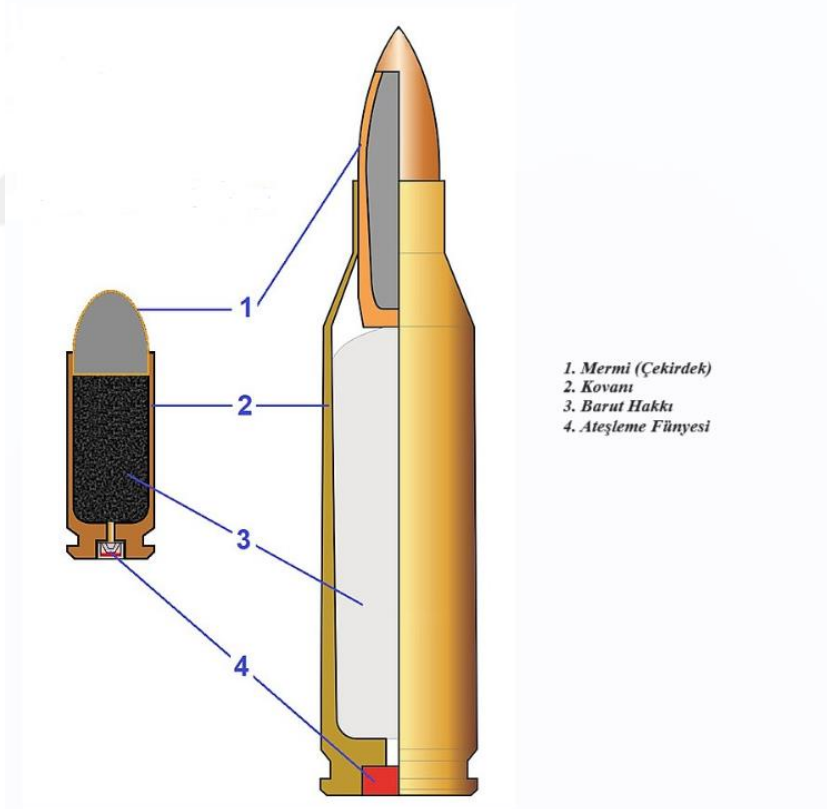
3.3. Namlulu Ateşli Silahlarda Kullanılan Mermi ve Mühimmatlar

Namlulu hafif ve ağır ateşli silahlar, barutun yakılması sonucu ortaya çıkan gazın meydana getirdiği yüksek basınç sonucunda mermi çekirdeğinin harekete geçirilip belli bir süre kapalı bir namlu içerisinde hareket ettirilerek silah sisteminden istenilen hedefe doğru fırlatılması prensibiyle çalışmaktadır. Bir 155mm obüs sisteminin atışa hazır hale getirilmesi Şekil 3.6'da şematize edilmiştir.



Şekil 3.6. Bir obüs namlusunun atışa hazır halinin şematik gösterimi.

Namluya sahip ateşli silahların temelde 2 tip mermisi bulunmaktadır. Bunlardan 1. tip sevk barutu ile beraber bir arada bulunan ve Şekil 3.7'de gösterilen kartuş mermiler ve 2. tip olarakta mermi namluya sürüldükten sonra sevk barutu ayrı olarak yanma odasına konulan mermilerdir.



Şekil 3.7. Bir kartuşlu merminin kesit gösterimi [40].

2. tip mermilerde sevk barutu ayrı mermi çekirdeği ayrı olarak bulundurulur. 1. tip mermiler genelde deniz toplarında, tank toplarında, uçaksavarlarda, tüfeklerde, tabancalarda ve bazı obüslerde kullanılırken, 2. tip mermilerse obüs, top, havan topu vb. silah platformlarında kullanılmaktadır ve Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. 105mm obüs mermisi, kovani ve sevk barutu hakları [41].

Kartuşsuz mermiler büyük çaplı silah sistemlerinde genellikle kullanılmaktadır. Bu tip mermilerin sevk barutları mermiden ayrı olarak paketlenir ve saklanır. Bu sevk barutları farklı özelliklerde ve tiplerde üretilmektedir. Merminin fırlatılacağı silah platformu, atılacağı menzile ve mermi tipine göre bu sevk barutları kullanılmaktadır. Sevk barutları da kendi aralarında sınıflara ayrılmaktadır. Bu sınıflandırma barutların üretim yöntemlerine ve kimyasal içeriklerinin yanı sıra silah sisteminde kullanımı için hazırlandığı şekle göre de değişmektedir. Havan mermilerinde yaprak şeklinde imal edilmiş olan sevk barutları kullanılmaktadır ve Şekil 3.9’da gösterilmiştir. Yaprak şeklinde imal edilen sevk barutu, merminin atılacağı hedefe göre hesapçı personel tarafından hesaplanır ve belirlenen ihtiyaca göre merminin arkasına takılarak mermi silah sisteminin içerisine bırakılarak ateşlenir.



Şekil 3.9. Havan topu mermisi ve yaprak barut hakkı [42].

Top veya obüs gibi silah sistemlerindeyse barut hakkı keselerden oluşan ve farklı renklerde depolanmış olarak kullanılmaktadır. Bu barutlar çok uzun yıllar dayanacak şekilde imal edilirler. Şekil 3.10’da barutların ham hali ve NATO standardına göre keselenmiş halleri gösterilmiştir.



Şekil 3.10. MKE tarafından üretilen barutlar ve bu barutların NATO standardına göre keselenmiş hali [43].

Mermiler kullanım amaçlarına göre de birçok sınıfa ayrılmaktadır. Obüs, havan topu ve top gibi silah sistemlerinde kullanılan mermiler kullanım amaçlarına göre imal edilmektedir. Bu mermi tipleri genelde tahrip amaçlı, eğitim amaçlı, sis amaçlı ve aydınlatma amaçlı olarak üretilerek kullanılmaktadır ve Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11. 155mm çapında çeşitli amaçlar için imal edilmiş obüs mermileri (Soldan başlayarak tahrip, sis, eğitim ve aydınlatma mermileri) [41].

3.4. Namlulu Ateşli Silahların Çalışma Prensibi

Ateşli silahlarda bilindiği üzere barut veya farklı kimyasal yapılara sahip yanıcı maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan gazın meydana getirdiği yüksek basınçtan faydalanılmaktadır. Barut vb. patlayıcılar, ısı, vurma/çarpma, sürtünme gibi durumlara maruz kaldıklarında çok hızlı bir

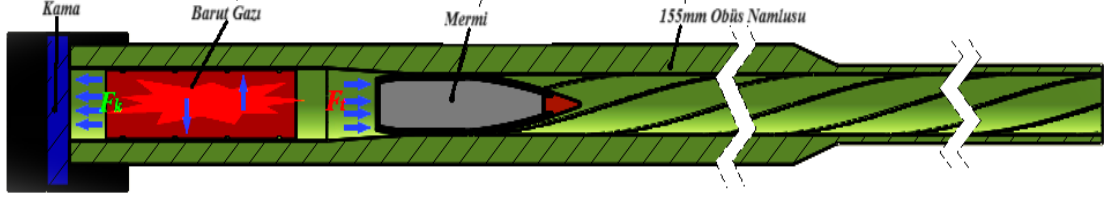
şekilde tepki vererek yüksek sıcaklık ve basınçta gaz üretirler ve ayrıca yüksek genlikte ses dalgaları oluşturabilmektedirler. Bu tip yüksek patlayıcılar, yanma tepkimesi sonucu ürettikleri gazlar, tepkimeye maruz kalan malzeme hacminin 10.000 katı kadar büyüklüğe ulaşabilmektedirler. Patlayıcıların normal hacimlerinin binlerce katı kadar genişlemeleri onların ateşli silahlarda kullanılmalarına neden olmuştur. Patlayıcıların patlama sonrası verdikleri tepkilere göre farklı amaçlarda, farklı alanlarda kullanılmalarını sağlamıştır. Örnek verecek olursak maden veya taş ocaklarında kullanılan patlayıcılar farklı tip ve özellikte iken bir tabancada kullanılan mermiye konulan patlayıcı farklıdır. Patlayıcılar kimyasallar içeriklerine göre tablo 3.1’de gösterildiği gibi patlama hızları gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Bazı patlayıcıların yoğunlukları ve patlama hızları [44].

Malzeme	Test Miktarı (gr)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Patlama Hızı (m/s)
TNT	475	1.56	6900
Amonyum Nitrat		0.9	2700
Nitrogliserin	587	1.6	7700
Nitroselüloz	487	1.2	7300
PETN	612	1.7	8300
Tetryl	540	1.71	7850
Picnc Acid	479	1.7	7350
Explosive "0"	368	1.63	7150
Nitro Guadin	368	1.55	7650
ROX	590	1.7	8350
Composition B	53.0	1.66	7800
Texpex	582	1.81	7600
Composition A-3	51.0	1.59	8100
Composition C-3	530	1.60	7625
Composition C-4	557	1.59	8040
Mercury Fulminate	221	4.17	5400
Oazodmitrophenol	456	1.58	6900
HMX	604	1.84	9124

Namlulu ateşli silahlar Şekil 3.12’de gösterildiği gibi temelde merminin içerisinde yataklandığı bir namluya sahiptir. Bazı silah sistemlerinde kartuşlu mermi bazısında ise direk sadece mermi çekirdeği namlu içerisine yerleştirilir. Kartuşsuz mermiler silah sistemine yüklendiklerinde yanma odası içerisine sevk barutları yerleştirilir ve ateşleme kapsülü yanma odasına takılıp atılırlar. Kartuşlu mermilerde ise direk kovan üzerinde buluna ateşleme kapsülü patlatılarak ateşlenir, merminin kovanı bir yanma odası görevi görür ve yanma, patlama olayları ilk kovan içerisinde

gerçekleşir ve mermi kovandan ayrıldıktan sonra namlu içerisinde de devam eder. Sevk barutu yandıktan sonra meydana getirdiği barut gazları mermi tabanına basınç uygulamaya başlar, bu kuvvet mermilerin namlu içerisinde hareketlerini engelleyen kuvvetleri (sürtünme, merminin kütlesi vb.) yenecek kuvvete eriştiği an mermi namlu içerisinde harekete başlar.



Şekil 3.12. 155mm bir obüs namlusunun ateşlenmesi durumunda oluşacak kuvvetlerin gösterimi.

F_k : Kama kuvveti

F_t : Mermi tabanına etki eden itme kuvveti

Silah sistemlerinin etki alanı bir silah platformu için çok önemlidir. Bu durumda da silah sisteminin menzili doğrudan etkilidir. Silah sisteminin menzili de fırlatılan merminin namlu çıkış hızı ile doğru orantılıdır. Bu vesileyle silah platformlarından fırlatılan mermiler çok yüksek hızlarda fırlatılırlar. Yüksek hızlarda fırlatılan mermiler istenilen hedefe doğru yol alırken dengelenmeden fırlatılmışlarsa bir süre sonra takla atmaya ve belirlenen rotanın dışına çıkarak hedeften şaşarlar. Böyle bir durum oluşmaması için günümüzde mermiler ya kanatçık takılarak ya da döndürülerek dengelenmektedir. Mermilerin ağırlık merkezlerinin ve basınç merkezlerinin farklı noktalarda olmalarından dolayı fırlatıldıklarından bir süre sonra maruz kaldıkları dış ortam etkilerine bağlı olarak dengeleri bozulmakta ve bir süre sonra takla atmaya başlamaktadırlar. Bu durumun oluşmaması için mermilere ya kanatçık takılmakta ya da döndürülerek jiroskopik etki verilerek ortaya çıkan olumsuzluklar giderilmeye çalışılmaktadır. Özellikle top, obüs, tüfek tabanca gibi mermi çekirdeği fırlatılan sistemlerde mermiler döndürülerek dengelenmektedir. Mermileri döndürülerek dengelenen silah sistemlerinin namluları Şekil 3.13'te gösterildiği gibi yivli olarak üretilmektedirler. Bu tip silah sistemlerinde mermi yivli namluya sıkı geçerek oturtulur ve ateşlendikten sonra mermi, ilk hareketini engelleyen kuvvetleri yenecek basınç kuvvetine ulaştığı anda namlu içerisinde hareket etmeye başlar. Mermi sıkı bir şekilde namluya oturduğu için yiv ve setlerin açılarına göre namlu içerisinde dönerek ileri doğru hareket ederek namluyu terk eder. Bu dönme hızı mermi namlu çıkış hızına ve yiv setlerin açılarına göre değişmektedir. Örnek olarak verilecek olursa 105mm'lik bir obüs mermisi yaklaşık olarak 18.000dev/dk hızla döndürülerek fırlatılmaktadır.



Şekil 3.13. 105mm çapında İngiliz Royal Ordnance L7 tankına ait top namlusuna çekilmiş yiv-setler [45].

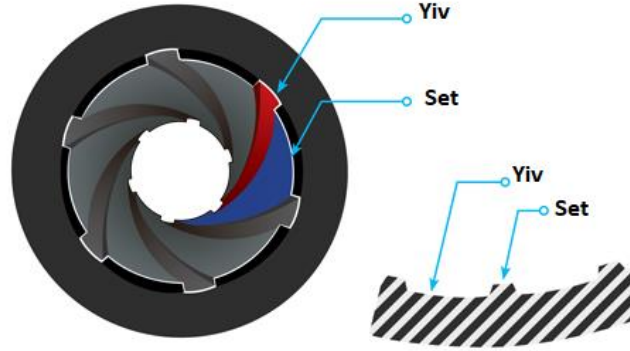
Silah sistemleri ürettikleri barut gazı enerjisini Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Bu gaz enerjisinin bir kısmı merminin döndürülmesine harcanır.

Tablo 3.2. Bir silah sisteminde barut gazında elde edilen enerjinin dağılımı [16].

Merminin hareketi için harcanan enerji	% 32,4
Merminin dönmesi için harcanan enerji	%0,14
Silahın geri tepmesi için harcanan enerji	%0,12
Namlunun ısıtan enerji	%22,4
Mermiyi ısıtan enerji	%2
Barutun gazları ile kullanılmadan çıkan enerji	%43

Yivli bir namlunun genel görünümü Şekil 3.14’te gösterildiği gibidir. Yiv namlularda, dişli helezonik bir yapı varken yivsiz namlularda ise düz, pürüzsüz adeta bir boruyu andıran yapı vardır. Askeri amaçlı kullanılan ve çekirdek şeklinde mermi fırlatan silah sistemlerinin çoğunda yivli

namlu kullanılmaktadır. İstisna olarak küçük çaplı havan topları ve tank toplarının namluları yivsizdir. Aynı şekilde av amaçlı kısa mesafeler için kullanılan tüfeklerin namluları da yivsizdir.



Şekil 3.14. Namlu içerisine açılan yiv ve setlerin gösterimi [46].

Yivsiz namludan fırlatılan havan topu mermileri kuyruklarına takılan kanatçıklarla dengelenirken tank toplarında ise herhangi bir dengeleme yapılmadan fırlatılırlar. Çünkü tanklar çok yüksek hızda kısa mesafeli görülen hedeflere atış yaparlar bundan dolayı fırlatılan merminin dengesi bozulmadan zati hedefe ulaşmaktadır. Tank toplarının namlu çıkış hızları çok yüksektir. Örnek verecek olursak MKE tarafından üretilen ve Şekil 3.15'te gösterilen APFSDS-T zırh delici bir tank mermisinin namlu çıkış hızı yaklaşık olarak 1705 m/s gibi çok yüksek hızlara sahiptir ve etkili menzilleri yaklaşık olarak 2 km'dir. Çok yüksek hızda fırlatılan tank mermilerinin dengeleri bozulmadan hedefe ulaştıklarından dengelenmeden fırlatılırlar ayrıca dengelenme için harcanan enerjide mermiye aktarılır.



Şekil 3.15. MKE tarafından üretilen 120mm tank topları [39].

Eğer tank mermileri dengelenerek fırlatılacak olsaydı mermiyi harekete geçirmek için harcanan enerjinin bir kısmı da merminin dengelenmesi için harcanacaktı, silah üreticileri ve kullanıcıları böyle bir ihtiyaç olmadığından dengelenmeye harcanacak olan enerjiyi mermiye aktarmayı tercih

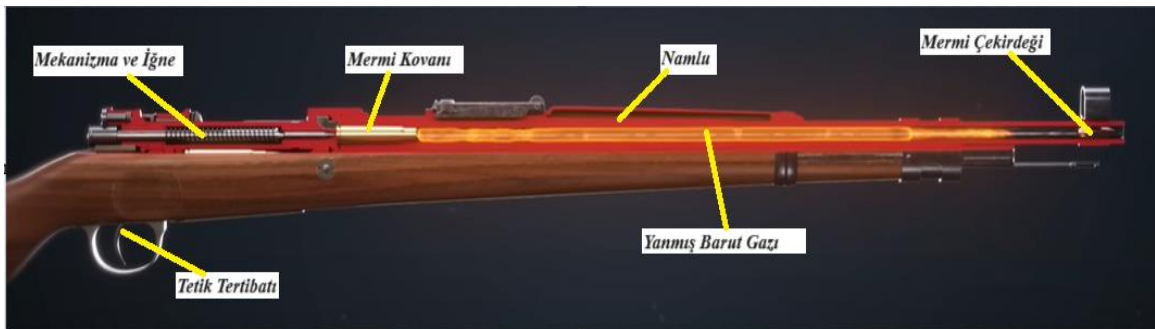
etmişler ve tank toplarının namlularını yivsiz üretilmesini doğru bulmuşlardır. Ayrıca atış sonrasında namlu içerisinde kalan artıklar yivli namluya göre yivsiz namluda daha kolay temizlenebilmektedir. Yivli namlularda mermi namluya sıkı geçtiği için çok büyük sürtünmelere neden olmaktadır. Her ne kadar mermilerin namlu ile temas eden kısımları namluya göre yumuşak malzemeden yapılsa da sürtünmeden dolayı namlu yüzeyinde aşınmaya sebep olmakta bu da namlu atış ömrünü kısaltmaktadır. Bu tür etkilerde silah sistemi üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır ve bu olumsuz etkinin oluşmasına engel olmak içinde tanklarda genellikle yivsiz namlu tercih edilmiştir.

3.5. Balistik Bilimi

Balistik; ateşli silahlardan fırlatılan mermilerin namlu içerisindeki, namlunun dışında hedefe doğru giderken ki hareketlerini ve hedef üzerinde oluşturduğu etkisini inceleyen bilimdir [47]. Balistik bilimi; iç, dış ve terminal balistik olarak üç dala ayrılır.

3.5.1. İç Balistik

İç balistik; silah sisteminin ateşlenmesinden, merminin silah namlusunu terk edişine kadar meydana gelen olayların incelenmesini yapar. Kar98k uzun namlulu bir piyade tüfeğinin, iç balistiğin kapsamına giren kısımlar Şekil 3.16'da gösterilmiştir. İç balistiğin temel görevi, bir silah sisteminin emniyetli bir şekilde tasarlanması ve bu sistemden fırlatılan merminin istenen hedefe doğru bir şekilde ulaşması için talep edilen isterleri sağlayacak özelliklere sahip bir silah sisteminin oluşturmasını sağlamaktır. İç balistikte, mermi hareketinin çeşitli yönlerini ifade eden denklemler, mermi halinin değişimi için kullanılan denklemler, enerji dengesini sağlayan denklemler, sürtünme kuvveti hesaplamaları ve mermi çekirdeğinin dönme enerjisi ile ısı kaybı hesaplamaları gibi çeşitli matematiksel ifadeler kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilir. [25].



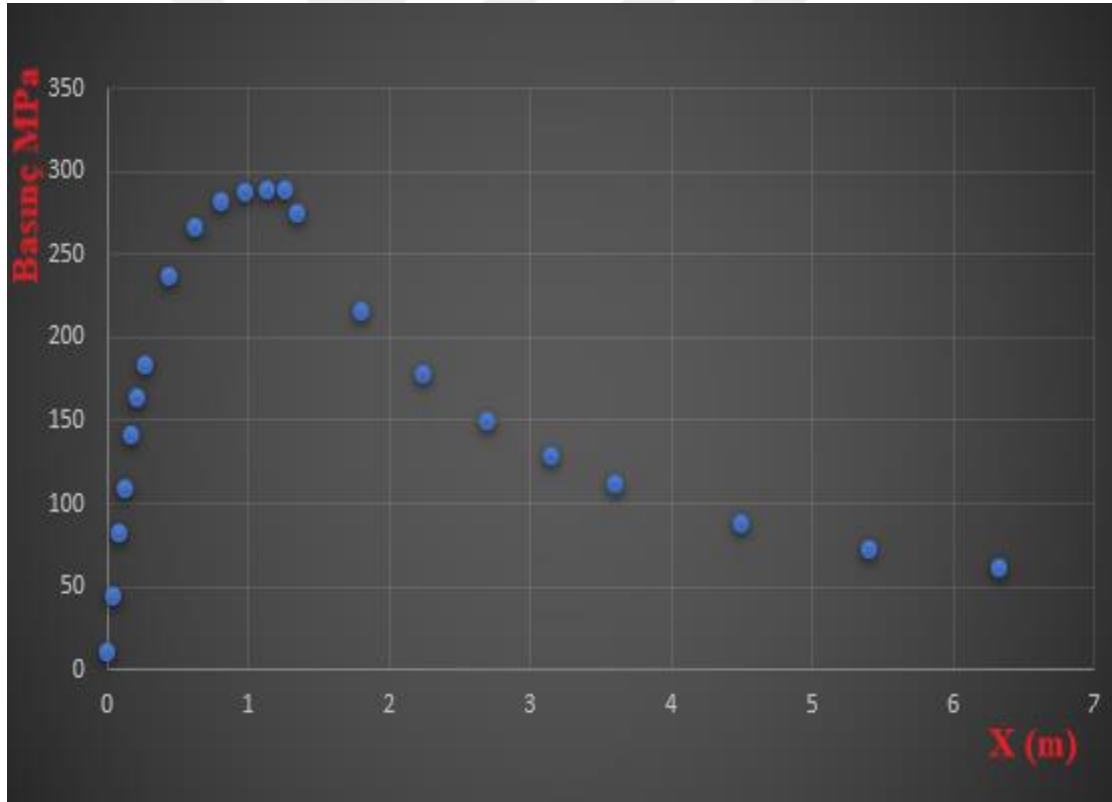
Şekil 3.16. İç balistik inceleme için, kar98k Alman piyade tüfeğinin ateşlenmesi ve merminin namluyu terk etme anının gösterimi [48].

İç balistik hesaplamaları, silah sisteminin ateşlenmesi sonrası sevk barutunun yanması ve bu yanma sonucunda namlu içerisinde meydana gelen maksimum basınç hesaplanmaktadır. Bir silah sisteminin güvenli bir şekilde dayanabileceği en yüksek basıncın tespiti önemli bir parametredir.

Çünkü silah sisteminin menzilini etkileyen en önemli parametrelerden biri namlu içerisinde oluşan maksimum basınç değeridir. Silah sisteminin menzili, silah sisteminin üreteceği kuvvete bağlıdır. İhtiyaç duyulan kuvvet sevk barutlarının yakılması sonucu ortaya çıkan gaz basıncı ile elde edilmektedir. Bir silah sisteminde istenilen kuvveti elde etmek için kullanılan sevk barutları çok özel yapılara sahiptir. Sevk barutlarından, silah sistemi ateşlendikten sonra ihtiyaç duyulan basıncı sağlayarak merminin istenilen namlu çıkış hızı ile silah sistemini terk etmesini ve mermi namludan çıktığı anda tüm sevk barutunun yanma işlemini tamamlamış olması istenir. Bu özellikleri elde etmek için farklı geometrilerde ve kimyasal özelliklerde birçok sevk barutu üretilmektedir.

Namlu İçerisinde Basınç Zaman İlişkisi

Bir silah sisteminin namlu iç basıncın zamana bağlı değişimi iç balistikte en çok dikkat edilen parametrelerden biridir. Bilindiği üzere ateşli silah sistemleri ihtiyaç duydukları gaz basıncını sistem bünyesine yerleştirilen sevk barutunun yanması sonucu elde edilir. Sistem içerisinde meydana gelen basınç dağılımı özel tertibatlarla veya hesaplamalarla elde edilebilir. Örnek olarak Şekil 3.17’de 155mm’lik bir obüs namlusunun zamana bağlı iç basınç değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.17. MKE üretimi bir 155mm obüs namlusu zamana bağlı iç basınç değişim grafiği [16].

3.5.2. Dış Balistik

Ateşlenen mermi namludan çıktıktan sonra iç balistiğin inceleme alanını terk edip dış balistiğin inceleme alanına giriş yapmış olacaktır. Mermi namludan çıkıp hedefe ulaşmaya kadar tüm hareketlerini, maruz kaldığı tüm etkileri dış balistik inceler. Mermi hedefe doğru hareket ederken maruz kaldığı hava şartları gibi etkiler mermide sapmalara sebep olabilmektedir. Hedeften sapmalar istenilen bir durum değildir. Bu tür sapmalar oluşmaması için dış balistik bu tür etkileri inceler ve çözüm üretmeye çalışır. Şekil 3.18’de ateşlenen bir tabancanın iç balistiğin inceleme alanından çıkıp dış balistiğin alanına geçişini göstermektedir.



Şekil 3.18. Ateşlenen bir tabancanın kesiti ve merminin, sevk gazlarının hareketlerinin gösterimi [49].

Dış balistik, silah sistemi tarafından fırlatılan bir merminin doğru mermi yolunu izleyerek hedefi verimli bir şekilde vurabilmesi için çok önemli bir incelenme alanına sahiptir. Her ne kadar silah platformunun doğru bir şekilde tasarlanması istenilen netice üzerinde etkisi en fazla olsa bile fırlatılan mermiler uzun mesafeler kat ettiğinden ve bu uzun mesafeden dolayı çok küçük bir sapmanın hedefe ulaşana kadar büyük bir sapmaya dönüşmesi ve ayrıca çoğu zaman tek seferde vurulması istenilen birer hedefler olmasından dolayı dış balistiğin alanına giren ve hedefin verimli vurulmasında etkisi olan her etkinin doğru şekilde tespit edilip ona göre düzeltmelerin verilmesi de o kadar önemlidir. Bu etmenlerde dış balistiği önemli kılmaktadır.

3.5.3. Terminal Balistik

Bir diğer adı da hedef balistiği olan terminal balistik, hedefe atılan merminin hedefe ulaştıktan sonra hedef üzerinde meydana getirdiği hasarları ve hareketleri inceler. Terminal balistik fırlatılan merminin hedef üzerinde meydana getirdiği tahribatın büyüklüğünü, merminin şarapnel etkisinin, merminin hedef üzerinde patlatıldığı duruma göre etkileri ve vb. etkilerini derinlemesine inceler. Örneğin hedefe fırlatılan bir obüs mermisi hedefin türüne göre farklı başlıklarla patlatılır. Hedef

canlı topluluğu ise merminin hedeften birkaç metre yukarda paralanmasını sağlayacak patlatma tapası kullanılarak merminin hedef üzerinde şarapnel etkisinin artırılması sağlanır. Hedef bir sığınak veya betonarme yapı ise merminin hedefin içine saplanıp öyle patlaması için geciktirilmiş özelliklere sahip patlatma tapası takılır. Mermi hedefe çarptıktan hemen sonra patlaması isteniliyorsa hassas başlıklı patlatma tapası takılır. Her farklı tapa merminin hedef üzerindeki balistik etkisini ciddi oranda değiştirmektedir. Bu durumda terminal balistiğin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Şekil 3.19’da terminal balistiğin alanına giren hedefte tahrip olmuş mermiler görülmektedir.



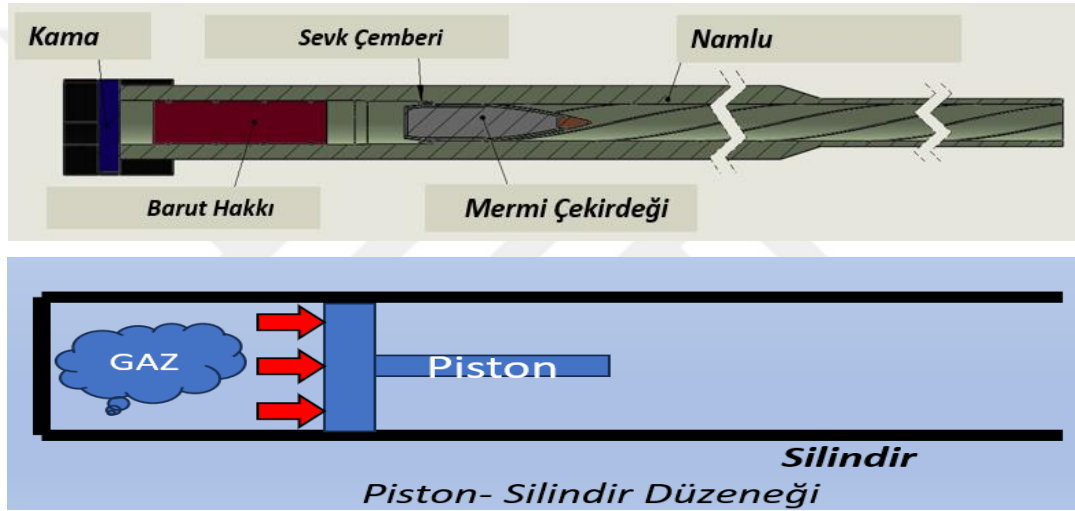
Şekil 3.19. Hedefe atılmış ve hedefte ezilmiş olan tabanca mermileri [50].

Terminal balistik ayrıca silah sistemlerinin performanslarının ölçülebilmesi içinde çok değerli veriler sağlayarak silah sistemlerinin daha da iyileştirilmelerine katkı sunar. Ayrıca aynı platformdan fırlatılan farklı tip mermilerin hedef üzerindeki etkilerini inceler. Bu sayede farklı özelliklere sahip birçok tip merminin geliştirilmesine katkıda bulunur.

4. TEORİK BİLGİLER

4.1. İç Balistik ve Sevk Barutunun Yanma Teorisi

Silah sistemine yerleştirilen sevk barutunun yakılması sonucunda kimyasal enerji, ısı enerjisi ve kinetik enerji açığa çıkmaktadır. Ateşli silah sistemlerinde ihtiyaç duyulan kinetik enerji merminin hareketi ve silah sisteminde hareket ettirilecek kısımlar için kullanılır. Namluya sahip ateşli silah sistemlerin ateşleme prosesi, tek tarafı açık bir boru içerisinde sevk maddesinin yakılması sonucunda namlu iç basıncın yükselmesi, merminin boru boyunca hareket etmesi olarak açıklanabilir. Bu proses piston silindir sistemine benzemekte ve teori piston silindir çözümünde kullanılan denklemler referans alınarak anlatılacaktır. Namlulu ateşli silahlar ile piston silindir teorisinin mantık olarak birbirine benzediği Şekil 4.1’ gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Namlu mermi ve piston silindir teorilerinin şematize edilişleri.

Termodinamik bilimi, sıcaklık, enerji, ısı, ve iş arasındaki ilişkileri ve bir sistemdeki denge durumlarını inceleyen bir bilim dalıdır. Bir sistem, yerçekimi dışındaki tüm dış etkilere izole edildiğinde ve bu sistemdeki özellikler zamanla değişmiyorsa, sistem denge halindedir. Ancak, bir sistem denge halinde değilse, dış etkilere izole edildiğinde sistemde konsantrasyon farklarını gidermek üzere bir değişim gözlemlenir [51]. Sistemde meydana gelen bu değişimler sistemin kendini dengeye getirmeye çalışmasının sonuçlarıdır.

Bir ateşli silah sisteminde, iç balistik olaylarında sevk barutunun yanmaya başlamasıyla beraber namlu iç basıncı hızlı bir şekilde artmaya başlar, basınç mermi tabanına etki edip merminin hareketine karşı olan kuvvetleri yenmeye başladığında mermi namlu içerisinde harekete başlar ve bu harekete bağlı olarak yanma odasının hacim artar. Termodinamik penceresinden bakıldığında bu durum aslında barutun yanması sonucunda oluşan yüksek basıncın dengelenmesi için sistemin verdiği tepkidir. Sistem mermiyi hareket ettirerek yanma odası hacmini artırarak basıncı dengelemeye çalışmaktadır. Ancak namlulu ateşli silah sistemlerinde çok yüksek basınçlarda

çalışıldığı için yanma odasının hacmi sistemi dengeye getirme yeterli değildir ve sistem mermi namluyu terk ettikten sonra fazla olan enerjisini dış ortama atarak kendini dengelemektedir. Bu şekildeki sistemlerin asıl amacı sistem tarafından fırlatılan mermiye namlu çıkışında istenilen hızın verebilmektir.

4.1.1. İdeal Gaz Denklemleri

Bir namlulu ateşli silahta iç balistik olaylarının incelenebilmesi için, silah sistemi içerisindeki sevk barutunun yanması ile oluşan basınç artışının hacimde meydana getirdiği değişimin belirlenmesi gerekir. Sevk barutunun yanması sonucu meydana gelen yüksek basınç ve hacim değişimi arasındaki ilişki aşağıdaki denklem (4.1)'de verilmiştir. Sevk barutunun yanması sonucu oluşan gazların ideal gaz özelliklerine sahip olduğu kabul edildiğinde, gazın durumunu ifade eden hal denklemi kolayca yazılabilir. Bir gazın mutlak basıncı sıfıra yaklaştırıldığında, gaz molekülleri arasındaki uzaklık, molekül çapına oranla oldukça büyük değerlere ulaşır. Bu durumda, moleküller arasındaki çekim kuvvetleri ortadan kalkar ve bu tür gazlara ideal gaz adı verilir [51]. Bir gazın ideal gaz olduğu kabul edilmesi için Tablo 4.1'de verilen kanun ve prensipleri karşılaması gerekir.

Tablo 4.1. İdeal gaz hal denklemini oluşturan kanun ve prensipler.

Kanunun Adı	Kanunun Açıklaması
Charles Kanunu	Bir gazın hacmi, gazın sıcaklığı ile doğru orantılıdır.
Avogadro Prensibi	Bir gazın hacmi, gazın mol sayısı ile doğru orantılıdır.
Boyle Kanunu	Bir gazın basıncı hacim ile ters orantılıdır.

İdeal gaz denklemi;

$$Pv = mRT \quad (4.1)$$

Denklem (4.1)'de R universal gaz sabitini ($R=8,314 \text{ J/Kmol}$), P basıncı, m gazın kütlesini, v kütleli özgül hacmi ve T mutlak sıcaklığı temsil etmektedir. İdeal gaz çözüm teorisinde gaz molekülleri arasındaki mesafenin çok büyük olduğu bu sebeple moleküller arasında çarpışma olmadığı ve gazın sıcaklığının gazların iç enerjisini etkilemediği varsayılarak hesaplamalar yapılır. Lakin namlulu ateşli silahlarda sevk barutunun yanması sonucunda yanma odasında yüksek yoğunluklu yanma gazları meydana çıkar. Bir silah sisteminin yanma odasının içerisinde başlangıçta yer alan barut dolgununun yoğunluğu $500\text{--}1000 \text{ kg/m}^3$ aralığında olmakta ve buda Tablo 4.2'de verilmiştir. Mermi tabanı hareket için yeterli olacak basıncı yedikten sonra mermi harekete başlar ve bu anda sevk barutunun neredeyse tamamen yanmış olur. Sevk barutunun yanması sonucunda namlu içerisinde aşağı yukarı aynı hacimde, sevk barutuyla denk kütleye sahip bir barut gazı oluşmuştur, bu sebeple yanma sonucu ortaya çıkan gazların yoğunluğu da katı haldeki barut kadardır.

Tablo 4.2. Bazı silah sistemlerinin yanma odası hacimleri, yanma odası barut dolgu miktarları ve bunlara bağlı olarak doldurma yoğunluğu tablosu [32].

Silah Türü	V ₀ : Atım Yatağı Hacmi [m ³]	C ₀ : Barut Miktarı [kg]	Doldurma Yoğunluğu Δ= C ₀ /V ₀ [kg/m ³]
7,62mm Tüfek	3,1 x 10 ⁻⁶	0,003	968
9mm Tabanca	2,0 x 10 ⁻⁶	0,0005	250
20mm Top	4,4 x 10 ⁻⁵	0,039	886
81mm Havan	1,0 x 10 ⁻³	0,109	109
120mm Tank	1,0 x 10 ⁻²	8,12	812
155mm Ağır Top	540	11,76	588

Silah sistemlerinin küçük yanma odası hacimlerinde yüksek bir yoğunlukta bulunan barut gazlarında ideal gaz yasasının kullanımı doğru sonuçlar vermeyecektir.

4.1.2. Nobel-Abel Hal Denklemleri ve Gerçek Gaz Denklemleri

Namlulu ateşli silahlarda sevk barutunun yanması sonucunda meydana gelen yüksek basınç ve sıcaklıktan dolayı gaz molekülleri arasındaki mesafe çok küçüktür. Bu sebepten dolayı gaz molekülleri arasındaki etkileşim ihmal edilerek yapılan iç balistik hesaplamaları doğru sonuç vermeyecektir. Sonuçların gerçeğe yakın olması için denklem (4.2)'de verilen Van der Walls hal denklemini yazılırsa;

$$\left[p + \frac{a}{v^2} \right] (v - \eta) = RT \quad (4.2)$$

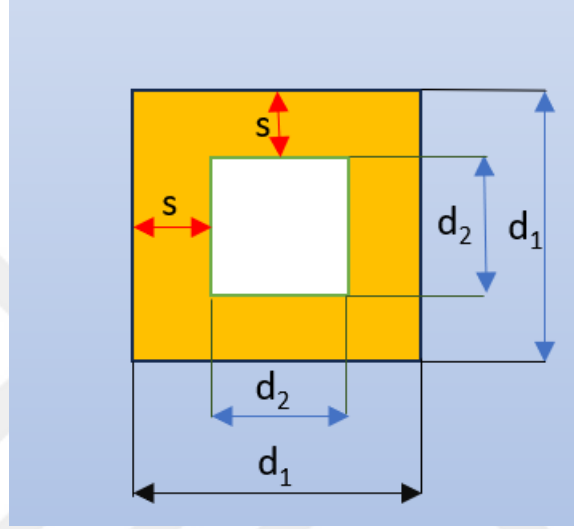
Denklem (4.2)'de gösterilen Van der Walls denkleminde, a/v^2 moleküller arasındaki çekim kuvvetini ifade ederken, η ise gaz moleküllerinin kapladığı hacmi ifade etmektedir. Silah sistemlerinin iç balistik hesaplamalarında genellikle Noble-Abel Hal denklemi kullanılmaktadır [52], [47].

$$p(v - m_g \eta) = m_g RT \quad (4.3)$$

Denklem (4.3)'te p basıncı, v hacmi, m_g barut gazlarının kütlesi ve η barut gazının moleküllerinin kapladığı hacmi ifade etmektedir. Silah sisteminde **Nobel Abel** hal denklemi oluşturulurken **Van der Walls** hal denkleminin barut gazının molekülleri arasındaki çekim kuvveti yok sayılarak oluşturulmuştur.

4.1.3. Sevk Barutunun Yanma Hızı Teorisi

Sevk barutları değişik tip ve şekillerde üretilirler. Farklı şekillerde üretilmelerinin sebebi her şeklin farklı yanma verimlerinin olmasıdır. Barutlar yüzeyden yanarlar bu sebepten dolayı yüzey alanı ne kadar büyük olursa o kadar da hızlı yanma meydana gelir. Barutlar yanma için ihtiyaç duydukları oksijeni (O_2) kendi bünyelerinde bulundururlar ve yanma anında tamamen kendi bünyelerindeki O_2 kullanır. Sevk barutları yakıldıklarında kapalı bir ortamda olduklarında yanma sonucunda meydana çıkan basınç ve sıcaklık yanma hızını olumlu yönde artırır ve yanmanın daha hızlı olmasını sağlar. Kare kesitli bir barut tanesinin gösterimi Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kare kesitli ortası delikli bir barut tanesinin gösterimi

Yanma hızı, barut tanesinin dışından başlayan yanmanın barut tanesinin merkezine ulaşması süresine bölünmesiyle elde edilir ve denklem (4.4) de verilmiştir.

$$s = \beta p^n \quad (4.4)$$

Denklem (4.4)’te verilen s sevk barutu tanesinin lineer yanma hızını, β sevk barutunun yanma hızı sabitini ve n ise sevk barutunun yanma hızı basınç üssünü ifade etmektedir.

Denklem (4.4)’ün zamana bağlı türevi alınırsa denklem (4.5) elde edilir.

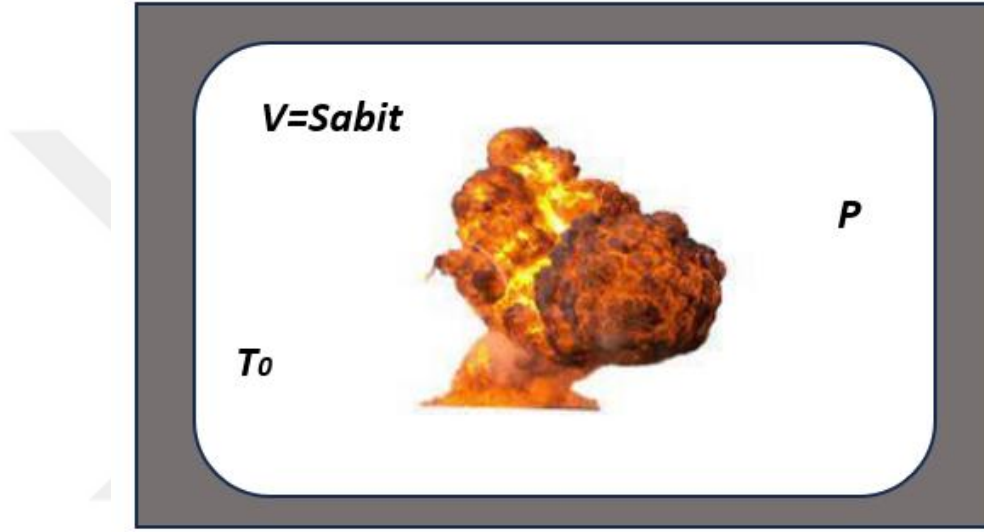
$$\frac{ds}{dt} = \beta P^n \quad (4.5)$$

Denklem (4.5)’de gösterilen parametrelerin karşılığı şunlardır; ds barutun merkezine doğru yanan et kalınlığı, dt yanma süresi, β ve n ifadeleri sevk yakıtının karakteristik özelliklerine göre değişiklik gösteren katsayılarıdır ve deneysel olarak elde edilirler [48].

4.1.4. Yanan Sevk Barutunun Enerjisi

Sevk barutları yanma odasında yandıklarında ortaya müthiş bir basınç ve ısı enerjisi ortaya çıkmaktadır. Yanma odası Şekil 4.3'te gösterildiği gibi sabit hacimli olduğu varsayıldığında ve birim ağırlıktaki sevk barutunun yanması sonucu oluşan barut gazlarının patlama sıcaklığının adyabatik alev sıcaklığı T_0 olarak alınır. Sevk barutunun yanması sonucunda ortaya çıkan enerjiye, sevk barutunun enerjisi gücü denilmektedir. Barut enerjisi denklem (4.6) ile ifade edilmiştir.

$$\lambda = RT_0 \quad (4.6)$$



Şekil 4.3. Sabit hacimde sevk barutunun yanmasının şematik gösterimi.

Belli bir miktarda sevk barutunun sabit bir hacimde yakılması sonucunda oluşan maksimum basınç ölçülerek tespit edilir ve elde edilen bu veriler Nobel-Abel hal denklemi kullanılarak bir çözümleme yapıldığında yanma odasında barut gazı moleküllerinin kapladığı hacmi ifade eden η değeri tespit edilebilir. Hesaplamalar ve ölçümler sonucunda elde edilen barut gazı moleküllerinin kapladığı hacim η ve sistemde ölçülen maksimum basınç kullanılarak sevk barutunun gücü hesaplanır.

$$\lambda = \left(\frac{P_{max}}{m_b} \right) (V_c - m_b \eta) \quad (4.7)$$

Denklem (4.7)'de λ yanan sevk barutunun gücünü, P_{max} sabit hacim içerisinde meydana gelen maksimum basıncı, m_b yanan sevk barutunun kütlesini ve V_c yanma odasının hacmini ifade etmektedir. Denklem (4.7)'de sadeleştirmeler yapılırsa;

$$\lambda = P_{\max} \left(\frac{V_c}{m_b} - \eta \right) \quad (4.8)$$

Denklem (4.8)'de sevk barutunun yoğunluğunu ifade eden ρ_b denkleme yazıldığında denklem aşağıdaki şekli alır;

$$\lambda = P_{\max} \left(\frac{1}{\rho_b} - \eta \right) \quad (4.9)$$

Hesaplamalar yapılırken yanma odasında yer alan tüm sevk barutunun yandığı kabulü yapılır ve bu durumda $m_b = m_g$ olur. Yani sevk barutunun kütlesi m_b , barut kazının kütlesi olan m_g 'ye eşit olur ve bu durumda denklem (4.9)'da ki ρ_b 'nin yerine ρ_g yazılarak denklem (4.10) elde edilir.

$$\lambda = P_{\max} \left(\frac{1}{\rho_g} - \eta \right) \quad (4.10)$$

Sevk barutu tamamen yanıp gaz haline geçtikten sonra sabit hacimde ve T_0 sıcaklığında bulunan gazın yoğunluğunun (ρ_g) belirlenmesi gerekir. Yanma sonucu ortaya çıkan barut gazlarının oluşturduğu enerjinin bir kısmı merminin hareketine, bir kısmı barut gazlarının hareketine ve bir kısmı da silah sisteminin ısınması gibi yerlere harcanmaktadır. Sistemde bulunan gazların iç enerji değişimi denklem (4.11)'de gösterildiği gibi ifade edilmektedir.

$$du = C_v dT \quad (4.11)$$

Denklem (4.11)'de du iç enerji değişimini, C_v sabit hacimde yanma sonucu ortaya çıkan barut gazlarının özgül ısılarını ifade etmektedir. Denklem (4.11)'de dT yerine T_0 yanma sonrası gaz sıcaklığı ve T yanma öncesi yanma odası sıcaklığı yazıldığında denklem (4.12)'de ifade edildiği gibi olur.

$$du = C_v (T_0 - T) \quad (4.12)$$

Sistem için entalpi hesaplanmak istendiğinde denklem (4.13) ortaya çıkar.

$$dh = C_p (T_0 - T) \quad (4.13)$$

Sistemde entalpi denklem (4.14)'le hesaplanırken, sistemin iç enerjiside denklem (4.15)'le hesaplanabilir.

$$h = C_p T \quad (4.14)$$

$$u = C_v T \quad (4.15)$$

Denklem (4.14)'te bulunan C_p sabit basınç altındaki özgül ısıyı, denklem (4.15) bulunan C_v ise sabit hacim altındaki özgül ısıyı temsil etmekte ve özgül ısı oranı denklem (4.16) da gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad (4.16)$$

Sabit basınç altındaki özgül ısı ile sabit hacimdeki özgül ısı farkı Universal gaz sabiti yani R 'yi vermektedir.

$$R = C_p - C_v \quad (4.17)$$

Denklem (4.16) ve (4.17) birlikte çözülürse;

$$C_p = \gamma C_v \quad (4.18)$$

Denklem (4.14) de C_p yerine denklem (4.18) de bulunana γC_v yazıldığında;

$$R = \gamma C_v - C_v \quad (4.19)$$

Denklem (4.19) C_v parantezine alındığında;

$$R = C_v (\gamma - 1) \quad (4.20)$$

Denklem (4.20)'de C_v çekildiğinde;

$$C_v = \left(\frac{R}{\gamma - 1} \right) \quad (4.21)$$

Denklem (4.21)'de R gaz sabitesinin yerine denklem (4.6)'dan yola çıkarak λ / T_0 yazılırsa;

$$C_v = \left(\frac{\frac{\lambda}{T_0}}{\gamma - 1} \right) \quad (4.22)$$

Denklem (4.22)'de işlemler yapıldığında denklem (4.23)'te ki şekli alır.

$$C_v T_0 = \left(\frac{\lambda}{\gamma - 1} \right) \quad (4.23)$$

Denklem (4.23)'teki $C_v T_0$ sevk barutunun özgül enerjisini verir.

4.2. Enerjinin Korunumu Yasası

Enerjinin korunumu yasası, enerjinin yoktan var ve var olan enerjinin de yok edilemeyeceğini, enerjinin sadece formunun değişebileceği açıklayan ve termodinamiğin birinci yasası olarak literatüre giren bilimsel bir kanundur. Bir silah sisteminde sevk barutunun yanmasıyla sevk barutunun kimyasal potansiyel enerjisi ortaya çıkmakta ve bu ortaya çıkan enerjiye toplam enerji denilmektedir. Bu kimyasal potansiyel enerji merminin, gazların ve silah sisteminin hareketi ile kinetik enerjiye, silah sisteminin ve yanma sonucu ortaya çıkan barut gazlarının ısıtılması ile ısı enerjisine dönüşmektedir. Toplam enerji miktarını gösteren denklem (4.24)'te verilmiştir.

$$E_T = E_k + E_h + E_b \quad (4.24)$$

E_T Toplam enerjiyi, E_k mermiyi hareket etmek için harcanan kinetik enerjiyi, E_h silah sistemini ve barut gazının ısıtan ısı enerjisini ve E_b barut gazlarının hareketi için harcanan kinetik enerjiyi ifade etmektedir.

4.2.1. Sevk Barutunun Patlaması Sonucu Oluşan Enerji

Sevk barutunun yanması sonucu oluşan enerji denklem (4.25) ile gösterilebilir.

$$E_T = m_b z C_v (T_0 - T) \quad (4.25)$$

Denklem (4.25)'te m_b barutun kütlesini, z barut biçim fonksiyonunu, C_v sabit hacimde barut gazlarının özgül ısısını, T_0 adyabatik alev sıcaklığını ve T sevk barutunun sıcaklığını ifade etmektedir. Denklem (4.25)'te düzenlemeler yapılırsa ve denklem (4.23)'ten $C_v T_0$ 'ın karşılığı yazıldığında denklem (4.26)'tı elde edilir.

$$E_T = m_b z(t) \frac{\lambda}{(\gamma - 1)} \left(1 - \frac{T}{T_0} \right) \quad (4.26)$$

4.2.2. Namlu İçerisinde Mermi Hareketi İçin Harcanan Enerji

Bir cismin harekete geçmesi demek o cismin kinetik enerji kazandığı anlamına gelmektedir. Bu durumda merminin kinetik enerjisi denklem (4.27)'de verilmiştir.

$$E_k = \frac{1}{2} m_m V_m^2 \quad (4.27)$$

4.2.3. Silah Sisteminin Isınmasına Harcanan Enerji

Silah sistemi ateşlendikten sonra sevk barutunun yanması sonucu ortaya çıkan ısı enerjisinin bir miktarı silah sisteminin ısıtılmasına harcanmaktadır. Bu durum her ne kadar istenilen bir durum olmasa bile kaçılmaz bir sonudur. Silah sistemlerinde en çok ısıya maruz kalan yanma odası ve namlu olduğu için enerjinin büyük bölümü bu parçalara verilmektedir. Patla sonucu ortaya çıkan ısı enerjisi denklem (4.28)'de ifade edilmiştir [53].

$$E_h = \frac{1}{2} \theta m_c V_m^2 \quad (4.28)$$

Denklem (4.28)'de m_e efektif mermi kütlesini ifade ederken, θ ısı transferi düzeltme faktörünü ifade etmektedir. $\theta=0$ olması durumunda ısı transferinin olmadığı sonucu çıkmaktadır. θ genelde orta kalibreli silahlarda genellikle 0.17 kabul edilmektedir. Bu düzeltme faktörü küçük kalibreli silahlarda yüksek, büyük kalibreli silahlarda düşük olduğu kabul edilmektedir [54].

4.2.4. Sevk Barutu Gazlarının Hareketi İçin Harcanan Enerji

Namlulu ateşli silahların iç balistik hesaplamalarından biride sevke barutunun yanması sonucu meydana gelen yanmamış barut parçacıkları ile yanma sonucu ortaya çıkan barut gazlarının hareketine harcanan enerji miktarının hesaplanmasıdır. Bu iş için harcanan enerji denklem (4.29)'da verilmiştir.

$$E_b = \frac{1}{2} \left(\frac{m_b z V_m^2}{3} \right) \quad (4.29)$$

4.3. Silah Sisteminde İç Balistik Hesaplama Etkili Olan Kütle

Termodinamiğin birinci yasası çerçevesinde bir silah sisteminin iç balistik hesaplamaları yapılabilmesi için enerji dengesine ilişkin denklemler yukarıda elde edilmiş ve bu denklemlerde elde edilen toplam enerji denkleminde yerine koyulduğunda aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\frac{m_b z(t) \lambda}{(\gamma - 1)} \left(1 - \frac{T}{T_0} \right) = \frac{1}{2} m_m V_m^2 + \frac{1}{2} \theta m_e V_m^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{m_b z V_m^2}{3} \right) \quad (4.30)$$

Denklem (4.30)'da gerekli düzenlemeler yapıldığında denklem (4.31) elde edilir.

$$\frac{m_b z(t) \lambda}{(\gamma - 1)} \left(1 - \frac{T}{T_0} \right) = \frac{1}{2} V_m^2 \left[m_m + \frac{m_b z}{3} \right] + \frac{1}{2} \theta m_e V_m^2 \quad (4.31)$$

Gerekli düzenlemeler (4.31)'de yapıldıktan sonra denklemin rahat çözülmesi için farklı simgelerle tanımlanan denklemdeki kütlelerin yerine tamamını temsil edecek bir kütle terimi belirlenmesi hem denklemin kolay çözülmesini sağlayacaktır. Etkili kütle için yerine denklem (4.32)'de verilmiştir.

$$m_e = m_m + \frac{m_b z}{3} \quad (4.32)$$

Etkili kütle denklem (4.31)'de yerine yazıldığında denklem (4.33) elde edilir.

$$\frac{m_b z(t) \lambda}{(\gamma - 1)} \left(1 - \frac{T}{T_0} \right) = (1 + \theta) \frac{1}{2} V_m^2 m_e \quad (4.33)$$

Denklem (4.33)'te gerekli düzenlemeler, sadeleştirmeler yapıldığında aşağıdaki hali alır.

$$\frac{T}{T_0} = 1 - \frac{(\gamma - 1) (1 + \theta) \frac{1}{2} V_m^2 m_e}{m_b z(t) \lambda} \quad (4.34)$$

Denklem (4.34) Nobel Abel hal denkleminde yerleştirilirse;

$$p_a v(t) = m_b z(t) RT \quad (4.35)$$

P_a Denklem (4.34)'te mermi arkasında kalan ve mermi namluyu terk edene kadar yanma odasındaki ortalama basıncı, **$v(t)$** yanma işinin gerçekleştiği hacmi, **$m_b z(t)$** yanan barut miktarının zamana bağlı ifadesini, **R** üniversal gaz sabitini ve **T** işlemin gerçekleştiği sıcaklığı temsil etmektedir. Denklem (4.35)'in sağ tarafını sevk barutunun yanma sıcaklığı olan **T_0** ile çarpıp böldüğümüzde;

$$p_a v(t) = m_b z(t) RT_0 \frac{T}{T_0} \quad (4.36)$$

elde edilir ve denklem (4.36)'da RT yerine denklem (4.6)'da gösterildiği gibi λ yazıldığında aşağıdaki hali alır;

$$p_a v(t) = m_b z(t) \lambda \frac{T}{T_0} \quad (4.37)$$

Denklem (4.37) dahada düzenlenirse aşağıdaki şekli alır;

$$\frac{T}{T_0} = \frac{p_a v(t)}{m_b z(t) \lambda} \quad (4.38)$$

Denklem (4.34) ile denklem (4.38) beraber çözüldüğünde aşağıdaki şekli alır;

$$1 - \frac{(\gamma - 1)(1 + \theta) \frac{1}{2} V_m^2 m_c}{m_b z(t) \lambda} = \frac{p_a v(t)}{m_b z(t) \lambda} \quad (4.39)$$

Denklem (4.39)'da gerekli düzenlemeler yapıldığında denklem (4.40) elde edilir.

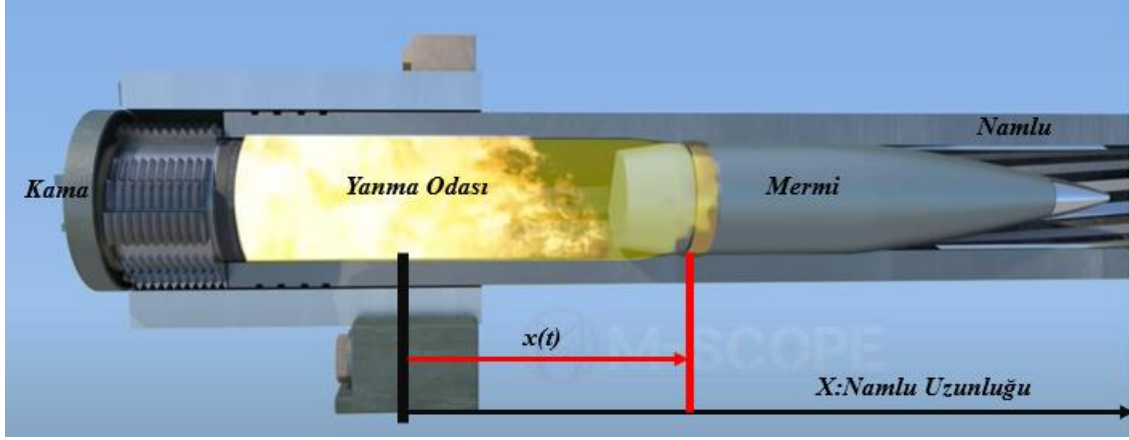
$$p_a = \frac{m_b z(t) \lambda - (\gamma - 1)(1 + \theta) \frac{1}{2} V_m^2 m_c}{v(t)} \quad (4.40)$$

Denklem (4.40), mermi namluyu terk edene kadar namlu içerisindeki ortalama basıncı hesaplanmasını sağlar.

4.4. Silah Sistemi Ateşlendiğinde Atış İşleminin Gerçekleştiği Hacim

Namlulu ateşli silahlarda sistem tarafından fırlatılacak olan mermi öncelikle silah sistemi içerisindeki mermi atım yatağına yerleştirilir. Mermi yerleştirme işleminden sonra yanma odasına sadece ihtiyaç duyulan miktarda sevk barutu yerleştirilir. Yerleştirilen sevk barutu miktarı, barutun şekli ve yoğunluğuna göre yanma odasında belirli bir hacim kaplar. Sistemi ve sistem içerisine yerleştirilen mermi, sevk barutu gibi bileşenler Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Mermi namlu içerisinde hareket etmeye başlayınca yanma odasının hacmi merminin hareketine bağlı olarak değişmeye başlar. Merminin namlu içerisinde hareketinin zamana göre değişimi Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Ateşlenen merminin namlu içerisinde zamana bağlı olarak hareketinin ve bu hareket sonucunda yanma odası hacminin değişiminin gösterimi.

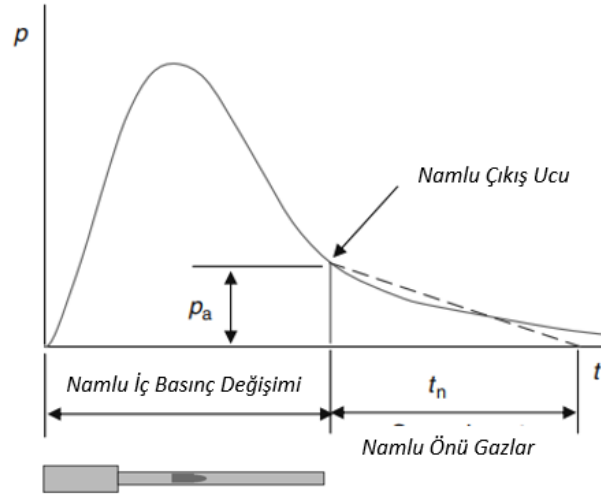
Mermi hareketiyle yanma odasının hacmi de büyümeye başlar. Namlu kesit alanı A olarak kabul edilir ve merminin zamana bağlı olarak yer değiştirmesi $x(t)$ olarak alınırsa yanma odası hacim değişimi denklem (4.44)'te ki gibi olur.

$$v(t) = v_c - \frac{m_b}{\rho_s} + m_b z(t) \left[\frac{1}{\rho_s} - \eta \right] + Ax(t) \quad (4.44)$$

Denklem (4.44)'te elde edilen zamana bağlı yanma odası hacim değişimini $v(t)$ denklem (4.40)'ta yerine yazıldığında denklem (4.45) elde edilir.

$$p_a = \frac{m_b z(t) \lambda - (\gamma - 1) (1 + \theta) \frac{1}{2} V_m^2 m_c}{v_c - \frac{m_b}{\rho_s} + m_b z(t) \left[\frac{1}{\rho_s} - \eta \right] + Ax(t)} \quad (4.45)$$

Mermi namlu içerisinde hareket ettiğinde, yanma odası hacminin değişimine ve yanan barut miktarına göre namlu içerisinde Şekil 4.6.'da gösterildiği gibi bir basınç değişimi meydana gelir. Namlu iç basıncı kullanılan sevk barutunun tipi, sevk barutunun kütlesi, merminin kütlesi vb. birçok şeyden etkilenmektedir. Namlu içerisindeki basınç Şekil 4.6.'da gösterildiği gibi önce çok hızlı bir şekilde artmakta ve bir süre sonrada çık hızlı bir şekilde düşme eğilimine girmektedir. Mermi namlu terk ettiğinde bile namlu içerisinde hala bir basınç olduğu net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.6. Bir tabancanın ateşlenmesi sonrası namlu iç basınç değişiminin gösterimi [55].

4.5. Vallier-Heydenreich Balistik Çözümü ile Bazı Parametrelerin Hesaplanması

Vallier-Heydenreich yönteminde, m_m mermi kütlesi, m_b barut kütlesini, d namlu çapını, X_e namlu boyunu, V_c merminin namlu çıkış hızını ve P_{max} maksimum basıncına bağlı olarak hesaplanabilen ve P silahın namlu eksen boyu boyunca değişen gaz basıncı, $V_m(t)$ mermi hızı ve mermi hareket zamanını bu yöntemle hesaplamıştır. Bu hesaplamalar için (4.46) denkleminde (4.56) denkleminin kadar olan tüm denklemlerden ve Tablo 4.2.'de verilen sabit katsayılar kullanılarak sırasıyla namlu ağzındaki basınç P_e ve zaman t_e ile gaz basıncının P_{max} olduğu andaki merminin namlu içerisindeki konumu X_1 , merminin o andaki hızı V_1 ve zaman t_1 bulunmuştur.

$P_a = P_{ort}$ denklem (4.46) ile hesaplanır.

$$P_a = \left[\frac{m_m + \frac{1}{2}m_b}{2X_e A} \right] V_c^2 \quad (4.46)$$

Silah sisteminin piezometrik verimi denklem (4.47)'deki formülle hesaplanır.

$$\eta_p = \frac{P_{ort}}{P_{max}} \quad (4.47)$$

Namlu ağzındaki gaz basıncı denklem (4.48) ile hesaplanır.

$$P_e = P_{ort} \pi(\eta) \quad (4.48)$$

Merminin namlu çıkışında geçirdiği zamanın hesabı denklem (4.49) ile hesaplanır.

$$t_c = \frac{2X_c}{V_\varsigma} T(\eta) \quad (4.49)$$

Namlu içerisindeki gaz basıncı P_{max} . Olduğu anda, merminin merminin namlu içerisinde aldığı yol denklem (4.50) ile hesaplanır.

$$X_1 = X_c \sum (\eta_p) \quad (4.50)$$

Namlu içerisindeki gaz basıncının maksimum olduğu anda merminin ilk hareketinden itibaren geçen zamanın denklem (4.51) ile hesaplanır.

$$t_1 = \frac{2X_c}{V_\varsigma} \theta(\eta_p) \quad (4.51)$$

Namlu iç basıncının maksimum olduğu anda mermi hızı denklem (4.52) ile hesaplanır.

$$V_1 = V_\varsigma \phi(\eta_p) \quad (4.52)$$

Namlu ekseni boyunca değişen basınç Tablo 4.3 dikkate alınarak denklem (4.53) ile hesaplanır.

Tablo 4.3. Piezometrik verime bağlı olarak verilen faktörler

η_p	$\Sigma(\eta_p)$	$\theta(\eta_p)$	$\phi(\eta_p)$	$\pi(\eta)$	$T(\eta)$
0.2	0.0262	0.15	0.322	0.274	0.744
0.25	0.0313	0.139	0.324	0.216	0.725
0.3	0.0402	0.172	0.333	0.242	0.762
0.35	0.05	0.207	0.343	0.278	0.8
0.4	0.0608	0.244	0.354	0.304	0.836
0.45	0.0729	0.288	0.366	0.34	0.873
0.5	0.0875	0.326	0.38	0.382	0.91

$$P = P_{max} \psi(\lambda) \quad (4.53)$$

Namlu ekseni boyunca değişen mermi hızı Tablo 4.3. dikkate alınarak denklem (4.54) ile hesaplanır.

$$V = V_1 \phi(\lambda) \quad (4.54)$$

Namlu eksenini boyunca değişen zaman Tablo 4.3. dikkate alınarak denklem (4.55) ile hesaplanır.

$$t = t_1 \delta(\lambda) \quad (4.55)$$

Namlu eksenini boyunca değişen mermi konumu Tablo 4.4. dikkate alınarak denklem (4.56) ile hesaplanır.

Tablo 4.4. Vallier-Heydenreich katsayılar tablosu [47].

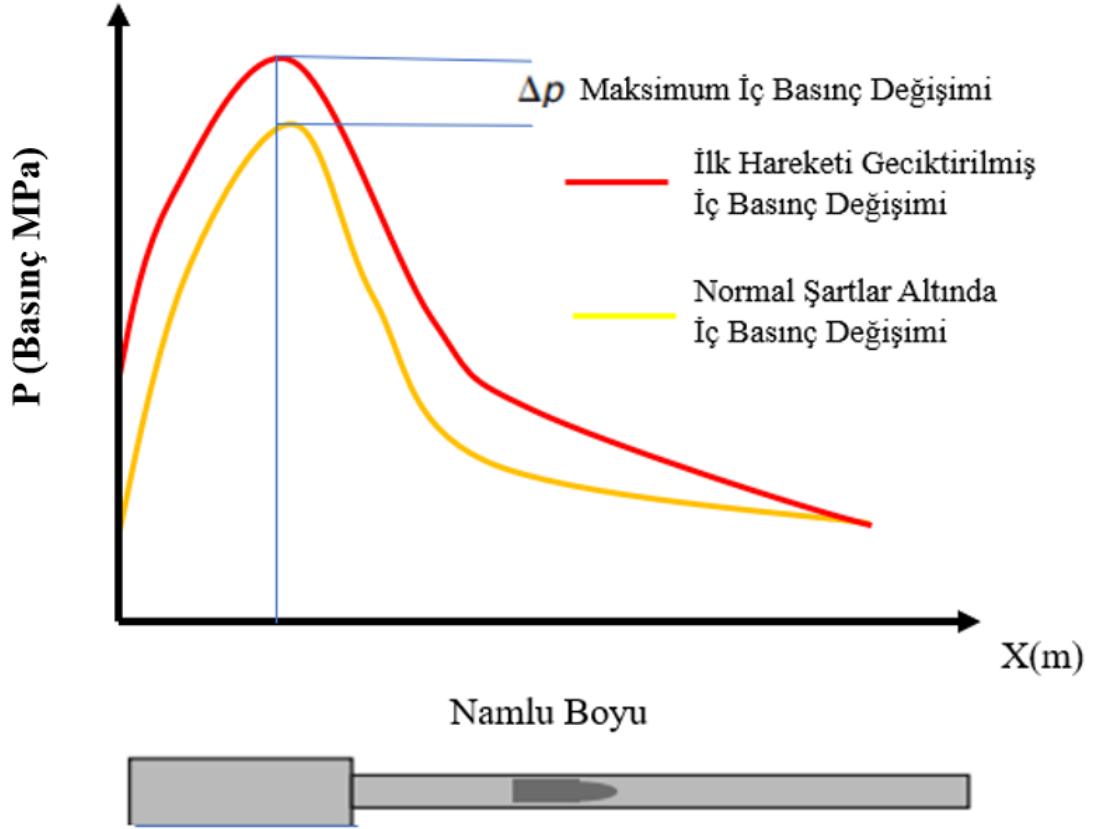
$\lambda = x/x_1$	$\psi(\lambda)$	$\varphi(\lambda)$	$\delta(\lambda)$
0	-	-	-
0.25	0.741	0.392	0.61
0.5	0.912	0.635	0.78
0.75	0.98	0.834	0.903
1	1	1	1
1.25	0.989	1.14	1.081
1.5	0.965	1.262	1.154
1.75	0.932	1.366	1.219
2	0.898	1.468	1.282
2.5	0.823	1.632	1.394
3	0.747	1.763	1.495
3.5	0.675	1.875	1.589
4	0.604	1.983	1.682
4.5	0.546	2.068	1.769
5	0.495	2.14	1.851
6	0.403	2.269	2.012
7	0.338	2.363	2.163
8	0.284	2.445	2.309
9	0.248	2.509	2.451
10	0.22	2.566	2.589
11	0.199	2.615	2.725
12	0.181	2.659	2.858
13	0.164	2.702	2.988

$$\lambda = \frac{X}{X_1} \quad (4.56)$$

5. MATERYAL VE METOT

Çalışmamız deneysel olarak çalışılmış ve incelenmiştir. Çalışmamız bilgisayar programları yardımıyla modellenmiş ve bir deney düzeneği tasarlanmıştır. Daha sonra çalışılan silah sistemi için imalat resimleri oluşturulmuş, gerekli doğrulamalardan sonra parçaların imalatı ve montajı yapılarak gerçek mermilerle deneyler yapılmıştır.

Çalışmamızda izleyeceğimiz yöntem ve metot deneysel olacaktır. Aşağıda açıkça anlatılan yöntemlerle bir merminin ilk hareket anının kısıtlanması sonucu elde edilen namlu iç basınç değişiminin Şekil 5.1’de gösterildiği gibi olacağı tahmin edilmiş ve çalışma bu düşünce temel alınarak yapılmıştır.



Şekil 5.1. Normal ve ilk hareketi geciktirilmiş mermilerin namlu iç basıncında meydana getirecekleri basınç değişim grafiği.

Silah sistemi ilk ateşlendiği anda mermiler hemen harekete geçmez, silah sisteminin merminin hareketine karşı uyguladığı bir kuvvet ve bu kuvvete ek olarak mermi kütlesinden dolayı hareketi kısıtlayan yer çekim kuvveti merminin hemen hareketini engeller. Ta ki mermi tabanına etki eden basınç kuvveti mermi hareketini kısıtlayan kuvveti yendiği anda mermi namlu içerisinde hareket

etmeye başlar ve bu işler çok kısa sürelerde cereyan eder. Deneysel çalışmamızda bu durum çalışılmıştır.

5.1. Deneysel Çalışma

Öncelikli olarak deneysel çalışma için MKE üretimi 12 calibre 30gr Super Slag tek gülle fişekler seçilmiş ve bu seçime uygun olarak tasarım çalışmalarına başlanmıştır. Test ve deney düzeneğinin tasarımı Solidworks 3D katı modelleme programı kullanılmıştır. Deneysel çalışma yapılırken merminin namlu çıkış hızını ölçmek için 1 adet kronograf temin edilmiştir. Kronograf çalışma mantığı Şekil 5.2.'de gösterilmiştir.

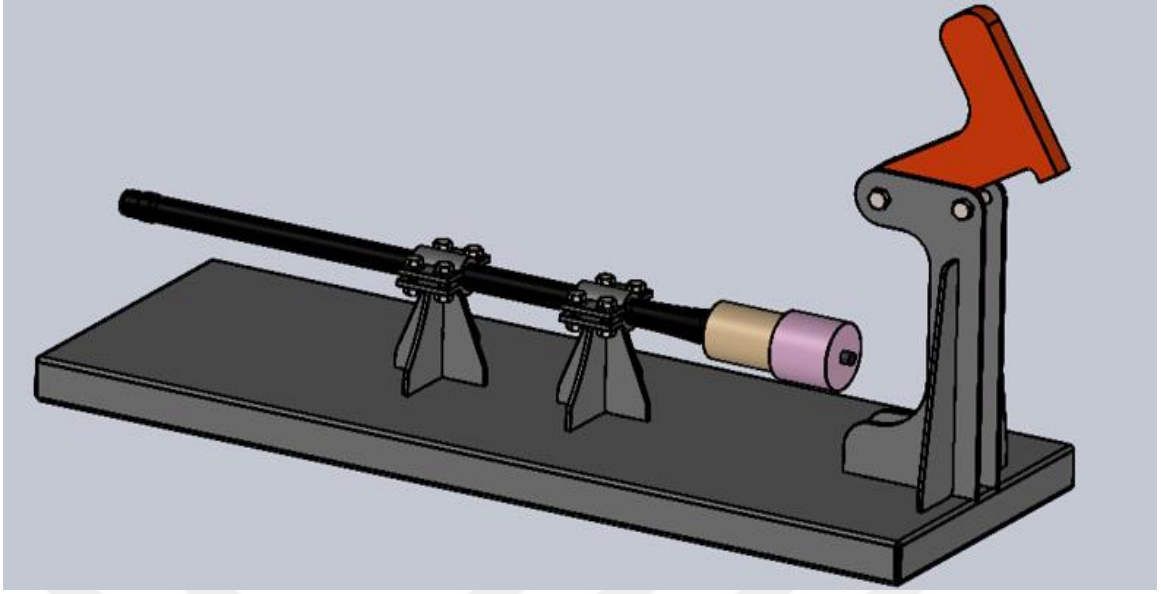


Şekil 5.2. Kronograf mermi hızı ölçme cihazı.

Deneysel çalışma için gerekli olan tüm tasarım, imalat ve satın almalar yapıldıktan sonra çalışmaya başlanmıştır. Ölçüm için yeterli olacak miktarda deney atışları yapılmıştır.

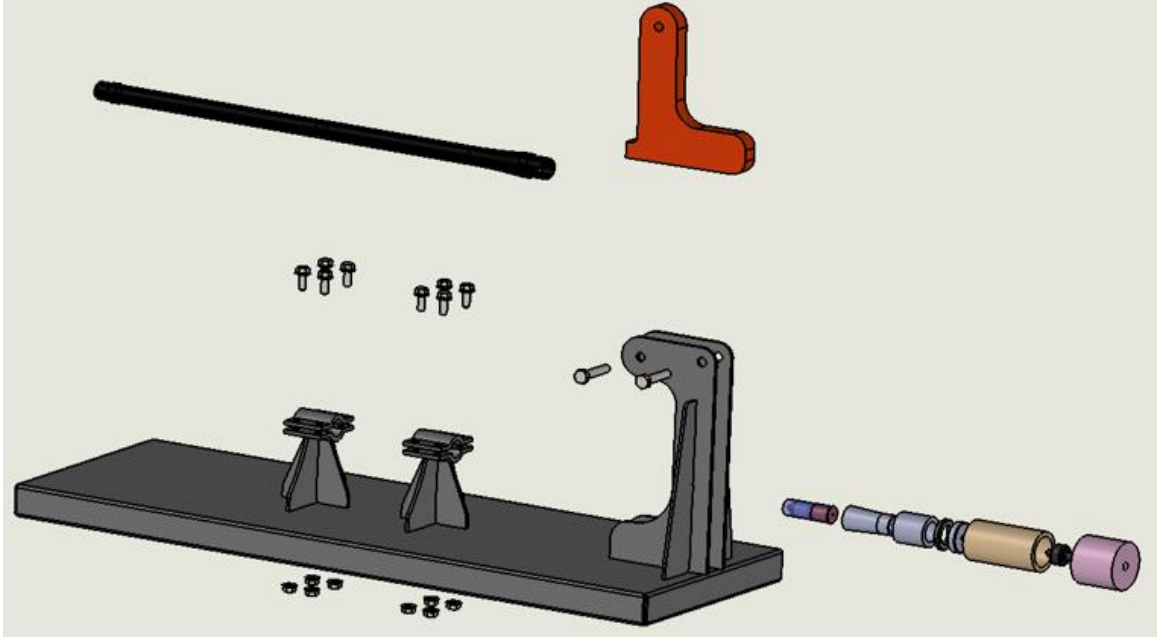
5.1.1. Deney Düzeneğinin Tasarım ve İmalatı

Deney düzeneği tasarımları Solidworks 3D CAD programı kullanılarak yapılmıştır. Deneyde kullanılmak için seçilen mermiye göre tasarım başlatılmıştır. Mermiye uygun bir adet av tüfeği namlusu satın alınmış ve diğer tüm parçalar mermi ve namlu referans alınarak tasarlanmıştır. Tasarlanan deney düzeneğinin CAD modeli Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



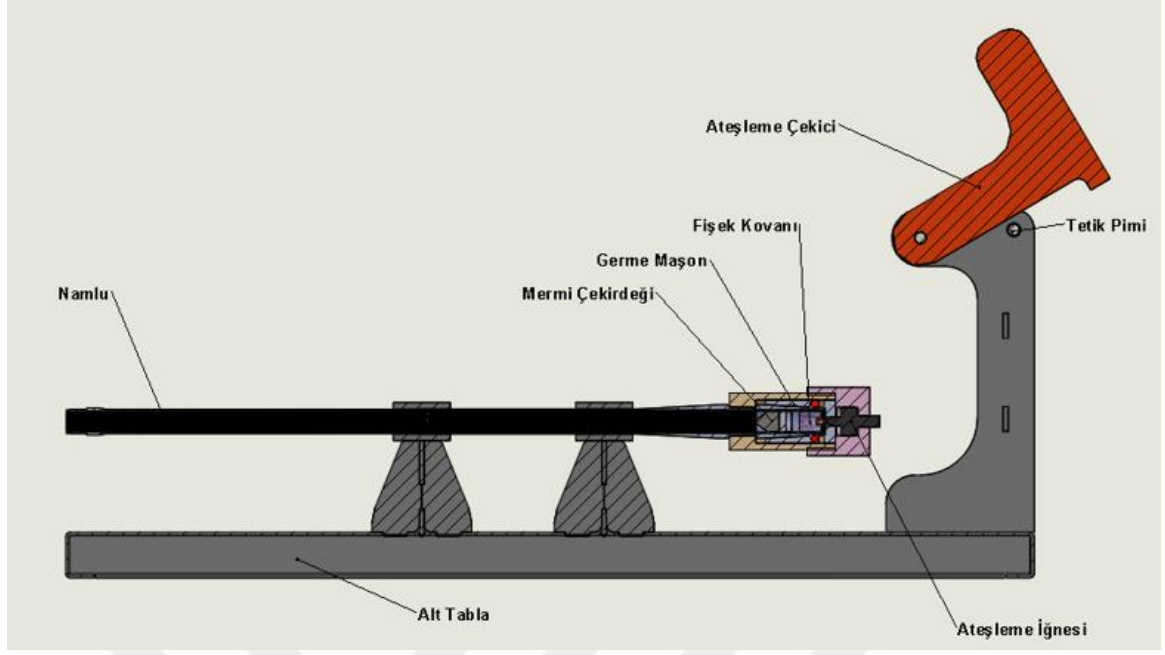
Şekil 5.3. Deney düzeneği 3D modeli.

Deney düzeneğinin bir kısım parçaları satın alma yoluyla temin edilmişken bir kısmı da talaşlı ve kaynaklı imalat yöntemleri ile imal edilmiştir. Şekil 5.4'te bu deney düzeneği CAD modelinin patlatılmış hali gösterilmiştir.

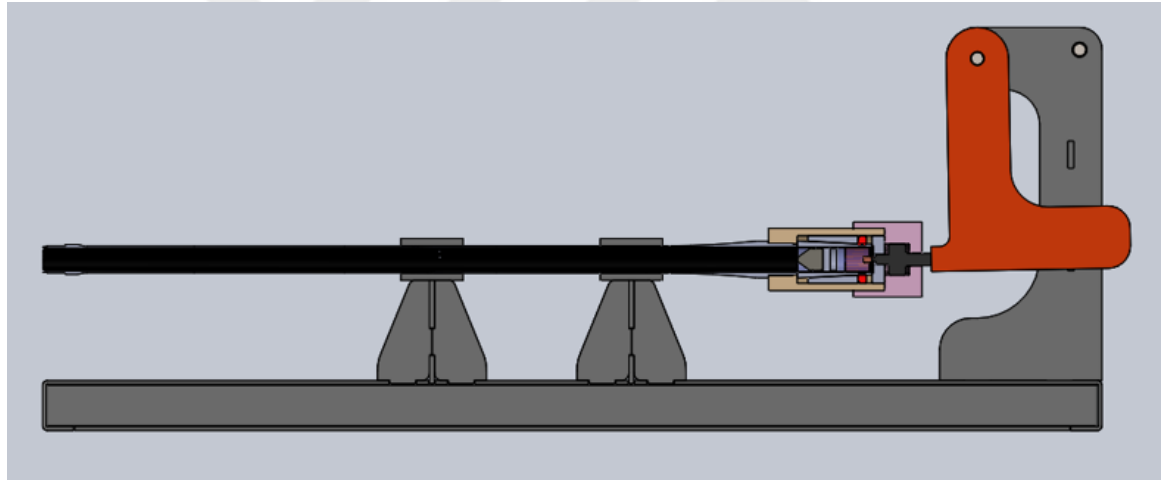


Şekil 5.4. Deney düzeneği CAD modeli parçalarının patlatılmış hali.

Deney düzeneği olabildiğince ayrıntısına kadar dikkatli bir şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanırken kullanıcıların can güvenliğine de ayrıca özen gösterilmiştir. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da deney düzeneğinin atışa hazır halinin kesiti ve bazı parçaları tanıtılmıştır.



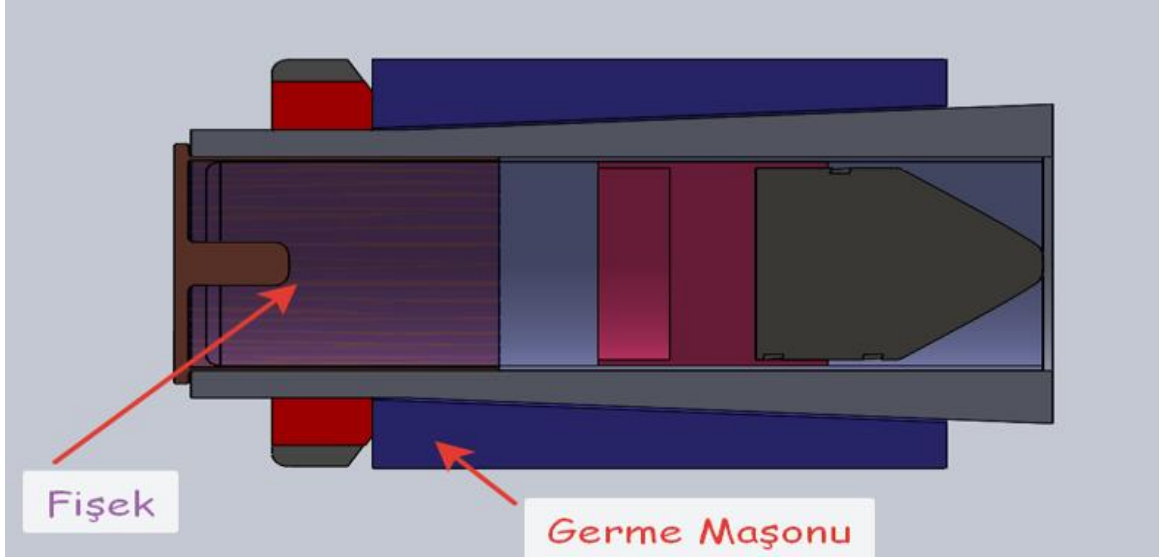
Şekil 5.5. Deney düzeneğinin atışa hazır halinin kesit gösterimi.



Şekil 5.6. Deney düzeneğinin ateşlenmiş halinin kesiti.

Tasarlanan Deney Düzeneği Mermi Hareketini Kısıtlama Aparatı

Deney düzeneği için merminin ilk hareketinin kontrollü bir şekilde geciktirilmesi için Şekil 5.6.'da gösterildiği gibi bir tasarım yapılmıştır. Şekil 5.7'de görüldüğü gibi mermi üzerine takılacak olan bir germe manşonu yardımıyla mermi çekirdeğinin ilk hareketini geciktirip namlu içerisindeki gaz basıncının artmasını sağlayarak mermiye daha fazla enerji yüklemeye çalışılmıştır.



Şekil 5.7. Merminin ilk hareketini kontrol altına alarak geciktirecek olan aparatın kesit gösterimi.

Mermi üzerine takılacak olan, bu germe maşonu sayesinde merminin ilk hareketi kontrol altına alınarak merminin farklı basınçlarda hareket etmesi sağlanabilecektir. Bu da mermiye belli bir oranda ekstra enerji yüklenmesine olanak sağlayacaktır.

Deney Düzenəğinin İmalat Aşamaları

Tasarımı yapılan deney düzenəğinin imalatı için gerekli olan tüm imalat resimleri çizilip kontroller yapıldıktan sonra imalata geçilmiş ve ürün imalatı gerçekleştirilmiştir. İmalatı gerçekleştirilen parçalar Şekil 5.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Deney düzenəği için imatları gerçekleştirilen parçalar.

İmatları tamamlanan parçaların montajlarının yapılmış hali Şekil 5.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. İmalatları tamamlanan deney düzeneği parçalarının montajının yapılması.

5.1.2. Deney Atışlarının Yapılması ve Elde Edilen Verilerin Kaydedilmesi

Tüm tasarım imalatları tamamlanan deney düzeneği tekrar kontrol edilmiş. Deney yapılacak olan sistemin ateşli bir silah olması, patlayıcı bir madde kullanılarak deney yapılmasından dolayı sistemin güvenilirliği tekrar kontrol edilmiş ve herhangi bir risk olmadığı kanaatine varılmıştır. Deney için meskûn mahal dışında bir alan seçilmiş, gerekli güvenlik önlemleri alındıktan sonra deney atışlarına başlanmıştır. Deney atış esnasında deney düzeneğinin ve kronografin yerleşimi Şekil 5.10’da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Deney düzeneği ve kronografin yerleştirilmesi.

Deneyin gerçekliğini ve kronograf cihazının da ölçümünü göstere bilmek için Şekil 5.11’de gösterildiği gibi atışları yapılmıştır.



Şekil 5.11. Deney düzeneğiyle gece atışı.

Bu deney yapıldığında ortam şartları şu şekildedir; hava sıcaklığı 20C° ve Rakım 1044m’dir. Deneyler Makine Kimya Endüstrisi üretimi 12 calibre çapında 70mm uzunluğunda 32gr MKE Super Slug tek gülle fişekler kullanılarak yapılmıştır ve kullanılan mermiler Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12. MKE üretimi süper slug 32gr tek gülle fişek.

Deney atışları için mermiler içerisinde rastgele beşer (5) adet fişek seçilmiş ve bu şekilde toplam üç (3) grup oluşturulmuştur. İlk atış grubu rastgele gruplardan birinden seçilmiş ve fişeklerin üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan fişekler atım yatağına yerleştirilmiş ve deney atışları yapılmıştır. Atış verileri kronograftan okunmuş ve çıkan veriler aşağıdaki Tablo 5.1’e kaydedilmiştir.

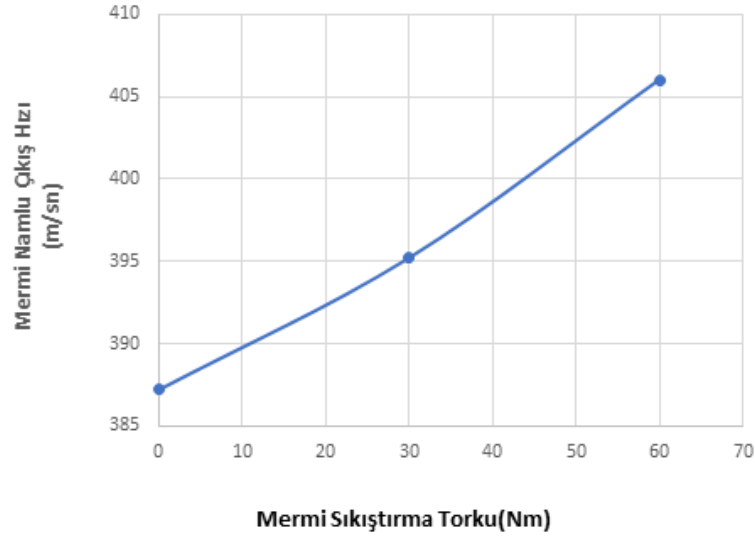
Bir süre beklenip deney düzeneğinin sıcaklığı ortam sıcaklığı ile aynı dereceye geldikten sonra ikinci grup deney atışı için bir grup mermi seçilmiştir. Aynı ortam şartlarında ve aynı özellikteki fişeklerle deney yapıldı fakat mermi atım yatağına yerleştirilmeden çekirdeğinin ilk hareket anını geciktirmek için tasarlanan germe manşonu fişek üzerine takılmış ve germe manşonuna 3kgm tork uygulanarak sıkıldıktan sonra fişek, fişek yatağına yerleştirilmiş ve bu şekilde beş (5) adet deney atışları yapılmış ve elde edilen veriler Tablo 5.1'e kaydedilmiştir.

Tekrar bir süre beklenip deney düzeneğinin sıcaklığı ortam sıcaklığı ile aynı dereceye geldikten sonra üçüncü grup deney atışı için bir grup mermi seçilmiştir. Aynı ortam şartlarında ve aynı özellikteki fişeklerle deney yapıldı fakat mermi atım yatağına yerleştirilmeden çekirdeğinin ilk hareket anını geciktirmek için tasarlanan germe manşonu fişek üzerine takılmış ve germe manşonuna 6 kgm tork uygulanarak sıkıldıktan sonra fişek, fişek yatağına yerleştirilmiş ve bu şekilde beş (5) adet deney atışları yapılmış ve elde edilen veriler Tablo 5.1'e kaydedilmiştir.

Tablo 5.1. Deney atış sonuç cetveli.

Deney Sıra No	Atış Sıra No	Germe Manşonu Sıkma Torku (kgm)	Mermi Namlu Çıkış Hızı (m/sn)	Her Deney Grubu İçin 5 Atışın Mermi Namlu Çıkış Hızı Ortalaması (m/sn)
1	1	0	390	387,2
	2	0	385	
	3	0	392	
	4	0	378	
	5	0	391	
2	1	3	388	395,2
	2	3	397	
	3	3	397	
	4	3	389	
	5	3	405	
3	1	6	397	406
	2	6	412	
	3	6	409	
	4	6	413	
	5	6	399	

Deneysel çalışma sonucunda merminin namlu çıkış hızında meydana gelen değişim Şekil 5.13'te grafik olarak aktarılmıştır.



Şekil 5.13. Merminin ilk hareketini germe manşonu yardımıyla geciktirecek olan aparatın farklı torklarda sıkılması durumunun, mermi namlu çıkış hızına etkisini gösteren grafik.

6. DENEYSEL ÇALIŞMANIN SONUÇLARI

Atış testleri, hava sıcaklığı 20C° ve Rakım 1044m olan bir ortam şartlarında gerçekleştirildi. Deneysel testlerde, Makine Kimya Endüstrisi (MKE) tarafından üretilen 12 kalibre çapında 70mm uzunluğunda 32gr MKE Super Slag tek gülle fişekler kullanılarak yapıldı. 1 numaralı deney grubunda atılan fişekler normal silahlarda olduğu gibi tatlı bir şekilde fişek yatağına yerleştirilerek, atışları yapıldı. Atış sonrası mermi namlu çıkış hızları deney setinde bulunan kronograf yardımıyla ölçülüp, veriler Tablo 5.1'e aktarıldı. 2. ve 3. deney grup olarak, daha sonra yapılan her beş atışta fişek yatağına yerleştirilen mermi germe manşonu yardımıyla belirli torklarda sıkıştırılarak deney atışları yapıldı. Atış sonrası, mermi namlu çıkış hızları kronograf yardımıyla ölçülerek veriler Tablo 5.1'e aktarıldı. Fişek yatağına yerleştirilen mermiler ilk beş el atışta mermiler sıkıştırılmadan, ikinci deney grubundaki beş el atışlarda ise, mermi çekirdeğine 30Nm tork uygulanarak sıkıştırılırken, üçüncü deney grubu beş el atışlarda ise mermi çekirdeğine 60Nm tork uygulanıp sıkıştırılarak atışlar yapıldı. Bu üç farklı yöntemle ve 5'er adet tekrarlı atış sonucunda Tablo 5.1'e verilen mermi çıkış hızı verilerinin aritmetik ortalamalarında; birinci deney grubunda 387.2m/s, ikinci deney grubunda 395.2m/s ve üçüncü deney grubunda ise 406m/s olarak ölçülmüştür.

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, namlu iç balistiği üzerinde durularak silah sistemlerinin menzilini etkileyen etmenler ve bu etmenler içerisinde namlu iç basıncının menzile olan etkisi deneysel olarak araştırıldı. Yapılan çalışma sonucunda, elde edilen verilere göre izlenen yöntemin doğru olduğu ve bu sıkıştırma yani basınç yönteminin, mermi namlu çıkış hızını arttırdığı gözlenmiştir. Bu artış miktarı normal mermi ile sıkıştırılmış mermilerin namlu çıkış hızlarında yaklaşık olarak %5'lik bir artış sağlamıştır. Çalışmada, mermi üzerine eklenen bir sistem yardımıyla merminin ilk hareket zamanı, halihazırda kullanılan mevcut mermilere göre geciktirilmiş ve bu şekildeki bir müdahalenin silah sisteminde meydana getirebileceği değişikliklerin neler olabileceği gözlenmiştir. İlk hareketi kontrollü bir şekilde geciken bir mermi, sevk barutunun yanmaya başlamasından dolayı ortaya çıkan gaz miktarının artmasına ve buna bağlı olarak iç basıncın yükselmesine sebep olduğu ve bu ortaya çıkan basıncı karşılayacak güvenli bir yanma odası olması durumunda bu yöntemin uygulanabilir olduğu görülmüştür. Namlu içerisinde yükselen bu gaz basıncına bağlı olarak, mermi tabanına uygulanan itme kuvvetinin artacağını ve böylece, merminin daha da yüksek bir ivme ile ivmelenmesine sebep olacağı aşıkardır. Ayrıca, ilk hareketi kontrollü bir şekilde geciktirilen bir merminin, daha düşük barut hakkıyla daha uzun menzillere atış yapabileceğini göstermiştir. Bu durum deneysel çalışma sonucu elde edilen verilerle net bir şekilde ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre bu deneysel çalışmada uygulanan yöntemin savunma sanayisi için uygulanabilir bir yöntem olduğu ispat edilmiştir.

8. SONUÇLAR

Sonuç olarak, deneysel olarak çalışılan ve bir Yüksek Lisan Tez çalışması içerisinde yapılan bu çalışma ile, ortaya konulan fikrin uygulanabilir ve silah sistemlerinin daha düşük barut hakları ile daha yüksek basınçlarda, mermi namlu çıkış hızlarında artış yapılabilceğini ve bu mermi çıkış hızına bağı olarak da silah sisteminin menziline artacağını net bir şekilde ortaya konulmuştur. Silah sisteminden ziyade mermi üzerinde yapılacak tasarımlar sayesinde silah sistemlerinin menziline arttırılabileceğı gösterilmiştir. Bu Yüksek Lisan çalışmasında, izlenen yöntem ile tamamen özgün, yenilikçi, hayata geçirilebilir ve katma değeri yüksek olan bir araştırmadır.



ÖNERİLER

Deneyler av tüfeği namlusu ve mermisi ile yapılmıştır. İleriki çalışmalarda ise, daha farklı silah namluları ve mermileri üzerinde deneysel çalışmalar ve araştırmalar yapılabilir. Ayrıca, bu çalışmalarda optimum silah namlusu ve mermisi tasarlanabilir. Bunla birlikte, bu çalışma temel alınarak ilk hareket basıncı değiştirilerek yeni mermiler tasarlanabilir. Bu şekilde yapılacak mermiler sayesinde farklı menzillere atılacak olan mermiler menzile göre ayarlanabilir olarak tasarlanmış olacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Acar, Y. (2020). *9mm Ateşli Silahlardan Elde Edilen Kovanların ve Mermi Çekirdeklerinin Tanımlanarak Markalarının Tespiti*. Çukurova Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü Adli Bilimler Ana Bilim Dalı, Adana
- [2] Ulutaş, M. (2021). *120 mm Havan Topu Namlusunun ve Bu Namlu Üzerinde Yapılacak Geometrik Değişiklikler Sonrasında Namlunun Mekanik Özelliklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- [3] Gürdamar, O. (2023). *Ateşli Silahlarda Bastırıcı İçerisindeki Bölme Plakası Sayısının Akış ve Ses Karakteristiklerine Etkisinin İncelenmesi*, Samsun Üniversitesi Lisans Eğitimi Enstitüsü, Samsun
- [4] Şahinoğlu, O. A. (2018). *Ateşli Silahlarda Rastlanan Geri Tepme Kaynaklı Ergonomik Sorunlara Biyomimetik Tabanlı Yaklaşım*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [5] Karakoç, M. (2023). *Ateşli Silahların Test Atışlarının Otomatik Sayımı ve Veri Tabanına Kaydedilmesi*, Tokat Gazi Osman Paşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat
- [6] Öztörün, D. (2013). *Bir Ağır Silah Namlusunun Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Elastik-Plastik Gerilme Analizi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [7] Çep, H. (2022). *DIN 32CrMoV12-10 Çeliğinden Üretilen Namlu Ömrü ve Balistik Performansının Farklı Yüzey İşlemleri ile Geliştirilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul
- [8] Güngör, V. (2019). *Erzurum Müzeleri'nde Yer Alan Osmanlı Dönemi Ateşli Silahlar*, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum
- [9] Gürel, S. (2020). *Hafif Ateşli Silahlarda Kullanılan Yuvarlak ve Yassı Telden Üretilmiş Yerine Getiren Yaylarda Kuvvet Kayıplarının İncelenmesi*, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun
- [10] Ablay Rutci, T. (2019). *Hafif Silahlarda Kullanılan Namlu Malzemesinin Geliştirilmesi ve İşleme Parametrelerinin İncelenmesi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Sakarya
- [11] Bayık, B. B. (2022). *Harbiye Askerî Müzesi'ndeki Çanakkale Cephesi Kara Muharebelerinde Kullanılan Ateşli Silahlar*, Milli Savunma Üniversitesi Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [12] G. Bayır, G. (2023). *Hedeften Namluya Metodolojisi ile Namlu Boyunun Terminal Balistiğine Etkisi*, Milli Savunma Üniversitesi Alparslan Savunma Bilimleri ve Milli Güvenlik Enstitüsü, Ankara
- [13] Güngör, D. (2021). *İç Balistik Hesaplama ve Namlu Tasarım Programı Geliştirilmesi*, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale
- [14] Özcan, B. (2019). *Kısa Namlulu Ateşli Silahlarda İç Balistiğe Bağlı Mukavemet Analizi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara

- [15] Sürmeli, D. (2021). *Mermi Namlu Çıkış Hızı ve Enerjisini Etkileyen Parametrelerin Optimizasyonu*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- [16] Gündüzer, O. (2011). *Namlu Cidarı Boyutlandırılmasına İç Balistik Davranışın Etkisi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara
- [17] Şentürk, A. (2015). *Namlu İç Balistiği ve Termo - Mekanik Analizi*, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [18] Bozali, U. (2015). *Namlu Modellenmesi ve Borlanmış AISI 4140 Namlu Malzemesinin Aşınma Davranışlarının İncelenmesi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük
- [19] Alkılıç, Ö. (2021). *Namlularda Atış Ömrünü Etkileyen Sert Krom ve Oksidasyon Kaplama Parametrelerinin Karşılaştırılması*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- [20] Üstündağ, M. S. (2023). *Obüs Muhimmatının Menzil Artırımına Yönelik Tasarım Optimizasyonu*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [21] Sönmez, U. (2009). *Obüs Namlusu Yanma Odasında Atış Esnasında Ortaya Çıkan Gerilmelerin Matematiksel Modellenmesi ve Analizi*, Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [22] Çavuş, Ö. (2023). *Osmanlı'da İlk Dönem Ateşli Silahlar ve Askerî Devrim*, Milli Savunma Üniversitesi Atatürk Stratejik Araştırmalar Enstitüsü, İstanbul
- [23] Zaralıoğlu, B. (2020). *Yüzeyi Geliştirilmiş Silah Namlusu Çeliğinin Yapısal, Mekanik ve Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun
- [24] Öztürk, Y. F. (2014). *Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Yöntemiyle Namlu Analizi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- [25] Koç, M. A. (2013). *35mm Uçaksavar Namlusunun Atış Esnasındaki Dinamik Analizi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Karabük
- [26] Akçay, M. (1986). *Bir Tip Merminin Hareketinin Deneysel İncelenmesi ve Dış Balistikte Teorik Bir Yaklaşım*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [27] Tawfik, M. (2008). *Dynamics and Stability of Stepped Gun-Barrels with Moving Bullets*, *Advances in Acoustics and Vibration*, cilt 3, no. 6, p. e483857
- [28] Deng, S.; Sun, H. C.; Chiu, J.; Chen, K. C. (2014). *Transient finite element for in-bore analysis of 9mm pistols*, *Applied Mathematical Modelling*, cilt 38, no. 9, pp. 2673-2688
- [29] Babaei, H.; Malakzadeh, M; Asgari, H. (2015). *Stress Analysis of Gun Barrel Subjected to Dynamic Pressure*, *International Journal of Mechanical Engineering and Applications*, cilt 3, no. 4, p. 71
- [30] Xavier, S. (2011). *Numerical Analysis of Gun Barrel Pressure Blast Using Dynamic Mesh Adaption*, Embry-Riddle Aeronautical University, Florida USA

- [31] Özer, G. (2008). *Dış Balistik Analizinde İzdüşüm Alanı Etkilerinin Araştırılması*, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale
- [32] Özyılmaz, Ö. (2010). *Hafif Silah Tasarımının Balistik Açısından İncelenmesi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli
- [33] Büyükcivelek, F. (2011) *Silah Namlusu Titreşimlerinin Kontrolü ve Analizi*, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [34] Güngör, O. (2010). *Metal Matriks Kompozit Sarılmış Namlu Haznesi Yapısal Analizi ve Çap Optimizasyonu*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [35] Gök, Ş. (2006). *Dış Balistik Analizi*, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale
- [36] Tıraş, B; Hancı, H. (1999). *Ateşli Silahlar, Patlayıcılar ve Balistik Konusunda Yasal Düzenlemeler*, Mevzuat Dergisi, İzmir
- [37] Sarsılmaz Silah Sanayi A.Ş. <https://www.sarsilmaz.com>, Erişim: 09-01-2024
- [38] Deliceoğlu, M. <https://www.mustafadeliceoglu.com>, Erişim: 09-01-2024
- [39] Makine Kimya Endüstrisi A.Ş. <https://www.mke.gov.tr/>, Erişim: 10-01-2024
- [40] Respectively, K.; Respectively, G. Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NTA_ammo_cross_section.jpg?uselang=tr, Erişim: 11-1-2024
- [41] Limited, A. <https://www.alamy.com/stock-photo/artillery.html?cutout=1>, Erişim: 12-01-2024
- [42] Elbit Systems, <http://elbitsystems.com/products/artillery-systems/mortar-ammunitions/>, Erişim: 2024-01-12
- [43] Trevithick, J. The Drive, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/24238/armys-new-huge-barrel-packing-155mm-howitzer-doubles-range-to-40-miles-in-tests>, Erişim: 12-01-2024
- [44] Anonymous, *Ballistics and Ammunition*, Canada, 1992, pp. 27-56.
- [45] Baku13, https://tr.wikipedia.org/wiki/Yiv#/media/Dosya:105mm_tank_gun_Rifling.jpg, Erişim: 22-01-2024
- [46] frikinelmo, McGowen Precision Barrels, <https://mcgowenbarrel.com/bore-groove/>, Erişim: 01-23-2024
- [47] Öztürk, A.R. Silah Mekaniği ve Mermilerin Hedef Üzerindeki Etkileri, Ankara: MKE, 1988.
- [48] Rittman, M. Bir kar98k nasıl çalışır., <https://www.youtube.com/watch?v=igNcDEEl5to>, Erişim: 24-01-2024
- [49] Uğur, A. (2019). *Yivsiz Av Tüfeği Namlusu Et Kalınlığının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Optimizasyonu*, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya

- [50] Kurt, R. A. DefenceTurk, <https://www.defenceturk.net/terminal-balistik-ve-muhimmat-performansi>, Erişim: 24-01-2024
- [51] engel, Y. A.; Boles, M. A.; Kanođlu, M. (1996). Termodinamik, Literatür, İstanbul
- [52] Akçay, M. (2010). Balistik, Ankara,
- [53] Gezer, H. A. (2016). *Barut Tane Geometrisinin Silah İ Balistiğine Etkisinin İncelenmesi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- [54] U. S. A. M. Command, (1965). AMCP 706-150 : Engineering Design Handbook:Ballistics Series : Interior Ballistics of Guns, U.S. Government Printing,
- [55] Carlucci D. E.; Jacobson, S. S. (2008). Ballistics Theory And Desing Of Guns And Ammunition, New York: CRC Press Taylor & Francis Group,



ÖZGEÇMİŞ

Ramazan YILDIRIM

[REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

AKADEMİK FAALİYETLER

Makaleler:

1. Pihtili, H. Yildirim, R. (2023) "Investigation of the Effect of Various Types and Features of Grooved Barrels on the Range of Firearms", Defence Science Journal, 11- 19, (73), [SCI-Expanded]

Bildiriler:

1. Pıhtılı, H. Yıldırım, R. (2020) ‘Ateşli Silahlarda Değişik Tip Ve Özellikteki Yivli Namlunun Menzile Olan Etkisinin Araştırılması’, 3. Uluslararası Assam İslam Birliği Kongresi İslâm Birliği İçin Savunma Sanayi İşbirliği Usul ve Esasları, (Aralık), İstanbul.
2. Pıhtılı, H. Yıldırım, R. (2023) ‘Namluda Oluşan Basıncın Menzile Olan Etkisinin Deneysel Olarak İcelenmesi’, Çankaya Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Ankara.

Projeler:

1. Fırat Üniversitesi BAP (FÜBAP) MF.16.46 numaralı Yüksek Lisans Tez Projesi, Yürütücü Pıhtılı, H.; Araştırmacı Yıldırım, R.; Sarıkaya, Y. Başlama Tarihi 2016, Bitiş Tarihi 2019

Patentler:

1. 2018/16834 Başvuru Numaralı Faydalı Model Hak Sahipliği
2. 2018/05426 Başvuru Numaralı Faydalı Model Hak Sahipliği